



SPRAWOZDANIE JRC "NAUKA DLA POLITYKI"

# Dokument referencyjny dotyczący najlepszych dostępnych technik (BAT) dla przemysłu przetwórstwa stali i stopów żelaza

---

*Dyrektywa w sprawie emisji przemysłowych 2010/75/UE (zintegrowane zapobieganie zanieczyszczeniom i ich kontrola)*

WSPÓLNE CENTRUM BADAWCZE  
Dyrekcja B - Wzrost i Innowacja  
Dział gospodarki cyrkulacyjnej i przywództwa przemysłowego  
Europejskie Biuro IPPC

2022

Niniejszy projekt nie został przyjęty ani zatwierdzony przez Komisję Europejską. Wszelkie wyrażone opinie są wstępnymi poglądami służb Komisji i w żadnym wypadku nie mogą być traktowane jako oficjalne stanowisko Komisji. Przekazane informacje przeznaczone są wyłącznie dla państwa członkowskiego lub podmiotu, do którego są kierowane w celu przeprowadzenia dyskusji i mogą zawierać materiały poufne i/lub uprzywilejowane.



Niniejszy dokument jest jednym z serii przewidywanych dokumentów wymienionych poniżej (w chwili pisania niniejszego dokumentu nie wszystkie dokumenty zostały opracowane):

<b>Dokument referencyjny dotyczący najlepszych dostępnych technik (BREF)</b>	<b>Kod</b>
Przemysł produkcji ceramicznej	CER
Wspólne systemy oczyszczania ścieków i gospodarki odpadami w sektorze chemicznym Sektor chemiczny	CWW
Emisje z magazynowania	EFS
Efektywność energetyczna	ENE
<i>Przemysł przetwórstwa metali żelaznych</i>	<i>FMP</i>
Przemysł spożywczy, napojów i mleka	FDM
Przemysłowe systemy chłodzące	ICS
Intensywny chów drobiu i świń	IRPP
Produkcja żelaza i stali	IS
Duże instalacje spalania	LCP
Wielkotonażowa produkcja związków nieorganicznych	LVIC
Wielkotonażowa produkcja związków nieorganicznych - amoniaku, kwasów i nawozów	LVIC-AAF
Wielkotonażowa produkcja związków nieorganicznych - przemysł ciał stałych i innych	LVIC-S
Wielkotonażowa produkcja związków organicznych	LVOC
Gospodarka odpadami i osadami w działalności górniczej	MTWR
Produkcja szkła	GLS
Produkcja związków organicznych głęboko przetworzonych	OFC
Przemysł metali nieżelaznych	NFM
Produkcja cementu, wapna i tlenku magnezu	CLM
Produkcja chloro-alkaliczna	CAK
Produkcja polimerów	POL
Produkcja masy celulozowej, papieru i tektury	PP
Produkcja związków nieorganicznych specjalnego przeznaczenia	SIC
Rafinacja ropy naftowej i gazu ziemnego	REF
Rzeźnie i produkty uboczne pochodzenia zwierzęcego	SA
Przemysł kuźni i odlewni	SF
Obróbka powierzchniowa metali i materiałów z tworzyw sztucznych	STM
Obróbka powierzchni z wykorzystaniem rozpuszczalników organicznych (w tym konserwacja środkami chemicznymi do drewna oraz produktów z drewna)	STS
Garbowanie skór i skórek	TAN
Przemysł włókienniczy	TXT
Wspólne systemy zarządzania i oczyszczania gazów odlotowych w sektorze chemicznym	WGC
Spalanie odpadów	WI
Przetwarzanie odpadów	WT
Produkcja płyt drewnopochodnych	WBP
<b>Dokument referencyjny (REF)</b>	
Aspekty ekonomiczne i skutki przenoszenia zanieczyszczeń pomiędzy komponentami środowiska	ECM



Monitoring emisji do powietrza i wody z instalacji IED	ROM
--	-----

Elektroniczne wersje projektów i ukończonych dokumentów są publicznie dostępne i można je pobrać ze strony <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu>

# WPROWADZENIE

## 1. Status niniejszego dokumentu

O ile nie zaznaczono inaczej, odniesienia do "Dyrektywy" w niniejszym dokumencie dotyczą Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/UE w sprawie emisji przemysłowych (zintegrowane zapobieganie zanieczyszczeniom i ich kontrola) (Przekształcenie).

Niniejszy dokument jest projektem roboczym Europejskiego Biura IPPC (Wspólnego Centrum Badawczego Komisji). Nie jest on oficjalną publikacją Unii Europejskiej i nie musi odzwierciedlać stanowiska Komisji Europejskiej.

## 2. Uczestnicy wymiany informacji

Zgodnie z wymogami art. 13 ust. 3 dyrektywy Komisja ustanowiła forum wspierające wymianę informacji, w skład którego wchodzi przedstawiciele państw członkowskich, zainteresowanych branż oraz organizacji pozarządowych promujących ochronę środowiska (decyzja Komisji z dnia 16 maja 2011 r. ustanawiająca forum wymiany informacji zgodnie z art. 13 dyrektywy 2010/75/UE w sprawie emisji przemysłowych (2011/C 146/03), Dz. Urz. UE C 146 z 17.05.2011, s. 3).

Członkowie Forum wyznaczyli ekspertów technicznych tworzących techniczną grupę roboczą (TWG), która była głównym źródłem informacji przy sporządzaniu niniejszego dokumentu. Pracami TWG kierowało Europejskie Biuro IPPC (ze Wspólnego Centrum Badawczego Komisji).

## 3. Struktura i treść niniejszego dokumentu

Rozdział 1 zawiera ogólne informacje na temat przemysłu przetwórstwa metali żelaznych (FMP) oraz procesów i technik przemysłowych stosowanych w tym sektorze.

Rozdziały 2 do 6 zawierają podane poniżej informacje dotyczące poszczególnych sektorów FMP (tj. walcowania na gorąco, walcowania na zimno, ciągnięcia drutu, ciągłego powlekania ogniowego i cynkowania okresowego). Dla każdego sektora FMP rozdział ma następującą strukturę (X jest numerem rozdziału):

- Sekcja X.1 zawiera ogólne informacje o sektorze FMP.
- Sekcja X.2 zawiera informacje na temat stosowanych procesów i technik.
- Sekcja X.3 zawiera dane i informacje dotyczące efektywności środowiskowej instalacji należących do sektora i działających w momencie pisania tego rozdziału, w zakresie aktualnych emisji, zużycia i charakteru surowców oraz wykorzystania energii.
- W sekcji X.4 opisano bardziej szczegółowo techniki zapobiegania lub, w przypadku gdy nie jest to możliwe, zmniejszania wpływu na środowisko działających instalacji w tym sektorze, które zostały uwzględnione przy określaniu BAT. Informacje te obejmują, w stosownych przypadkach, poziomy efektywności środowiskowej (np. poziomy emisji i zużycia), które można osiągnąć poprzez zastosowanie technik, powiązany monitoring, koszty i kwestie dotyczące mediów krzyżowych związane z technikami.
- W sekcji X.5 przedstawiono informacje na temat nowych technik określonych w art. 3 pkt 14 dyrektywy.

Rozdział 7 zawiera informacje na temat emisji z procesów wspólnych dla więcej niż jednego sektora, tj. emisji do powietrza z odzysku kwasu i emisji do wody z oczyszczalni przetwarzających ścieki, które pochodzą z więcej niż jednego sektora FMP. Inne strumienie z sektorów innych niż FMP mogą być oczyszczane razem, ale główny ładunek zanieczyszczeń pochodzi z procesów FMP.

Dane dotyczące emisji do wody z zakładów przetwarzających ścieki tylko z jednego sektora FMP można znaleźć w odpowiednich rozdziałach 2 do 6 poświęconych danemu sektorowi.

Rozdział 8 zawiera informacje na temat wspólnych procesów przemysłowych, systemów redukcji i ogólnych technik, które są stosowane w więcej niż jednym sektorze w przemyśle FMP. Opisano w nim bardziej szczegółowo techniki mające na celu zapobieganie lub, gdy nie jest to możliwe, zmniejszenie

wpływu instalacji w tym sektorze na środowisko, które zostały uwzględnione przy określaniu BAT. Informacje te obejmują, w stosownych przypadkach, poziomy efektywności środowiskowej (np. poziomy emisji i konsumpcji), które można osiągnąć przy zastosowaniu technik, związane z nimi monitorowanie oraz koszty i kwestie wzajemnych powiązań pomiędzy poszczególnymi technikami. Techniki specyficzne dla danego sektora, które należy uwzględnić przy ustalaniu BAT (tj. te techniki, które należy uwzględnić, a które są stosowane konkretnie w jednym sektorze), opisano w rozdziałach 2-6.

W rozdziale 9 przedstawiono konkluzje dotyczące BAT określone w art. 3 pkt 12 dyrektywy, zarówno ogólne, jak i dotyczące poszczególnych sektorów. Rozdział 10 dotyczy uwag końcowych i zaleceń dotyczących przyszłych prac. Wreszcie w rozdziale 11 zamieszczono szereg załączników zawierających szczegółowy wykaz instalacji, które uczestniczyły w gromadzeniu danych, oraz inne informacje dotyczące konkretnych kwestii technicznych.

#### **4. Źródła informacji i ustalanie BAT**

Niniejszy dokument opiera się na informacjach zebranych z wielu źródeł, w szczególności za pośrednictwem technicznej grupy roboczej, która została powołana specjalnie do wymiany informacji na mocy art. 13 dyrektywy IPPC (Wspólnego Centrum Badawczego Komisji), które kierowało pracami nad określeniem BAT, kierując się zasadami wiedzy technicznej, przejrzystości i neutralności. Z wdzięcznością przyjmuje się pracę technicznej grupy roboczej i wszystkich pozostałych uczestników.

Konkluzje dotyczące BAT zostały ustalone w drodze iteracyjnego procesu obejmującego następujące etapy:

- identyfikacja kluczowych kwestii środowiskowych dla sektorów przemysłu obróbki metali żelaznych;
- zbadanie technik najbardziej odpowiednich do rozwiązania tych kluczowych kwestii
- określenie najlepszych poziomów efektywności środowiskowej na podstawie dostępnych danych w Unii Europejskiej i na świecie
- zbadanie warunków, w jakich osiągnięto te poziomy efektywności środowiskowej, takich jak koszty, wzajemne oddziaływanie mediów oraz główne siły napędowe związane z wdrażaniem technik
- wybór najlepszych dostępnych technik (BAT), związanych z nimi poziomów emisji (i innych poziomów efektywności środowiskowej) oraz związanego z nimi monitorowania dla tego sektora zgodnie z art. 3 ust. 10 i załącznikiem III do dyrektywy.

Kluczową rolę w każdym z tych etapów i sposobie przedstawienia informacji odegrały ekspertyzy Europejskiego Biura IPPC i Technicznej Grupy Roboczej.

W miarę dostępności dane ekonomiczne zostały podane wraz z opisami technik przedstawionych w sekcjach Techniki do rozważenia przy ustalaniu BAT. Dane te dają przybliżony obraz wielkości kosztów i korzyści. Jednakże rzeczywiste koszty i korzyści wynikające ze stosowania danej techniki mogą silnie zależeć od konkretnej sytuacji danej instalacji, której nie można w pełni ocenić w niniejszym dokumencie. W przypadku braku danych dotyczących kosztów, wnioski dotyczące ekonomicznej opłacalności technik wyciąga się na podstawie obserwacji istniejących instalacji.

#### **5. Przegląd dokumentów referencyjnych BAT (BREF)**

BAT jest koncepcją dynamiczną, a zatem przegląd dokumentów BREF jest procesem ciągłym. Na przykład mogą pojawić się nowe środki i techniki, nauka i technologie stale się rozwijają, a nowe lub powstające procesy są z powodzeniem wprowadzane do branż. W celu odzwierciedlenia takich zmian i ich konsekwencji dla BAT niniejszy dokument będzie okresowo poddawany przeglądowi i w razie potrzeby odpowiednio aktualizowany.

## **6. Dane kontaktowe**

Wszelkie uwagi i sugestie należy kierować do Europejskiego Biura IPPC przy Wspólnym Centrum Badawczym (JRC) na następujący adres:

Komisja Europejska

JRC Directorate B - Growth and Innovation European IPPC Bureau

Edificio Expo

c/ Inca Garcilaso, 3

E-41092 Seville, Spain Telephone: +34 95 4488 284

E-mail: JRC-B5-EIPPCB@ec.europa.eu Internet: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu>

# Dokument referencyjny dotyczący najlepszych dostępnych technik dla przemysłu przetwórstwa metali żelaznych

## Spis treści

<b>WPROWADZENIE .....</b>	<b>4</b>
<b>Spis treści .....</b>	<b>7</b>
<b>Spis rysunków .....</b>	<b>20</b>
<b>Spis tabel.....</b>	<b>34</b>
<b>ZAKRES.....</b>	<b>40</b>
<b>1. OGÓLNE INFORMACJE O PRZEMYŚLE PRZETWÓRSTWA METALI ŻELAZNYCH .....</b>	<b>42</b>
<b>2. WALCOWANIE NA GORĄCO .....</b>	<b>44</b>
2.1 <i>Ogólne informacje o walcowaniu na gorąco .....</i>	44
2.1.1 Wyroby płaskie walcowane na gorąco .....	44
2.1.2 Produkty długie walcowane na gorąco .....	45
2.1.3 Zdolności produkcyjne walcowni gorących w Europie .....	47
2.1.4 Rury walcowane na gorąco .....	49
2.2 <i>Stosowane procesy i techniki w walcowaniu na gorąco .....</i>	51
2.2.1 Procesy .....	51
2.2.1.1 Walcownie kęsisk płaskich/kęsisk kwadratowych i prostokątnych .....	54
2.2.1.2 Walcownie gorące taśm .....	54
2.2.1.3 Walcownie blach grubych .....	58
2.2.1.4 Walcownie prętów i walcówki .....	59
2.2.1.5 Walcownie kształtowników .....	61
2.2.1.6 Walcowania rur .....	64
2.2.2 Oczyszczanie powierzchni wsadu i kondycjonowanie wsadu .....	66
2.2.3 Piece grzewcze i piece do obróbki cieplnej .....	67
2.2.3.1 Piece nieprzelotowe.....	67
2.2.3.2 Piece przelotowe (ciągłe) .....	68
2.2.4 Usuwanie (zbijanie) zgorzeliny .....	69
2.2.5 Walcowanie osadcze .....	70
2.2.6 Walcowanie wstępne .....	70
2.2.7 Zespół klatek walcowniczych taśm/zespół klatek wykańczających. ....	70
2.2.8 Zespół klatek walcowniczych walcówki/zespół klatek wykańczających. ....	71
2.2.9 Walcowanie blach grubych.....	71
2.2.10 Walcowanie pierścieni.....	71
2.2.11 Transport materiału wsadowego pomiędzy klatkami walcowniczymi .....	72
2.2.12 Linie chłodzenia .....	72
2.2.13 Produkcja blach cienkich i blach grubych .....	73
2.2.14 Obróbka cieplna blach grubych .....	73
2.2.15 Wytrawianie i olejenie stali walcowanej na gorąco .....	74
2.2.16 Warsztat walców .....	74
2.2.17 Obieg wody / Gospodarka wodna w walcowniach gorących .....	74
2.2.18 Gospodarka odpadami i produktami ubocznymi na walcowniach gorących .....	78
2.3 <i>Obecne poziomy zużycia i emisji dla walcowni gorących.....</i>	80
2.3.1 Przegląd przepływu masy .....	80
2.3.2 Zużycie energii .....	81
2.3.3 Zużycie materiałów.....	88

2.3.3.1 Zużycie oleju .....	88
2.3.3.2 Zużycie kwasu .....	91
2.3.4 Zużycie wody .....	95
2.3.5 Emisje do powietrza .....	97
2.3.5.1 Emisje do powietrza z obróbki mechanicznej, oczyszczania płomieniowego i spawania .....	97
2.3.5.2 Emisje do powietrza z ogrzewania .....	97
2.3.5.2.1 Emisja pyłu .....	97
2.3.5.2.2 Emisje SO <sub>2</sub> .....	98
2.3.5.2.3 Emisje NO <sub>x</sub> .....	98
2.3.5.2.4 Emisja CO .....	105
2.3.5.3 Emisje do powietrza z wytrawiania .....	105
2.3.5.4 Rysunki z poziomami emisji do powietrza .....	105
2.3.6 Emisje do wody .....	132
2.3.7 Pozostałości .....	132
2.4 Techniki do rozważenia przy określaniu BAT dla walcowania na gorąco .....	136
2.4.1 Oczyszczanie powierzchni wsadu i kondycjonowanie wsadu .....	139
2.4.1.1 Oczyszczanie płomieniowe w pomieszczeniach zamkniętych (inne niż ręczne) połączone z odsysaniem powietrza i oczyszczaniem gazów odlotowych .....	139
2.4.1.2 Szlifowanie w zamkniętych pomieszczeniach połączone z odsysaniem powietrza i oczyszczaniem gazów odlotowych .....	141
2.4.1.3 Komputerowo wspomagana kontrola jakości (CAQC) .....	143
2.4.1.4 Obcinanie krawędzi lub przycinanie trapezowych kęsisk płaskich .....	144
2.4.1.5 Cięcie wzdłużne kęsisk płaskich .....	145
2.4.2 Piece grzewcze i piece do obróbki cieplnej .....	146
2.4.2.1 System zarządzania gazami procesowymi .....	146
2.4.2.2 Optymalna konstrukcja drzwi pieca .....	149
2.4.2.3 System palnika regeneracyjnego .....	150
2.4.2.4 Rekuperator i palniki rekuperacyjne .....	152
2.4.2.5 Technologia tlenowo-paliwowa .....	153
2.4.2.6 Spalanie bezpłomieniowe .....	159
2.4.2.7 Palnik impulsowy .....	162
2.4.2.8 Palniki z niskimi emisjami NO <sub>x</sub> .....	163
2.4.2.9 Selektywna redukcja katalityczna (SCR) .....	165
2.4.2.10 Selektywna redukcja niekatalityczna (SNCR) .....	168
2.4.2.11 Zewnętrzna recyrkulacja gazów spalinowych (FGR) .....	170
2.4.2.12 Optymalna konstrukcja płóz dla redukcji miejsc niedogranych .....	171
2.4.2.13 Redukcja straty energii przez urządzenie transportowe wsadu .....	173
2.4.2.14 Wyparkowe chłodzenie płóz pieca .....	174
2.4.2.15 Utrzymanie temperatury podczas przenoszenia surowca .....	175
2.4.2.16 Ładowanie gorącego wsadu/walcowanie bezpośrednie .....	178
2.4.2.17 Odlewanie bliskie kształtowi końcowemu wyrobu/odlewanie cienkich kęsisk płaskich .....	180
2.4.2.18 Odlewanie bliskie kształtowi końcowemu/odlewanie profili wstępnych dwuteowych ..	185
2.4.2.19 Ogólne techniki zwiększania efektywności energetycznej ogrzewania i techniki odzyskiwania ciepła z gazów spalinowych .....	186
2.4.3 Usuwanie (zbijanie) zgorzeliny .....	186
2.4.3.1 Zbijanie zgorzeliny strumieniem wody wyzwalane przez czujniki .....	186
2.4.3.2 Stosowanie zasobników wody wysokociśnieniowej .....	187
2.4.4 Walcowanie osadce .....	189
2.4.4.1 Dobór wielkości prasy .....	189
2.4.4.2 Automatyczna regulacja szerokości (AWC) zawierająca regulację krótkiego skoku ....	190
2.4.5 Walcowanie wstępne .....	191
2.4.5.1 Komputerowo wspomagana optymalizacja walcowania .....	191
2.4.6 Transport walcowanego wsadu z walcarki wstępnej do zespołu walcarek wykańczających .....	192
2.4.6.1 Coil Box (Skrzynia kręgów) .....	192
2.4.6.2 Piec grzewczy kręgów (Piec odzysku kręgów) .....	193
2.4.6.3 Ogrzewanie krawędzi taśmy .....	194
2.4.7 Walcowanie .....	195

2.4.7.1	Optymalizacja.....	195
2.4.7.2	System smarowania walców roboczych .....	196
2.4.7.3	Wymuszone międzyklatkowe chłodzenie taśmy.....	197
2.4.7.4	Regulacja międzyklatkowego naciągu taśm.....	197
2.4.7.5	Regulacja płaskości i profilu taśm.....	198
2.4.7.6	Chłodzenie walców roboczych .....	200
2.4.7.7	Automatyzacja zespołu walcarek wykańczających – automatyzacja podstawowa i procesu .....	200
2.4.7.8	Odciąganie powietrza jak najbliżej źródła emisji dla procesów mechanicznych i spawania w połączeniu z oczyszczaniem gazów odlotowych .....	201
2.4.7.9	Stosowanie zraszaczy wodnych w przypadku niskich poziomów generowania pyłu.....	203
2.4.7.10	Zwijarki hydrauliczne zawierające sterowanie krokowe .....	204
2.4.7.11	Kontrola kształtu wsadu podczas walcowania blach grubych .....	204
2.4.7.12	Bezpośrednia obróbka cieplna (przyspieszone chłodzenie).....	205
2.4.7.13	Operacja walcowania cieplno-mechanicznego .....	206
2.4.7.14	Stanowisko trójwalcowe .....	207
2.4.8	Linie chłodzenia .....	209
2.4.8.1	Optymalne pompy wodne dla przepływów laminarnych.....	209
2.4.9	Wytrawianie i olejenie stali walcowanej na gorąco (HRPO).....	210
2.4.10	Warsztat walców .....	210
2.4.10.1	Recykling zużytych walców roboczych i obróbka osadów .....	210
2.4.11	Oczyszczanie wody i generowanie ścieków.....	211
2.4.11.1	Półzamknięte i zamknięte obiegi wody.....	211
2.4.11.2	Oczyszczanie i ponowne wykorzystanie wody technologicznej zawierającej zgorzelinę i olej w walcowaniu na gorąco .....	212
2.5	<i>Pojawiające się techniki walcowania na gorąco.....</i>	223
2.5.1	Organiczny cykl Rankina (ORC) - odzyskiwanie ciepła z gazów odlotowych z pieców do nagrzewania walcowni .....	223
2.5.2	Elektryczne spawanie kęsów z użyciem rozpylaczy wodnych i urządzenia typu "spark killer" dla ograniczenia emisji nieorganizowanej pyłu .....	225
<b>3.</b>	<b>WALCOWANIE ZIMNE.....</b>	<b>228</b>
3.1	<i>Ogólne informacje o walcowaniu na zimno.....</i>	228
3.1.1	Płaskie wyroby zimno walcowane .....	228
3.2	<i>Stosowane procesy i techniki w walcowaniu na zimno.....</i>	230
3.2.1	Przegląd procesu .....	230
3.2.2	Wytrawianie walcowanej na gorąco stali niskostopowej i stopowej .....	232
3.2.3	Wyżarzanie (I) i wytrawianie (I) stali wysokostopowej gorąco walcowanej .....	233
3.2.4	Walcowanie na zimno wytrawionej taśmy gorąco walcowanej.....	235
3.2.4.1	Stal niskostopowa i stopowa.....	235
3.2.4.2	Stal wysokostopowa .....	237
3.2.5	Wyżarzanie stali niskostopowych i stopowych.....	238
3.2.5.1	Wyżarzanie partiami .....	238
3.2.5.2	Wyżarzanie ciągłe.....	240
3.2.6	Wyżarzanie (II) i wytrawianie (II) stali wysokostopowej .....	241
3.2.7	Wygładzanie taśmy walcowanej na zimno .....	242
3.2.7.1	Stal niskostopowa i stopowa.....	242
3.2.7.2	Stal wysokostopowa .....	242
3.2.8	Wykańczanie.....	243
3.2.9	Walcarka pielgrzymowa zimna .....	243
3.2.10	Warsztat walców .....	244
3.2.11	Gospodarka wodna i kąpielami technologicznymi na walcowniach zimnych .....	245
3.2.11.1	Systemy smarowania szczeliny walcowej: nakładanie emulsji lub czystego oleju.....	245
3.2.11.2	System roztwór odtłuszczającego .....	247
3.2.11.3	Systemy wody chłodzącej .....	247
3.2.11.4	Oczyszczanie ścieków.....	249
3.2.12	Gospodarka odpadami i produktami ubocznymi w walcowniach zimnych.....	249



3.3 Obecne poziomy zużycia i emisji dla walcowania na zimno .....	251
3.3.1 Przegląd strumienia masowego .....	251
3.3.2 Energia zużycie .....	252
3.3.3 Zużycie materiałów.....	257
3.3.3.1 Zużycie olejów.....	257
3.3.3.2 Zużycie kwasów .....	259
3.3.4 Zużycie wody .....	266
3.3.5 Emisje do powietrza .....	266
3.3.5.1 Emisje do powietrza z obróbki mechanicznej i spawania .....	266
3.3.5.2 Emisje do powietrza z ogrzewania (wyżarzanie).....	267
3.3.5.3 Emisje do powietrza z wytrawiania.....	270
3.3.5.4 Emisje do powietrza ze stanowisk do walcowania oraz z wykańczania.....	271
3.3.5.5 Rysunki ze stężeniami emisji do powietrza .....	271
3.3.6 Emisje do wody.....	295
3.3.7 Pozostałości .....	295
3.4 Techniki do rozważenia przy określaniu BAT dla walcowania na zimno.....	296
3.4.1 Wytrawianie .....	296
3.4.1.1 Spawarka laserowa .....	296
3.4.1.2 Odsysanie powietrza jak najbliższej źródła emisji rozwijania i mechanicznego usuwania zgorzeliny. .....	299
3.4.1.3 Regeneracja kwasu chlorowodorowego poprzez prażenie natryskowe .....	300
3.4.1.4 Regeneracja kwasu solnego za pomocą złoża fluidalnego .....	301
3.4.1.5 Bezodpływowa instalacja do wytrawiania taśm HCl .....	303
3.4.1.6 Odzysk kwasu siarkowego poprzez krystalizację .....	305
3.4.1.7 Regeneracja mieszanych kwasów (HNO <sub>3</sub> i HF) przez prażenie natryskowe .....	306
3.4.1.8 Odzyskiwanie mieszanych kwasów (HNO <sub>3</sub> i HF) poprzez wymianę jonów.....	308
3.4.1.9 Odzyskiwanie mieszanych kwasów (HNO <sub>3</sub> i HF) metodą dializy dyfuzji .....	309
3.4.1.10 Odzyskiwanie mieszaniny kwasów (HNO <sub>3</sub> i HF) przez odparowanie .....	310
3.4.1.11 Pompy magnetyczne (stal niskostopowa i stopowa ) .....	311
Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania .....	312
3.4.1.12 Oczyszczanie kwaśnych ścieków .....	312
3.4.1.13 Wytrawianie trójkwasowe dla stali nierdzewnej .....	313
3.4.1.14 Chemiczna redukcja sześciowartościowego Cr(VI) za pomocą dwutlenku siarki.....	314
3.4.2 Walcowanie .....	316
3.4.2.1 Walcowanie ciągle stali niskostopowych i stopowych.....	316
3.4.2.2 Wytrawialnia kombinowana z walcarką tandem .....	317
3.4.2.3 Optymalny wybór oleju walcowniczego i emulsji system. ....	317
3.4.2.4 Zmniejszenie tarcia tocznego w walcowaniu na zimno .....	318
3.4.2.5 Monitorowanie i regulacja jakości emulsji walcowniczej .....	319
3.4.2.6 Zapobieganie zanieczyszczeniu emulsji do walcowania .....	320
3.4.2.7 Minimalizacja zużycia emulsji olejowej/walcowniczej.....	321
3.4.2.8 Czyszczenie i ponowne użycie emulsji do walcowania .....	322
3.4.2.9 Obróbka zużytej emulsji walcowniczej. ....	324
3.4.2.10 Odsysanie powietrza jak najbliższej źródła dla emisji z toczenia .....	327
3.4.3 Wyżarzanie .....	328
3.4.3.1 Odtłuszczenie metodą kaskady odwrotnej .....	328
3.4.3.2 Odtłuszczenie wstępne gorącą wodą .....	329
3.4.3.3 Palniki regeneracyjne lub rekuperacyjne do pieców do wyżarzania.....	330
3.4.3.4 Palnik Low-NO <sub>x</sub> do pieców do wyżarzania.....	331
3.4.3.5 Selektywna redukcja katalityczna (SCR) w liniach ciągłego wyżarzania .....	332
3.4.3.6 Odzysk ciepła do ogrzewania kąpieli odtłuszczającej .....	335
3.4.4 Wygładzanie .....	336
3.4.4.1 Optymalizacja aplikacji emulsji do systemów walcowania na mokro.....	336
3.4.4.2 Wygładzanie na sucho i smarowanie o małej objętości przy wygładzaniu na mokro.....	337
3.4.4.3 Czyszczenie emulsji walcarki wygładzającej.....	339
3.4.4.4 Odsysanie powietrza jak najbliższej źródła emisji z wygładzania na mokro .....	340
3.4.4.5 Odsysanie powietrza i ograniczanie emisji przy wygładzaniu na sucho.....	340
3.4.5 Wykańczanie.....	341

3.4.5.1 Odsysanie powietrza jak najbliżej źródła .....	341
3.4.5.2 Odsysanie powietrza jak najbliżej źródła emisji z wyrównywania izgrzewania .....	342
3.4.6 Warsztat walców .....	343
3.4.6.1 Czyszczenie i ponowne użycie emulsji do szlifowania .....	343
3.4.6.2 Teksturowanie walców roboczych .....	344
3.5 <i>Pojawiające się techniki walcowania na zimno</i> .....	347
3.5.1 Organiczny cykl Rankina (ORC) - odzyskiwanie ciepła z nadmiaru energii z kręgów w piecach do wyżarzania partiami .....	347
<b>4. CIĄNIENIE DRUTU</b> .....	<b>348</b>
4.1 <i>Ogólne informacje na temat ciągnięcia drutu</i> .....	348
4.2 <i>Stosowane procesy i techniki ciągnięcia drutu</i> .....	349
4.2.1 Przegląd procesu ciągnięcia drutu .....	349
4.2.2 Przygotowanie walcówki .....	350
4.2.2.1 Mechaniczne usuwanie zgorzeliny z walcówki .....	351
4.2.2.2 Chemiczne usuwanie zgorzeliny z walcówki (trawienie) .....	351
4.2.2.3 Nanoszenie podkładu podsmarowego .....	351
4.2.3 Ciągnięcie .....	352
4.2.3.1 Ciągnięcie drutu na sucho .....	352
4.2.3.2 Ciągnięcie drutu na mokro .....	352
4.2.4 Obróbka cieplna drutu .....	352
4.2.4.1 Wyżarzanie partiami drutu ze stali nisko węglowej .....	352
4.2.4.2 Wyżarzanie ciągłe (w linii) drutu ze stali niskowęglowej .....	353
4.2.4.3 Wyżarzanie ciągłe (w linii) drutu ze stali nierdzewnej .....	353
4.2.4.4 Patentowanie .....	354
4.2.4.5 Hartowanie i odpuszczanie w oleju .....	354
4.2.4.6 Wyżarzanie odprężające .....	355
4.2.5 Trawienie w linii .....	355
4.3 <i>Aktualne poziomy zużycia i emisji dla ciągnięcia drutu</i> .....	356
4.3.1 Przegląd przepływu masy .....	356
4.3.2 Zużycie energii .....	356
4.3.3 Zużycie materiałów .....	357
4.3.3.1 Zużycie kwasów .....	357
4.3.4 Zużycie wody .....	357
4.3.5 Emisje do powietrza .....	357
4.3.5.1 Emisje do powietrza z ciągnięcia na sucho .....	357
4.3.5.2 Emisje do powietrza z ogrzewania .....	357
Emisja NOx i CO .....	358
4.3.5.3 Emisje do powietrza z wytrawiania .....	358
4.3.6 Emisja do wody .....	358
4.3.7 Pozostałości .....	359
4.3.8 Dane liczbowe dotyczące zużycia i poziomów emisji .....	360
4.4 <i>Techniki do rozważenia przy ustalaniu BAT dla ciągnięcia drutu</i> .....	369
4.4.1 Mechaniczne usuwanie zgorzeliny .....	369
4.4.1.1 Ponowne wykorzystanie zgorzeliny .....	369
4.4.1.2 Odzyskiwanie i ponowne wykorzystanie środków do obróbki strumieniowej .....	370
4.4.2 Chemiczne usuwanie zgorzeliny / wytrawianie walcówki .....	371
4.4.2.1 Kontrola emisji podczas wytrawiania .....	372
4.4.2.2 Odzysk kwasu .....	372
4.4.2.3 Ponowne wykorzystanie zużytego kwasu jako surowca wtórnego .....	372
4.4.3 Ciągnięcie na sucho .....	373
4.4.3.1 Zamknięta ciągarka połączona z wyciągiem i ograniczeniem powietrza .....	373
4.4.3.2 Wyciąg powietrza jak najbliżej źródła emisji dla emisji z ciągarki .....	374
4.4.3.3 Zamknięty obieg wody chłodzącej .....	374
4.4.3.4 Stosowanie podkładu podsmarowego o niskim stężeniu boraksu .....	375

4.4.4 Ciągnięcie na mokro .....	376
4.4.4.1 Zamknięty układ wody chłodzącej .....	376
4.4.4.2 Oczyszczanie smaru / chłodziwa .....	376
4.4.4.3 Oczyszczanie odpadów smarów z ciągnięcia: olej i emulsje olejowe .....	377
4.4.4.4 Obróbka i usuwanie odpadów smaru z ciągnięcia: emulsje mydlane .....	378
4.4.5 Wyżarzanie drutu partiami .....	378
4.4.5.1 Przedmuchiwanie gazem ochronnym .....	378
4.4.6 Wyżarzanie ciągłe (in-line) drutu niskowęglowego .....	379
4.4.6.1 Stosowanie pływających warstw ochronnych lub pokryw zbiorników na powierzchni kąpiel ołowianych .....	379
4.4.6.2 Minimalizacja przenoszenia ołowiu .....	380
4.4.6.3 Odciąganie powietrza jak najbliżej źródła i oczyszczanie emisji z kąpeli ołowianych .....	381
4.4.6.4 Zamknięty obieg kąpeli hartowniczej i oczyszczania ścieków .....	381
4.4.7 Patentowanie .....	382
4.4.7.1 Optymalna praca pieca .....	382
4.4.8 Hartowanie i odpuszczanie w oleju .....	383
4.4.8.1 Przedmuchiwanie gazem ochronnym .....	383
4.4.8.2 Wyciąg powietrza jak najbliżej źródła emisji dla emisji z kąpeli hartowniczych w oleju .....	383
4.4.9 Obróbka cieplna drutu (różne procesy) .....	384
4.4.9.1 Indukcyjne podgrzewanie drutu .....	384
4.4.10 Trawienie w linii .....	385
4.5 Nowe się techniki ciągnięcia drutu .....	386
<b>5. LINIE CIĄGŁEGO POWLEKANIA OGNIOWEGO .....</b>	<b>387</b>
5.1 Ogólne informacje o ciągłym powlekanii ogniowym .....	387
5.2 Stosowane procesy i techniki w ciągłym powlekanii ogniowym .....	388
5.2.1 Proces ciągłego powlekania ogniowego - przegląd .....	388
5.2.2 Cynkowanie blachy stalowej (powłoka z cynku i stopu cynku ) .....	389
5.2.2.1 Wytrawianie .....	389
5.2.2.2 Odtłuszczenie .....	390
5.2.2.3 Obróbka cieplna .....	391
5.2.2.4 Cynkowanie ogniowe .....	392
5.2.2.5 Cynkowanie z przeżarzaniem .....	393
5.2.2.6 Wykańczanie .....	394
5.2.2.7 Obróbka końcowa .....	395
5.2.2.8 Obiegi wody chłodzącej .....	396
5.2.2.9 Obieg wody / Gospodarka wodna .....	399
5.2.3 Aluminiowanie blach cienkich .....	400
5.2.4 Powlekanie ogniowe drutu .....	401
5.2.4.1 Ciągłe wytrawianie drutu .....	401
5.2.4.2 Pokrywanie topnikiem .....	401
5.2.4.3 Cynkowanie ogniowe .....	402
5.2.4.4 Wykańczanie drutu .....	402
5.3 Aktualne poziomy zużycia i emisji dla linii ciągłego powlekania .....	403
5.3.1 Przegląd przepływu masy w procesie ciągłego powlekania .....	403
5.3.2 Zużycie energii .....	404
5.3.3 Zużycie materiałów .....	406
5.3.3.1 Zużycie olejów .....	406
5.3.3.2 Zużycie kwasów .....	406
5.3.4 Zużycie wody .....	408
5.3.5 Emisje do powietrza .....	408
5.3.5.1 Emisje do powietrza z ogrzewania .....	408
5.3.5.2 Emisje do powietrza z odtłuszczenia .....	410
5.3.5.3 Emisje do powietrza z wytrawiania .....	411
5.3.5.4 Rysunki przedstawiające poziomy emisji do powietrza .....	411
5.3.6 Emisje do wody .....	419
5.3.7 Pozostałości .....	419

5.4 Techniki, które należy uwzględnić przy określaniu BAT dla ciągłego powlekania ogniowego.....	420
5.4.1 Cynkowanie blachy.....	420
5.4.1.1 Odtłuszczenie.....	420
5.4.1.1.1 Odtłuszczenie kaskadowe.....	420
5.4.1.1.2 Oczyszczanie i ponowne użycie roztworu odtłuszczającego.....	421
5.4.1.1.3 Stosowanie pieca z bezpośrednim płomieniem w przypadku powlekania blach stalowych metodą ogniową.....	423
5.4.1.1.4 Stosowanie walców wyżymających.....	424
5.4.1.2 Obróbka cieplna.....	425
5.4.1.2.1 Indukcyjny system ogrzewania.....	426
5.4.1.3 Cynkowanie ogniowe.....	427
5.4.1.3.1 Noże powietrzne do kontroli grubości powłoki.....	427
5.4.1.3.2 Stabilizacja pasa.....	428
5.4.1.4 Cynkowanie z przeżarzaniem.....	430
5.4.1.4.1 Układy do cynkowania z przeżarzaniem wyposażone w ogrzewanie indukcyjne.....	430
5.4.1.5 Obróbki dodatkowe.....	433
5.4.1.5.1 Oczyszczanie i ponowne wykorzystywanie roztworu do fosforanowania lub pasywacji ...	433
5.4.1.5.2 Odciąganie powietrza jak najbliżej źródła z kąpieli chemicznych lub zbiorników przy obróbce wtórnej (tj. fosforanowanie i pasywacja).....	434
5.4.1.5.3 Zamknięte zbiorniki połączone z odsysaniem powietrza w przypadku ciągłego oczyszczania wtórnego.....	436
5.4.1.5.4 Minimalizacja oporu w roztworze chemicznym.....	436
5.4.1.5.5 Zastosowanie walca do taśm.....	437
5.4.1.5.6 Techniki pasywacji chemicznej bez Cr i Cr(III) w liniach do cynkowania ogniowego.....	439
5.4.1.5.7 Pasywacja cienkich powłok organicznych.....	441
5.4.1.6 Wykańczanie.....	442
5.4.1.6.1 Zbieranie i obróbka emulsji z młynów temperowych.....	442
5.4.1.7 Oczyszczanie ścieków w linii cynkowania.....	442
5.4.2 Aluminizacja i powlekanie ołowiem (ternem) blach.....	443
5.4.3 Cynkowanie ogniowe drutu.....	443
5.4.3.1 Topnikowanie.....	443
5.4.3.1.1 Kryta kąpiel topnikowa.....	443
5.4.3.2 Cynkowanie ogniowe.....	443
5.4.3.2.1 Kąpiel cynkowa: dobre gospodarowanie.....	444
5.4.3.2.2 Wychwytywanie i oczyszczanie odessanego powietrza.....	444
5.4.3.2.3 Wycieranie powietrzem lub azotem.....	445
5.4.3.2.4 Wycieranie mechaniczne.....	446
5.5 Nowe techniki ciągłego cynkowania ogniowego.....	447
5.5.1 Osadzanie powłok z dyszy rozpylającej.....	447
<b>6. CYNKOWANIE NIECIĄGŁE.....</b>	<b>449</b>
6.1 Ogólne informacje na temat cynkowania nieciągłego.....	449
6.2 Procesy i techniki stosowane w cynkowaniu nieciągłym.....	451
6.2.1 Cynkowanie ogniowe nieciągłe (partiami) – informacje.....	451
6.2.2 Postępowanie z materiałem wsadowym.....	453
6.2.3 Przygotowanie wsadu.....	453
6.2.4 Odtłuszczenie.....	453
6.2.5 Trawienie.....	454
6.2.5.1 Trawienie w HCl.....	454
6.2.5.2 Trawienie H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	454
6.2.6 Usuwanie powłok.....	455
6.2.7 Płukanie.....	455
6.2.8 Topnikowanie.....	455
6.2.9 Cynkowanie ogniowe.....	456
6.2.10 Wykańczanie i obróbka wtórna.....	458
6.3 Obecne poziomy zużycia i emisji przy cynkowaniu partiami.....	459

6.3.1 Przegląd strumieni masowych w cynkowaniu okresowym .....	459
6.3.2 Zużycie energii .....	460
6.3.3 Zużycie materiałów .....	461
6.3.4 Zużycie wody .....	463
6.3.5 Emisje do powietrza .....	463
6.3.5.1 Emisje do powietrza z ogrzewania i suszenia surowców .....	463
6.3.5.2 Emisje do powietrza z trawienia .....	464
6.3.5.3 Emisje do powietrza z gorącego zanurzenia .....	464
6.3.6 Pozostałości .....	465
6.3.7 Rysunki przedstawiające poziomy zużycia i emisji .....	468
<b>6.4 Techniki do rozważenia przy określaniu BAT dla cynkowania nieciągłego .....</b>	<b>489</b>
6.4.1 Odtłuszczenie .....	489
6.4.1.1 Powolne podnoszenie elementów .....	489
6.4.1.2 Ciągłe oczyszczanie biologiczne kąpeli odtłuszczających („Oczyszczanie biologiczne”) .....	490
6.4.2 Trawienie i usuwanie powłok .....	492
6.4.2.1 Oddzielne trawienie i usuwanie powłok .....	492
6.4.2.2 Odzysk przez odparowanie (HCl) .....	493
6.4.2.3 Usuwanie cynku poprzez wymianę jonową .....	494
6.4.2.4 Usuwanie żelaza poprzez utlenianie i strącanie .....	496
6.4.2.5 Usuwanie cynku przez ekstrakcję rozpuszczalnikami .....	497
6.4.2.6 Ograniczony zakres pracy otwartych kąpeli trawiących z kwasem solnym .....	500
6.4.2.7 Ekstrakcja przez wyciąg boczny lub wyciąg szczękowy .....	502
6.4.2.8 Zamknięta sekcja obróbki wstępnej z odciąganiem .....	504
6.4.3 Płukanie .....	507
6.4.4 Topnikowanie .....	507
6.4.5 Cynkowanie ogniowe .....	507
6.4.5.1 Optymalizacja czasu zanurzenia .....	507
6.4.5.2 Powolne wyjmowanie elementów z kąpeli .....	508
6.4.5.3 Zmodyfikowany roztwór topnika w celu zwiększenia zawartości aluminium w kąpeli .....	508
6.4.5.4 Odzysk i wykorzystanie cząstek zawierających cynk z wydmuchiwania pary (wykańczanie rur) .....	509
6.4.6 Emisja do wody .....	510
6.4.6.1 Odprowadzanie ścieków przy cynkowaniu partiami .....	510
<b>6.6 Nowe się techniki cynkowania partiami .....</b>	<b>510</b>
<b>7. OBECNE POZIOMY ZUŻYCIA I EMISJI DLA PROCESÓW WSPÓLNYCH DLA WIĘCEJ NIŻ JEDNEGO SEKTORA. 511</b>	
7.1 Odzyskiwanie kwasu .....	511
7.1.1 Emisje do powietrza .....	511
7.2 Oczyszczanie ścieków pochodzących z więcej niż jednego sektora .....	518
7.2.1 Emisje do wody .....	518
<b>8. TECHNIKI, KTÓRE NALEŻY ROZWAŻYĆ PRZY OKREŚLANIU BAT W WIĘCEJ NIŻ JEDNYM SEKTORZE .....</b>	<b>561</b>
8.1 Techniki środowiskowe .....	561
8.1.1 System zarządzania środowiskiem (EMS) .....	561
8.2.2 Inwentaryzacja stosowanych chemikaliów procesowych oraz strumieni ścieków i gazów odlotowych .....	564
8.3.3 System zarządzania chemikaliami (CMS) .....	565
8.2 Monitorowanie .....	567
8.2.1 Zarys ogólny .....	567
8.2.2 Monitorowanie emisji do wody .....	567
8.2.3 Monitorowanie emisji do powietrza .....	568
8.3 Ogólne środowisko wydajność .....	569
8.3.1 Opracowanie i wdrożenie planu zapobiegania i kontroli wycieków i rozlewów .....	569
8.3.2 Stosowanie olejoszczelnych tac lub piwnic .....	570
8.3.3 Zapobieganie i postępowanie w przypadku rozlania kwasów i wycieków .....	571
8.3.4 Techniki przechowywania i obchodzenia się z cewkami .....	572

8.3.5 Ustanowienie i wdrożenie planu zarządzania OTNOC w celu zmniejszenia emisji podczas OTNOC	576
<b>8.4 Substancje niebezpieczne</b>	<b>579</b>
8.4.1 Unikanie stosowania związków chromu sześciowartościowego w pasywacji	579
<b>8.5 Efektywność energetyczna</b>	<b>580</b>
8.5.1 Plan efektywności energetycznej i audyty energetyczne	580
8.5.2 Rejestr bilansu energetycznego	581
8.5.3 Ogólne techniki zwiększania efektywności energetycznej ogrzewania	582
8.5.3.1 Optymalna konstrukcja pieca do ogrzewania materiału wsadowego	582
8.5.3.2 Optymalizacja spalania	584
8.5.3.3 Automatyzacja pieca i sterowanie	584
8.5.3.4 System zarządzania gazami procesowymi	586
8.5.3.5 Wyżarzanie partiami przy użyciu 100 % wodoru	587
8.5.3.6 Optymalna konstrukcja wanny do cynkowania	590
8.5.3.7 Optymalna praca wanny do cynkowania	591
8.5.4 Ogólne techniki odzyskiwania ciepła z gazów odlotowych	592
8.5.4.1 Podgrzewanie wstępne materiału wsadowego	592
8.5.4.2 Suszenie elementów	594
8.5.4.3 Wstępne podgrzewanie powietrza do spalania	595
8.5.4.4 Odzysk ciepła odpadowego	601
<b>8.6 Efektywność materiałowa</b>	<b>604</b>
8.6.1 Techniki zwiększające wydajność materiałową przy odtłuszczeniu	604
8.6.1.1 Stosowanie wsadu o niskim zanieczyszczeniu olejami i tłuszczami	604
8.6.1.2 Ogólne techniki zwiększania efektywności odtłuszczenia	604
8.6.1.3 Minimalizacja włączenia roztworu odtłuszczonego	605
8.6.1.4 Odtłuszczenie metodą kaskady odwrotnej	605
8.6.1.5 Oczyszczanie i ponowne wykorzystywanie roztworu odtłuszczonego	605
8.6.2 Techniki zwiększające wydajność materiałową w wytrawianiu	608
8.6.2.1 Ogrzewanie kwasów za pomocą wymienników ciepła lub przez spalanie zanurzeniowe	608
8.6.2.2 Minimalizacja korozji stali	610
8.6.2.3 Wstępne mechaniczne usuwanie zgorzeliny	611
8.6.2.4 Elektrolityczne wstępne oczyszczanie stali wysokostopowej	613
8.6.2.5 Płukanie po odtłuszczeniu alkalicznym	614
8.6.2.6 Ogólne techniki zwiększania efektywności trawienia	614
8.6.2.7 Oczyszczanie kąpeli trawiącej i ponowne użycie wolnego kwasu	615
8.6.2.8 Trawienie metodą odwróconej kaskady	616
8.6.2.9 Minimalizacja włączenia kwasu trawiącego	617
8.6.2.10 Trawienie metodą turbulencji	618
8.6.2.11 Stosowanie inhibitorów trawienia	619
8.6.2.12 Aktywne trawienie w kwasie solnym	620
8.6.3 Techniki zwiększające wydajność materiału w procesie topnikowania	623
8.6.3.1 Płukanie detali po wytrawianiu	623
8.6.3.2 Optymalne działanie topnika	624
8.6.3.3 Usuwanie żelaza i ponowne użycie roztworu topnika	625
8.6.3.4 Odzyskanie soli z zużytego roztworu topnika w celu produkcji topników	630
8.6.3.5 Minimalizacja przeciągania roztworu topnika	631
8.6.4 Techniki zwiększające wydajność materiałową w procesie cynkowania ogniowego	632
8.6.4.1 Ograniczenie powstawania kożucha dennego	632
8.6.4.2 Zapobieganie, zbieranie i ponowne wykorzystanie odprysków cynku w cynkowaniu ogniowym	632
8.6.4.3 Ograniczenie powstawania popiołu z cynku	633
8.6.5 Techniki odzyskiwania zużytych kwasów do trawienia	634
<b>8.7 Zużycie wody i wytwarzanie ścieków</b>	<b>650</b>
8.7.1 Plan gospodarowania wodą i audyty	650
8.7.2 Rozdział strumienia wody	652
8.7.3 Minimalizacja zanieczyszczenia węglowodorami wody procesowej	652
8.7.4 Ponowne wykorzystanie i/lub recykling wody	653

8.7.5	Płukanie kaskadowe .....	654
8.7.6	Recykling lub ponowne użycie wody z płukania .....	657
8.7.7	Systemy wody chłodzącej .....	658
8.8	<i>Ogólne techniki ograniczania techniki do powietrza</i> .....	661
8.8.1	Techniki końca rury .....	661
8.8.1.1	Demister .....	661
8.8.1.2	Elektrofiltr (ESP).....	661
8.8.1.3	Filtr tkaninowy.....	661
8.8.1.4	Selektywna redukcja katalityczna (SCR) .....	661
8.8.1.5	Selektywna redukcja niekatalityczna (SNCR).....	662
8.8.1.6	Optymalizacja konstrukcji i działania SNCR/SCR .....	663
8.8.1.7	Oczyszczanie na mokro.....	665
8.8.2	Emisje do powietrza z ogrzewania .....	665
8.8.2.1	Wykorzystanie paliw o niskiej zawartości pyłu i popiołu.....	665
8.8.2.2	Ograniczanie porywania pyłu .....	666
8.8.2.3	Stosowanie paliwa lub kombinacji paliw o niskiej zawartości siarki .....	666
8.8.2.4	Stosowanie paliwa lub kombinacji paliw o niskim potencjale tworzenia NOx.....	667
8.8.2.5	Automatyzacja i sterowanie piecem .....	667
8.8.2.6	Optymalizacja spalania .....	667
8.8.2.7	Palnik o niskiej emisji NOx.....	667
8.8.2.8	Recyrkulacja spalin .....	671
8.8.2.9	Ograniczanie temperatury wstępnego nagrzewania powietrza .....	673
8.8.2.12	Selektywna redukcja katalityczna (SCR) .....	677
8.8.2.13	Selektywna redukcja niekatalityczna (SNCR).....	677
8.8.3	Emisje do powietrza z odfuszczenia .....	677
8.8.3.1	Zamknięte zbiorniki odfuszczające w połączeniu z odciąganiem powietrza w przypadku odfuszczenia ciągłego .....	677
8.8.3.2	Emisje do powietrza z odfuszczenia w procesie cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego).....	678
8.8.4	Emisje do powietrza pochodzące z procesu wytrawiania w trakcie walcowania na gorąco, walcowania na zimno, cynkowania ogniowego i ciągnięcia drutu.....	680
8.8.4.1	Wytrawianie zanurzeniowe w zbiornikach wyposażonych w pokrywy lub osłony w połączeniu z odciąganiem oparów .....	680
8.8.4.2	Wytrawianie ciągłe w zamkniętych zbiornikach w połączeniu z odciąganiem oparów .....	681
8.8.4.3	Oczyszczanie na mokro, a następnie demister .....	683
8.8.5	Techniki zmniejszania ilości NOx w procesie wytrawiania mieszaniną kwasów .....	690
8.8.5.1	Wytrawianie stali wysokostopowej bez użycia kwasu azotowego.....	691
8.8.5.2	Dodanie nadtlenu wodoru lub mocznika do kwasu trawiącego.....	693
8.8.5.3	Oczyszczanie na mokro z dodatkiem utleniacza (np. nadtlenu wodoru).....	697
8.8.5.4	Selektywna redukcja katalityczna (SCR) w wytrawianiu mieszaniną kwasów .....	699
8.8.5.5	Porównanie metod zmniejszania NOx w procesie wytrawiania mieszaniną kwasów .....	700
8.8.6	Emisje do powietrza pochodzące z procesu cynkowania ogniowego .....	702
8.8.6.1	Topnik o niskiej emisji dymu .....	702
8.8.6.2	Minimalizacja przenoszenia roztworu topnika .....	704
8.8.6.3	Odciąg powietrza jak najbliżej źródła .....	705
8.8.6.4	Zamknięta wanna z odciąganiem powietrza .....	707
8.8.7	Emisje do powietrza z procesu natłuszczenia .....	711
8.8.7.1	Natłuszczenie elektrostatyczne .....	711
8.8.7.2	Obudowana maszyna olejarska z odciąganiem powietrza, a następnie demister .....	713
8.8.7.3	Smarowanie kontaktowe.....	714
8.8.7.4	Natłuszczenie bez sprężonego powietrza.....	714
8.8.8	Emisje do powietrza z odzysku kwasów .....	715
8.8.8.1	Stosowanie paliwa lub kombinacji paliw o niskiej zawartości siarki i/lub o niskim potencjale tworzenia NOx .....	715
8.8.8.2	Automatyzacja i sterowanie piecem .....	716
8.8.8.3	Optymalizacja spalania .....	716
8.8.8.4	Palniki o niskiej emisji NOx .....	716
8.8.8.5	Oczyszczanie na mokro, a następnie demister .....	716



8.8.8.6	Selektywna redukcja katalityczna (SCR) .....	716
8.9	<i>Ogólne techniki ograniczania emisji do wody</i> .....	716
8.9.1	Adsorpcja.....	716
8.9.2	Przetwarzanie tlenowe.....	716
8.9.3	Strącanie chemiczne.....	717
8.9.4	Redukcja chemiczna.....	717
8.9.5	Koagulacja i flokulacja .....	717
8.9.6	Wyrównanie (ujednorodnienie) strumienia ścieków .....	717
8.9.7	Filtracja.....	717
8.9.8	Flotacja.....	718
8.9.9	Nanofiltracja.....	718
8.9.10	Neutralizacja .....	718
8.9.11	Oddzielanie fizyczne.....	718
8.9.12	Odwrócona osmoza .....	718
8.9.13	Sedymentacja.....	719
8.9.14	Oczyszczanie wody zanieczyszczonej olejem lub smarem .....	719
8.10	<i>Ogólne techniki ograniczania hałasu i wibracji</i> .....	724
8.10.1	Plan zarządzania hałasem i wibracjami.....	724
8.10.2	Właściwa lokalizacja urządzeń i budynków .....	724
8.10.3	Środki operacyjne .....	725
8.10.4	Wyposażenie o niskiej emisji hałasu .....	725
8.10.5	Wyposażenie służące do kontroli hałasu i wibracji.....	725
8.10.6	Redukcja hałasu.....	726
8.11	<i>Pozostałości</i> .....	726
8.11.1	Ogólne techniki gospodarowania pozostałościami.....	726
8.11.1.1	Plan gospodarowania pozostałościami.....	726
8.11.1.2	Podczyszczanie zaolejonej zgorzeliny walcowniczej do dalszego wykorzystania .....	726
8.11.1.3	Zastosowanie zgorzeliny walcowniczej .....	730
8.11.1.4	Wykorzystanie złomu metalicznego .....	731
8.11.1.5	Recykling metali i tlenków metali pochodzących z oczyszczania gazów odlotowych na sucho 731	
8.11.1.6	Wykorzystanie szlamu zaolejonego.....	732
8.11.1.7	Obróbka cieplna szlamów wodorotlenkowych z odzysku mieszaniny kwasów .....	733
8.11.2	Techniki dotyczące gospodarowania pozostałościami w procesie cynkowania .....	735
8.11.2.1	Recykling pyłu z filtra tkaninowego .....	735
8.11.2.2	Recykling popiołu cynkowego i kożuchów żużlowych wierzchnich.....	735
8.11.2.3	Recykling kożucha żużlowego dennego (tzw. cynku twardego).....	736
8.11.2.4	Zmniejszanie zagrożenia dla środowiska związanego ze składowaniem pozostałości zawierających cynk.....	737
8.11.3	Techniki gospodarowania pozostałościami z ciągnięcia drutu .....	738
8.11.3.1	Zmniejszanie zagrożenia dla środowiska związanego ze składowaniem pozostałości zawierających ołów .....	738
8.11.3.2	Recykling pozostałości zawierających ołów z ciągnięcia drutu .....	738
<b>9.</b>	<b>KONKLUZJE DOTYCZĄCE NAJLEPSZYCH DOSTĘPNYCH TECHNIK (BAT) W ODNIESIENIU DO PRZETWÓRSTWA STALI I STOPÓW ŻELAZA</b> .....	<b>740</b>
9.1	<i>Zakres stosowania</i> .....	740
9.2	<i>Definicje</i> .....	741
9.3	<i>Akronimy</i> .....	744
9.4	<i>Uwagi ogólne</i> .....	744
9.4.1	Najlepsze dostępne techniki .....	744
9.4.2	BAT-AEL i wskaźnikowe poziomy emisji w odniesieniu do emisji do powietrza .....	744
9.4.3	BAT-AEL w odniesieniu do emisji do wody.....	746
9.4.4	Inne poziomy efektywności środowiskowej powiązane z najlepszymi dostępnymi technikami (BAT- AEPL) 746	

9.4.4.1	BAT-AEPL dla jednostkowego zużycia energii (efektywność energetyczna) .....	746
9.4.4.2	BAT-AEPL w odniesieniu do jednostkowego zużycia wody .....	746
9.5	<i>Ogólne konkluzje dotyczące BAT w odniesieniu do przetwórstwa stali i stopów żelaza</i> .....	747
9.5.1	Ogólna efektywność środowiskowa .....	747
9.5.2	Monitorowanie .....	751
9.5.3	Substancje niebezpieczne .....	756
9.5.4	Efektywność energetyczna .....	757
9.5.5	Efektywne wykorzystanie materiałów .....	761
9.5.6	Zużycie wody i wytwarzanie ścieków .....	766
9.5.7	Emisje do powietrza .....	768
9.5.7.1	Emisje do powietrza z ogrzewania .....	768
9.5.7.2	Emisje do powietrza pochodzące z odtłuszczenia .....	772
9.5.7.3	Emisje do powietrza z wytrawiania .....	772
9.5.7.4	Emisje do powietrza pochodzące z procesu cynkowania ogniowego .....	774
9.5.7.5	Emisje do powietrza z procesu natłuszczenia .....	775
9.5.7.6	Emissions to air from post-treatment .....	775
9.5.7.7	Emisje do powietrza pochodzące z odzysku kwasu .....	776
9.5.8	Emisje do wody .....	777
9.5.9	Hałas i wibracje .....	780
9.5.10	Pozostałości .....	781
9.6	<i>Konkluzje BAT w odniesieniu do walcowania na gorąco</i> .....	783
9.6.1	Efektywność energetyczna .....	783
9.6.2	Efektywne wykorzystanie materiałów .....	785
9.6.3	Emisje do powietrza .....	786
9.7	<i>Konkluzje dotyczące BAT w odniesieniu do walcowania na zimno</i> .....	787
9.7.1	Efektywność energetyczna .....	787
9.7.2	Efektywne wykorzystanie materiałów .....	788
9.7.3	Emisje do powietrza .....	788
9.8	<i>Konkluzje dotyczące BAT w odniesieniu do ciągnięcia drutu</i> .....	790
9.8.1	Efektywność energetyczna .....	790
9.8.2	Efektywne wykorzystanie materiałów .....	790
9.8.3	Emisje do powietrza .....	790
9.8.4	Pozostałości .....	792
9.9	<i>Konkluzje dotyczące BAT w odniesieniu do cynkowania ogniowego blach w arkuszach i drutów</i> ....	792
9.9.1	Efektywne wykorzystanie materiałów .....	792
9.10	<i>Konkluzje BAT w odniesieniu do cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego)</i> .....	793
9.10.1	Pozostałości .....	793
9.10.2	Efektywne wykorzystanie materiałów .....	793
9.10.3	Emisje do powietrza .....	794
9.10.4	Zrzut ścieków .....	795
9.11	<i>Opisy technik</i> .....	795
9.11.1	Techniki zwiększania efektywności energetycznej .....	795
9.11.2	Techniki ograniczania emisji do powietrza .....	796
9.11.3	Techniki ograniczania emisji do wody .....	797
<b>10.</b>	<b>UWAGI KOŃCOWE I ZALECENIA DOTYCZĄCE PRZYSZŁYCH PRAC</b> .....	<b>799</b>
<b>11.</b>	<b>ZAŁĄCZNIKI</b> .....	<b>807</b>
11.1	<i>Wykaz instalacji/zakładów uczestniczących w procesie zbierania danych na potrzeby przeglądu FMP BREF w roku 2018</i> .....	807
11.2	<i>Wyjaśnienia dotyczące identyfikacji punktów emisji</i> .....	815
11.3	<i>Informacje dotyczące gatunków stali, kategorii stali i produktów stalowych w sektorze przemysłu FMP</i> .....	818

11.3.1	Gatunki stali .....	818
11.3.2	Produkty stalowe .....	820
11.4	<i>Informacje dotyczące zgłoszonego stosowania BAT w różnych sektorach przemysłu FMP.....</i>	822
11.5	<i>Procesy spalania z zastosowaniem powietrza wzbogaconego w tlen lub czystego tlenu: normalizacja oparta o dwutlenek węgla wytwarzany podczas spalania .....</i>	834
11.6	<i>Przykłady obliczania jednostkowego zużycia energii dla procesów nagrzewania, nagrzewania międzyoperacyjnego i nagrzewania końcowego w walcowaniu na gorąco .....</i>	836
11.7	<i>Przykład obliczania średniej rocznej wydajności produkcji w cynkowaniu ogniowym jednostkowym (zanurzeniowym) .....</i>	839
11.8	<i>Przykłady obliczania jednostkowego zużycia materiałów .....</i>	840
<b>GLOSARIUSZ .....</b>		<b>842</b>
<i>I. Kody ISO państw .....</i>		<i>842</i>
<i>II. Prefiksy jednostkowe, separatory liczb i notacje .....</i>		<i>843</i>
<i>III. Jednostki i miary .....</i>		<i>843</i>
<i>IV. Akronimy.....</i>		<i>844</i>
<i>V. Skróty.....</i>		<i>845</i>
<i>VI. Skróty stosowane na rysunkach dotyczących emisji do wody .....</i>		<i>850</i>
<b>LITERATURA .....</b>		<b>851</b>

## Spis rysunków

Rysunek 1.1: Produkty formowane na gorąco i na zimno objęte niniejszym dokumentem BREF .....	42
Rysunek 2.1: Przegląd wyrobów walcowanych na gorąco .....	52
Rysunek 2.2: Typowe konstrukcje walcowni taśm na gorąco .....	55
Rysunek 2.3: Produkcja taśm na gorąco z dwoma odlewniami cienkich kęsisk płaskich , dwoma piecami do ponownego podgrzewania i jedną walcownią wykańczającą; zdolność produkcyjna 2 Mt/rok .....	56
Rysunek 2.4: Produkcja taśm na gorąco z dwoma odlewniami cienkich kęsisk płaskich , dwoma piecami do ponownego podgrzewania, jednym ciągłym młynem wstępnym, podgrzewaczem prętów i młynem wykańczającym; wydajność 3 Mt/rok .....	56
Rysunek 2.5: Produkcja taśm na gorąco z jednym urządzeniem do odlewania cienkich kęsisk płaskich bezpośrednio połączonym z jedną ciągłą walcarką wstępną, indukcyjnym podgrzewaczem prętów i bezkońcową lub półkońcową walcarką wykańczającą; wydajność 2 Mt/rok .....	57
Rysunek 2.6: Typowa konfiguracja walcarki Steckela. ....	57
Rysunek 2.7: Walcarka Steckela z piecami zwijarkowymi. ....	58
Rysunek 2.8: Typowa konfiguracja walcarki do blach grubych z jednym 4-wysokim poziomym stanowiskiem walcowniczym .....	59
Rysunek 2.9: Typowy układ walcowni walcówki .....	60
Rysunek 2.10: Walce wykrojowe (bruzdowe) do walcowania grodziec .....	62
Rysunek 2.11: Klatki uniwersalne dla wyrobów z równoległymi półkami .....	62
Rysunek 2.12: Konfiguracja walcowni kształtowników ciężkich .....	62
Rysunek 2.13: Układ walcowni kształtowników ciężkich/średnich dla grodziec .....	63
Rysunek 2.14: Przykłady przekrojów poprzecznych belek wstępnych .....	63
Rysunek 2.15: Walcownia średniego przekroju zasilana odlewanymi półfabrykatami belki .....	64
Rysunek 2.16: Walcarka trzpieniowa .....	65
Rysunek 2.17: Walcarka z automatycznym duo do rur bez szwu .....	66
Rysunek 2.18: Piec wgłębny .....	68
Rysunek 2.19: Piec przepychowy .....	68
Rysunek 2.20: Piec pokroczny .....	68
Rysunek 2.21: Typowa konstrukcja pieca z trzonem obrotowym .....	69
Rysunek 2.22: Układ walców zespołu wykańczającego walcówki .....	71
Rysunek 2.23: Materiał pocięty na wykroje po wygrzaniu w piecu indukcyjnym i wykroje wygrzane w piecu wsadowym po cięciu na zimno .....	72
Rysunek 2.24: Wykroje przebijane, prasowane i walcowane w walcarce promieniowej i walcarce osiowej .....	72

Rysunek 2.25: Różne rodzaje chłodzenia wodą .....	73
Rysunek 2.26: Przykład przepływowego systemu wodnego.....	75
Rysunek 2.27: Przykład pół-zamkniętego obiegu wody.....	76
Rysunek 2.28: Przykład zamkniętego obiegu wody .....	76
Rysunek 2.29: Obiegi wodne dla walcowni gorącej taśm .....	77
Rysunek 2.30: Zastosowanie obiegu wodnych na walcowni gorącej.....	78
Rysunek 2.31: Przegląd wejść/wyjść dla walcowni gorących.....	81
Rysunek 2.32: Jednostkowe zużycie energii (MJ/t przepustowości procesu) dla dogrzewania wsadu. ....	86
Rysunek 2.33: Jednostkowe zużycie energii (MJ/t wydajności procesu) dla pośredniego ogrzewania wsadu. 86	86
Rysunek 2.34: Jednostkowe zużycie energii (MJ/t przepustowości procesu) dla dogrzewania wsadu. ....	87
Rysunek 2.35: Jednostkowe zużycie energii (MJ/t przepustowości procesu) dla procesów walcowania ....	87
Rysunek 2.36: Jednostkowe zużycie oleju (kg/t produkcji) na walcowniach gorących.....	90
Rysunek 2.37: Jednostkowe zużycie HCl (kg/m <sup>2</sup> powierzchni poddanej działaniu) w instalacjach HRPO.....	92
Rysunek 2.38: Jednostkowe zużycie H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (kg/m <sup>2</sup> powierzchni poddanej działaniu) w instalacjach HRPO	93
Rysunek 2.39: Jednostkowe zużycie HF/HNO <sub>3</sub> (kg/m <sup>2</sup> powierzchni poddanej działaniu) w instalacjach HRPO 94	94
Rysunek 2.40: Jednostkowe zużycie wody (m <sup>3</sup> /t produkcji) w zakładach walcowania na gorąco.....	96
Rysunek 2.41: Emisje NO <sub>x</sub> i temperatura wstępnego podgrzewania powietrza dla pieca do obróbki cieplnej w SSAB Oxelösund, Szwecja.....	99
Rysunek 2.42: Emisje NO <sub>x</sub> i temperatura podgrzewania powietrza .....	100
Rysunek 2.43: Wpływ rodzaju paliwa na temperaturę płomienia .....	101
Rysunek 2.44: Stężenia emisji NO <sub>x</sub> w funkcji rodzaju paliw stosowanych w piecu grzewczym (COG i HFO) 102	102
Rysunek 2.45: Stężenia emisji NO <sub>x</sub> mierzone w sposób ciągły dla pieców przepychowych w Tata Steel Ijmuiden (Zakład 110 HR2-1) pokazujące fluktuacje NO <sub>x</sub> w ciągu roku. ....	103
Rysunek 2.46: Stężenia emisji NO <sub>x</sub> mierzone w sposób ciągły w dwóch piecach pokrocznych z Tata Steel Ijmuiden (Zakład 110 HR2-2) pokazujące fluktuacje NO <sub>x</sub> w ciągu roku. ....	103
Rysunek 2.47: Emisje pyłów z obróbki mechanicznej, oczyszczania płomieniowego i spawania (w mg/Nm <sup>3</sup> ) - Część 1 z 2	107
Rysunek 2.48: Emisje pyłu z obróbki mechanicznej, oczyszczania płomieniowego i spawania (w mg/Nm <sup>3</sup> ) - Część 2 z 2	109
Rysunek 2.49: Emisje ołowiu z obróbki mechanicznej, oczyszczania płomieniowego i spawania (w mg/Nm <sup>3</sup> ) 109	109

Rysunek 2.50:	Emisje niklu z obróbki mechanicznej, oczyszczania płomieniowego i spawania (w mg/Nm <sup>3</sup> ) 110
Rysunek 2.51:	Emisje pyłu z ogrzewania materiału wsadowego (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3% tlenu) dla paliwa 100% gaz ziemny 112
Rysunek 2.52:	Emisje pyłu z ogrzewania materiału wsadowego (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3% zawartości tlenu) w przypadku paliwa innego niż 100% gazu ziemnego lub nieznanego paliwa ..... 114
Rysunek 2.53:	Emisje SO <sub>2</sub> z ogrzewania materiału wsadowego (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3% zawartości tlenu) dla paliwa stanowiącego 100% gazu ziemnego ..... 114
Rysunek 2.54:	Emisje SO <sub>2</sub> z ogrzewania surowców (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3% zawartości tlenu) dla paliwa innego niż 100% gazu ziemnego ..... 115
Rysunek 2.55:	Emisje NO <sub>x</sub> z ogrzewania wsadu (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3% tlenu) dla paliwa 100% gaz ziemny - część 1 z 2 117
Rysunek 2.56:	Emisje NO <sub>x</sub> z ogrzewania wsadu (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3% tlenu) dla paliwa 100% gaz ziemny - część 2 z 2 118
Rysunek 2.57:	Emisje NO <sub>x</sub> z pośredniego i wtórnego ogrzewania (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3% tlenu) dla paliwa 100 % gaz ziemny 119
Rysunek 2.58:	Emisje NO <sub>x</sub> z pośredniego i wtórnego ogrzewania (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3% tlenu) dla paliw innych niż 100% gazu ziemnego ..... 120
Rysunek 2.59:	Emisje NO <sub>x</sub> z dogrzewania (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3% tlenu) dla paliwa 100% gazu ziemnego do dogrzewania wyrobów płaskich ..... 121
Rysunek 2.60:	Emisje NO <sub>x</sub> z dogrzewania (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3% tlenu) dla paliwa innego niż 100% gaz ziemny do dogrzewania wyrobów płaskich ..... 122
Rysunek 2.61:	Emisje NO <sub>x</sub> z ogrzewania, pośredniego i wtórnego (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3% tlenu) dla 100% gazu ziemnego, bez wstępnego podgrzewania powietrza ..... 123
Rysunek 2.62:	Emisje NO <sub>x</sub> z ogrzewania, pośredniego i wtórnego (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3% tlenu) dla paliwa innego niż 100% gazu ziemnego, bez wstępnego podgrzewania powietrza ..... 124
Rysunek 2.63:	Emisje NO <sub>x</sub> z dogrzewania (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3% tlenu) dla 100% gazu ziemnego, przy temperaturze wstępnego podgrzewania powietrza i docelowej temperaturze materiału wsadowego - część 1 z 2 ..... 125
Rysunek 2.64:	Emisje NO <sub>x</sub> z dogrzewania (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3% tlenu) dla 100% gazu ziemnego, przy temperaturze wstępnego podgrzewania powietrza i docelowej temperaturze materiału wsadowego - część 2 z 2 126
Rysunek 2.65:	Emisje NO <sub>x</sub> z pośredniego i wtórnego ogrzewania (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3% tlenu) dla 100% gazu ziemnego, przy temperaturze ogrzewania powietrza i docelowej temperaturze materiału wsadowego ..... 127
Rysunek 2.66:	Emisje NO <sub>x</sub> z ogrzewania i dogrzewania (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3% tlenu) dla paliwa innego niż 100% gazu ziemnego, przy temperaturze wstępnego ogrzewania powietrza i docelowej temperaturze materiału wsadowego ..... 128
Rysunek 2.67:	Emisje CO z dogrzewania (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3% tlenu) dla paliwa 100% gaz ziemny ..... 129
Rysunek 2.68:	Emisja CO z pośredniego i wtórnego ogrzewania (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3% tlenu) dla paliwa 100 % gaz ziemny 130

Rysunek 2.69:	Emisje CO z ogrzewania i dogrzewania (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3 % tlenu) dla paliwa innego niż 100 % gaz ziemny	131
Rysunek 2.70:	Wytwarzanie specyficznych pozostałości zawierających olej (w kg/t)	134
Rysunek 2.71:	Specyficzne wytwarzanie zgorzeliny (w kg/t)	134
Rysunek 2.72:	Wytwarzanie specyficzne pyłu z filtrów (w kg/t)	135
Rys. 2.73:	Arkusz przepływowy ograniczania powstawania szram (przykład z mokrą EP)	140
Rysunek 2.74:	Arkusz przepływów redukcji szlifowania	142
Rysunek 2.75:	Szlifierka wyposażona w system oczyszczania gazów odlotowych w Tata Steel IJmuiden	142
Rysunek 2.76:	Dostępne ciepło w zależności od temperatury spalin dla różnych temperatur wstępnego podgrzewania powietrza	154
Rysunek 2.77:	Schemat typowego palnika tlenowo-paliwowego pracującego ze 100 % tlenem	155
Rysunek 2.78:	Schemat palnika z zewnętrzną lancą do wtłaczania tlenu	156
Rysunek 2.79:	Emisja NO <sub>x</sub> w zależności od mocy paliwa dla pieca do dogrzewania 301 (SSAB, Borlänge)	157
Rysunek 2.80:	Emisje NO <sub>x</sub> w zależności od mocy paliwa dla pieca grzewczego 302 (SSAB, Borlänge)	157
Rysunek 2.81:	Miesięczne średnie emisje NO <sub>x</sub> (wyrażone w mg/MJ) w SSAB Borlänge (piec 301) - przed bezpłomieniowym spalaniem (czarne punkty), po zainstalowaniu bezpłomieniowego spalania w części pieca (brązowe punkty) i po całkowitym zainstalowaniu bezpłomieniowego spalania w piecu (żółte punkty)	161
Rysunek 2.82:	Zużycie energii (wyrażone w GJ/t) w SSAB Borlänge (piec 301) - przed bezpłomieniowym spalaniem (niebieskie punkty), po zainstalowaniu bezpłomieniowego spalania w części pieca (czerwone punkty) i po całkowitym zainstalowaniu bezpłomieniowego spalania w piecu (czarne punkty)	161
Rys. 2.83:	Schematyczny widok pieca z belką kroczącą z De-NO <sub>x</sub>	166
Rysunek 2.84:	Stężenia emisji NO <sub>x</sub> w piecach popychaczowych Tata Steel IJmuiden (nr 21 i 22) z SCR i SNCR oraz w piecach belkowych kroczących (nr 23 i 24) z SCR	166
Rysunek 2.85:	Konstrukcja płóz w piecu grzewczym przed walcowaniem na gorąco	171
Rysunek 2.86:	Konstrukcja płozy dwururowej dla pieców grzewczych	172
Rys. 2.87:	Widok z góry na rozmieszczenie płóz w piecu dogrzewającym (prawa część schematu to wejście do pieca, natomiast lewa część to wyjście z pieca)	172
Rysunek 2.88:	Typowy schemat chłodzenia wyparkowego pieca	174
Rysunek 2.89:	Zmodyfikowane składowanie w celu zwiększenia temperatury ładowania	177
Rysunek 2.90:	Przepływ materiału: ładowanie na zimno i na gorąco	178
Rysunek 2.91:	Typowa ewolucja temperatury podczas odlewania cienkich płyt, a następnie walcowania	181
Rysunek 2.92:	Schemat procesu produkcji taśm kompaktowych (CSP)	181
Rysunek 2.93:	Schemat procesu produkcji taśmowej w trybie Inline (ISP)	182



Rysunek 2.94: Konfiguracje koncepcji Quality Strip Production (QSP) i Quality Strip Production Endless.....	182
Rysunek 2.95: Schematyczny widok procesu produkcji taśm bezkońcowych (ESP) .....	183
Rysunek 2.96: Zużycie energii dla konwencjonalnych walcowni taśm gorących (HSM) w porównaniu z procesami produkcyjnymi ESP i CSP. ....	184
Rysunek 2.97: Schemat elementów składowych i zdjęcie prasy sortującej.....	189
Rysunek 2.98: Działanie AWC.....	191
Rys. 2.99: Rozmieszczenie coil boxów.....	193
Rysunek 2.100: System optymalizacji. ....	196
Rysunek 2.101: Schemat stanowiska trójwalcowego .....	208
Rysunek 2.102: Osadnik okrągły (pionowy) .....	213
Rysunek 2.103: Osadnik o przepływie poziomym .....	213
Rysunek 2.104: Schemat separatora lamelowego .....	214
Rysunek 2.105: Separator śrubowy .....	215
Rysunek 2.106:   Przykład filtra żwirowego pokazujący szczegółowo operację płukania wstecznego .....	216
Rysunek 2.107:   Przykład filtrów siatkowych pokazujący szczegółowo operację płukania wstecznego. ....	216
Rys. 2.108: Napowietrzana pułapka na drobnicę.....	217
Rysunek 2.109: Filtracja magnetyczna (przykładowy wysoki gradient MF) .....	218
Rysunek 2.110: Przykład systemu recyrkulacji wody dla walcowni gorącej .....	219
Rysunek 2.111: Oczyszczanie wody z płukania wstecznego.....	220
Rysunek 2.112: Schemat organicznego cyklu Rankina.....	224
Rysunek 2.113: Schemat przedstawiający zasady spawania elektrycznego kęsów z wykorzystaniem natrysków wodnych w połączeniu z urządzeniem iskrzącym do tłumienia niezorganizowanej emisji pyłu. ....	226
Rysunek 3.1: Typowe konfiguracje walcowni taśm zimno walcowanych .....	231
Rysunek 3.2: Kombinowana linia technologiczna wytrawiania i walcowania na zimno z konwencjonalnym procesem nieprzelotowym a wyżarzanie ciągłe z obróbką.....	232
Rysunek 3.3: Schemat linii ciągłego wytrawiania.....	233
Rysunek 3.4: 4-wysokie stanowisko w walcowni zimnej .....	235
Rysunek 3.5: Klatka 6-walcowa w walcarni zimnej .....	236
Rysunek 3.6: Typowa walcarka 20-walcowa do walcowania stali nierdzewnej.....	238
Rysunek 3.7: Schemat pieca kołpakowego do wyżarzania .....	239
Rysunek 3.8: Przykładowe temperatury podczas cyklu wyżarzania nieprzelotowego.....	240

Rysunek 3.9: Przykład pieca do wyżarzania ciągłego .....	241
Rysunek 3.10: Zdjęcie i szczegółowy schemat walcarki pielgrzymowej zimnej .....	244
Rysunek 3.11: Ogólny przepływ emulsji.....	246
Rysunek 3.12: Przepływ roztworu odtłuszczającego (ciągła linia wyżarzania).....	247
Rysunek 3.13: System wody chłodzącej dla walcarki zimnej .....	248
Rysunek 3.14: Układ wody chłodzącej do trawienia w HCl i wyżarzania nieprzelotowego .....	248
Rysunek 3.15: System wody chłodzącej dla linii ciągłego wyżarzania .....	249
Rysunek 3.16: Przegląd wejść/wyjść dla walcowni zimnych .....	252
Rysunek 3.17: Jednostkowe zużycie energii (MJ/t wydajności procesu) dla walcowania .....	254
Rysunek 3.18: Jednostkowe zużycie energii (MJ/t wydajności procesu) dla ciągłego wyżarzania po walcowaniu	255
Rysunek 3.19: Jednostkowe zużycie energii (MJ/t wydajności procesu) dla wyżarzania partiami po walcowaniu	256
Rysunek 3.20: Zużycie właściwe oleju (kg/t produkcji) w walcowniach zimnych .....	258
Rysunek 3.21: Arkusz przepływu dla wytrawiania HCl i regeneracji kwasu. ....	259
Rysunek 3.22: Schemat postępowania przy trawieniu i regeneracji H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	260
Rysunek 3.23: Schemat postępowania przy trawieniu stali nierdzewnej kwasem HNO <sub>3</sub> -HF (z uwzględnieniem odzysku) .....	261
Rysunek 3.24: Jednostkowe zużycie HCl (kg/m <sup>2</sup> powierzchni poddanej działaniu) w walcowni zimnej.....	262
Rysunek 3.25: Jednostkowe zużycie H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (kg/m <sup>2</sup> powierzchni poddanej obróbce) w zakładach walcowania na zimno.....	263
Rysunek 3.26: Jednostkowe zużycie HNO <sub>3</sub> (kg/m <sup>2</sup> powierzchni poddanej obróbce) w walcowniach zimnych	264
Rysunek 3.27: Specyficzne zużycie HF (kg/m <sup>2</sup> powierzchni poddanej obróbce) w zakładach walcowania na zimno	265
Rysunek 3.28: Jednostkowe zużycie wody (m <sup>3</sup> /t produkcji) w zakładach walcowania na zimno .....	266
Rysunek 3.29: Przykład parametrów wsadu podczas fazy ogrzewania i związane z tym emisje NO <sub>x</sub> (w ppm), w tym szczególne aspekty do rozważenia przy pomiarze emisji NO <sub>x</sub> z pieców do wyżarzania partiami, w szczególności wpływ wstępnego podgrzewania powietrza na emisje NO <sub>x</sub> . ....	268
Rysunek 3.30: Przykład badawczy emisji NO <sub>x</sub> (w ppm) i wpływu mocy palnika w całym cyklu wyżarzania w walcowni zimnej C.D. Wälzholz pokazujący różnice pomiędzy średnim stężeniem emisji w cyklu wyżarzania a maksymalnym stężeniem emisji .....	269
Rysunek 3.31: Emisje pyłów z obróbki mechanicznej i spawania - Część 1 z 2 .....	272
Rysunek 3.32: Emisje pyłów z obróbki mechanicznej i spawania - Część 2 z 2 .....	273

Rysunek 3.33: Emisje ołowiu z usuwania zgorzeliny przed wytrawianiem .....	274
Rysunek 3.34: Emisje niklu z usuwania zgorzeliny przed wytrawianiem .....	275
Rysunek 3.35: Emisje pyłu z ogrzewania materiału wsadowego (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu) przy użyciu 100 % gazu ziemnego .....	276
Rysunek 3.36: Emisje pyłu z ogrzewania materiału wsadowego (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu) dla paliwa innego niż 100 % gazu ziemnego .....	277
Rysunek 3.37: Emisje SO <sub>2</sub> z ogrzewania materiału wsadowego (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu) przy użyciu 100 % gazu ziemnego .....	278
Rysunek 3.38: Emisje SO <sub>2</sub> z ogrzewania surowców (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu) dla paliwa innego niż 100 % gazu ziemnego .....	279
Rysunek 3.39: Emisje NO <sub>x</sub> z ogrzewania materiału wsadowego (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu) przy użyciu 100 % gazu ziemnego .....	280
Rysunek 3.40: Emisje NO <sub>x</sub> z ogrzewania surowców (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu) dla paliwa innego niż 100 % gazu ziemnego .....	281
Rysunek 3.41: Emisje NO <sub>x</sub> z ogrzewania materiału wsadowego (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu) przy użyciu 100 % gazu ziemnego, bez wstępnego podgrzewania powietrza. ....	282
Rysunek 3.42: Emisje NO <sub>x</sub> z ogrzewania materiału wsadowego (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu) dla paliwa innego niż 100 % gazu ziemnego, bez wstępnego podgrzewania powietrza .....	283
Rysunek 3.43: Emisje NO <sub>x</sub> z ogrzewania materiału wsadowego (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu) przy użyciu 100 % gazu ziemnego, przy temperaturze wstępnego podgrzewania powietrza oraz temperaturze wlotowej i docelowej materiału wsadowego. ....	284
Rysunek 3.44: Emisje NO <sub>x</sub> z ogrzewania materiału wsadowego (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu) dla paliwa innego niż 100 % gazu ziemnego, przy temperaturze wstępnego ogrzewania powietrza oraz temperaturze wlotowej i docelowej materiału wsadowego .....	285
Rysunek 3.45: Emisje CO z ogrzewania materiału wsadowego (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu) przy użyciu 100 % gazu ziemnego .....	286
Rysunek 3.46: Emisje CO z ogrzewania surowców (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu) dla paliwa innego niż 100 % gazu ziemnego .....	287
Rysunek 3.47: Emisje pyłu z wytrawiania (w mg/Nm <sup>3</sup> ) w zakładach walcowania na gorąco, walcowania na zimno i powlekania na gorąco .....	288
Rysunek 3.48: Emisje HCl z wytrawiania (w mg/Nm <sup>3</sup> ) w zakładach walcowania na gorąco, walcowania na zimno i powlekania ogniowego .....	290
Rysunek 3.49: Emisje SO <sub>x</sub> z wytrawiania (w mg/Nm <sup>3</sup> ) w zakładach walcowania na gorąco i na zimno .....	291
Rysunek 3.50: Emisje NO <sub>x</sub> z wytrawiania (w mg/Nm <sup>3</sup> ) w zakładach walcowania na gorąco i na zimno .....	292
Rysunek 3.51: Emisje HF z wytrawiania (w mg/Nm <sup>3</sup> ) w zakładach walcowania na gorąco i na zimno .....	293
Rysunek 3.52: Emisje TVOC z walcowni i wykańczania (w mg/Nm <sup>3</sup> ) .....	294
Rysunek 3.53: Schemat spawarki laserowej (widok z boku i widok z góry) .....	298

Rysunek 3.54: Zależność wykorzystania wody płuczającej od zawartości żelaza .....	303
Rysunek 3.55: Przykład bezciekowego trawienia HCl i regeneracji kwasu.....	304
Rysunek 3.56: Układ rozdzielania emulsji wypalanej.....	325
Rysunek 3.57: Proces odtłuszczania klasycznego.....	329
Rysunek 3.58: Przegląd linii wyżarzania ciągłego w walcowni zimnej SSAB Borlänge (Szwecja) .....	333
Rysunek 3.59: Schemat oczyszczania gazów odlotowych z linii ciągłego wyżarzania w walcowni zimnej SSAB Borlänge (Szwecja) przy użyciu SCR. ....	333
Rysunek 3.60: Stężenia emisji NO <sub>x</sub> w walcowni zimnej SSAB Borlänge (Szwecja) przed i po zastosowaniu systemu redukcji emisji SCR .....	334
Rysunek 3.61: Skuteczność redukcji emisji systemu SCR (%), zużycie amoniaku wyrażone w kg/h i natężenie przepływu spalin wyrażone w kNm <sup>3</sup> /h w walcowni zimnej SSAB Borlänge (Szwecja) .....	335
Rysunek 4.1: Produkcja niskowęglowego drutu ocynkowanego. ....	350
Rysunek 4.2: Produkcja wysokowęglowego drutu ocynkowanego.....	350
Rysunek 4.3: Bilans wejścia/wyjścia dla ciągarni drutu.....	356
Rysunek 4.4: Jednostkowe zużycie energii (MJ/t przepustowości procesu) dla ciągnięcia drutu .....	362
Rysunek 4.5: Jednostkowe zużycie wody (m <sup>3</sup> /t produkcji) w ciągowniach drutu .....	363
Rysunek 4.6: Emisja pyłów z ciągnięcia drutu (ciągnięcie na mokro i na sucho).....	364
Rysunek 4.7: Emisje pyłów z ogrzewania materiału wsadowego .....	365
Rysunek 4.8: Emisje SO <sub>2</sub> z ogrzewania materiału wsadowego .....	366
Rysunek 4.9: Emisje NO <sub>x</sub> i CO z ogrzewania materiału wsadowego .....	367
Rysunek 4.10: Emisje HCl z wytrawiania walcówki (w mg/Nm <sup>3</sup> ) w ciągowniach drutu .....	368
Rysunek 5.1: Ogólna struktura linii do powlekania ogniowego, przeznaczonej do przetwarzania taśm stalowych walcowanych na gorąco, połączonej z sekcją wytrawiania.....	390
Rysunek 5.2: Układy linii odtłuszczania.....	390
Rys. 5.3: Ogólna struktura linii do powlekania ogniowego wyposażonej w piec z bezpośrednim płomieniem do obróbki taśm walcowanych na gorąco i taśm walcowanych na zimno.....	392
Rys. 5.4: Ogólna struktura linii do powlekania ogniowego wyposażonej w sekcję odtłuszczania oraz piec promiennikowy do obróbki taśm typowo walcowanych na zimno.....	392
Rysunek 5.5: Szczegół systemu trzech rolek stosowanych w ciągłych kąpielach do nogniowych. ....	393
Rysunek 5.6: Schemat sekcji powlekania linii cynkowania z przeżarzaniem.....	394
Rysunek 5.7: Typowa konfiguracja obiegu chłodzenia z chłodniami kominowymi .....	398
Rysunek 5.8: Układ wody chłodzącej z wymiennikami ciepła .....	399

Rysunek 5.9: Proces powlekania aluminium .....	401
Rysunek 5.10: Bilans wejścia/wyjścia dla ciągłych linii powlekania ogniowego (blachy).....	403
Rysunek 5.11: Jednostkowe zużycie energii (MJ/t wydajności procesu) dla ogrzewania materiału wsadowego przed powlekaniami ogniowymi blach i drutu .....	405
Rysunek 5.12: Zużycie oleju (kg/t produkcji) w zakładach powlekania blach i drutu metodą ogniową .....	407
Rysunek 5.13: Jednostkowe zużycie wody (m <sup>3</sup> /t produkcji) w zakładach ogniowego powlekania blach i drutu.....	408
Rysunek 5.14: Korelacja pomiędzy temperaturą wstępnego podgrzewania powietrza, mocą palnika i emisjami NO <sub>x</sub> zmierzonymi w pilotażowej instalacji z promiennikami rurowymi eksploatowanej przez ArcelorMittal (Asturia, Hiszpania) .....	410
Rysunek 5.15: Emisje pyłu z ogrzewania materiału wsadowego (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu) .....	412
Rysunek 5.16: Emisje SO <sub>2</sub> z ogrzewania materiału wsadowego dla arkusza blachy (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu).....	413
Rysunek 5.17: Emisje NO <sub>x</sub> i CO z ogrzewania surowców dla blachy i drutu (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3 % tlenu) .....	414
Rysunek 5.18: Emisje NO <sub>x</sub> i CO z ogrzewania materiału wsadowego w przypadku blach i drutu bez wstępnego podgrzewania powietrza (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3 % tlenu) .....	415
Rysunek 5.19: Emisje NO <sub>x</sub> i CO z ogrzewania materiału wsadowego dla blachy i drutu przy temperaturze wstępnego podgrzewania powietrza, temperaturze wlotu materiału wsadowego i temperaturze docelowej (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3 % tlenu) .....	416
Rysunek 5.20: Emisje CO z ogrzewania materiału wsadowego w przypadku blach i drutu (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu) .....	417
Rysunek 5.21: Emisje TVOC z odfłuszczenia blachy .....	418
Rysunek 5.22: Przykład systemu recyklingu roztworu odfłuszczonego.....	422
Rysunek 5.23: Schemat pieca z bezpośrednim płomieniem .....	423
Rysunek 5.24: Sekcja chemicznej obróbki wstępnej dla linii powlekania blach metodą ogniową (przykład)	425
Rysunek 5.25: Schemat sekcji powlekania linii do cynkowania ogniowego z siłownikami noży powietrznych i czujnikiem masy powłoki .....	427
Rysunek 5.26: Schemat stabilizatora elektromagnetycznego.....	429
Rysunek 5.27: Schemat instalacji do cynkowania z przeżarzaniem wyposażonej w ogrzewanie indukcyjne.....	431
Rysunek 5.28: Schemat pieca indukcyjnego do cynkowania z przeżarzaniem .....	431
Rysunek 5.29: Powlekarka rolkowa.....	438
Rysunek 5.30: Schemat urządzenia do powlekania próżniowego techniką JVD do powlekania cynkiem ruchomej taśmy stalowej.....	447
Rysunek 6.1: Przebieg procesu w typowej ocynkowni.....	452
Rysunek 6.2: Zasada cynkowania rur .....	452

Rysunek 6.3: Arkusz przepływu materiałów w cynkowniach ogólnych .....	459
Rysunek 6.4: Jednostkowe zużycie energii (kWh/t przetwarzanego surowca) w cynkowaniu nieciągłym.....	468
Rysunek 6.5: Jednostkowe zużycie energii (kWh/t przetwarzanego surowca) w cynkowaniu nieciągłym z uwzględnieniem rocznej przepustowości produkcji (produkcja/objętość kąpieli zanurzeniowej) .....	469
Rysunek 6.6: Jednostkowe zużycie energii (kWh/t przetwarzanego surowca) na ogrzewanie kotła do cynkowania partiami.....	470
Rysunek 6.7: Jednostkowe zużycie (kg/t powlekanej stali) kwaśnych roztworów odtłuszczających w cynkowniach nieciągłych.....	471
Rysunek 6.8: Specyficzne zużycie (kg/t powlekanej stali) alkalicznych roztworów odtłuszczających w cynkowniach nieciągłych.....	472
Rysunek 6.9: Jednostkowe zużycie HCl (kg/t powlekanej stali) w procesie trawienia w cynkowniach nieciągłych .....	474
Rysunek 6.10: Specyficzne zużycie inhibitorów trawienia (kg/t stali pokrytej) w trawieniu w cynkowniach nieciągłych.....	475
Rysunek 6.11: Specyficzne zużycie topników (kg/t stali powlekanej) w trawieniu w cynkowniach nieciągłych	476
Rysunek 6.12: Emisja NO <sub>x</sub> i CO z ogrzewania kotła do cynkowania (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3% tlenu) .....	477
Rysunek 6.13: Emisja NO <sub>x</sub> i CO z suszenia materiału wsadowego (w mg/Nm <sup>3</sup> przy 3 % tlenu) .....	478
Rysunek 6.14: Emisja HCl z trawienia (w mg/Nm <sup>3</sup> ) w cynkowniach nieciągłych.....	479
Rysunek 6.15: Emisja pyłu z cynkowania ogniowego (w mg/Nm <sup>3</sup> ) w cynkowniach nieciągłych.....	480
Rysunek 6.16: Emisja pyłów z zanurzania na gorąco (w mg/Nm <sup>3</sup> ) w cynkowniach nieciągłych z zastosowaniem strumienia niskopieniowego .....	481
Rysunek 6.17: Wytwarzanie specyficzne zużytego alkalicznego roztworu odtłuszczającego (w kg/t) .....	482
Rysunek 6.18: Wytwarzanie jednostkowe zużytego kwaśnego roztworu odtłuszczającego (w kg/t) .....	483
Rysunek 6.19: Specyficzne wytwarzanie oleistych osadów z roztworu odtłuszczającego (w kg/t) .....	484
Rysunek 6.20: Wytwarzanie specyficzne zużytego HCl z trawienia i usuwania powłok (w kg/t).....	485
Rysunek 6.21: Wytwarzanie specyficzne zużytego topnika (w kg/t) .....	486
Rysunek 6.22: Wytwarzanie jednostkowe kożucha dolnego (w kg/t) .....	487
Rysunek 6.23: Wytwarzanie jednostkowe popiołu cynkowego (w kg/t) .....	488
Rysunek 6.24: Schemat technologiczny odtłuszczania biologicznego.....	491
Rysunek 6.25: Przykładowy schemat technologiczny instalacji wyparkowego odzysku HCl dla ocynkowni. 493	
Rysunek 6.26: Bilans masy przy odzysku przez odparowanie (przykład).....	493
Rysunek 6.27: Schemat procesu usuwania cynku z kąpieli trawiących.....	495

Rysunek 6.28: Schemat procesu ekstrakcji rozpuszczalnikiem .....	498
Rysunek 6.29: Krzywa graniczna dla pracy otwartych kąpeli trawiących w HCl.....	501
Rysunek 6.30: Systemy odciągowe (wyciągi szczękowe i boczne) stosowane w otwartych zbiornikach trawiących .....	503
Rysunek 6.31: Schemat zamkniętej sekcji obróbki wstępnej w cynkowaniu okresowym .....	504
Rysunek 7.1: Emisje pyłu z odzysku kwasu (w mg/Nm <sup>3</sup> ) .....	513
Rysunek 7.2: Emisje HCl z odzysku kwasu (w mg/Nm <sup>3</sup> ).....	514
Rysunek 7.3: Emisje SO <sub>2</sub> z odzysku kwasu (w mg/Nm <sup>3</sup> ).....	515
Rysunek 7.4: Emisje NO <sub>x</sub> z odzysku kwasu (w mg/Nm <sup>3</sup> ) .....	516
Rysunek 7.5: Emisje HF z odzysku kwasu (w mg/Nm <sup>3</sup> ).....	517
Rysunek 7.6: Emisje kadmu (w µg/l) dla zrzutów bezpośrednich .....	523
Rysunek 7.7: Emisje kadmu (w µg/l) dla zrzutów pośrednich.....	524
Rysunek 7.8: Emisje ChZT (w µg/l) dla zrzutów bezpośrednich .....	525
Rysunek 7.9: Emisje ChZT (w µg/l) dla zrzutów pośrednich .....	526
Rysunek 7.10: Emisje chromu (w µg/l) dla zrzutów bezpośrednich .....	527
Rysunek 7.11: Emisje chromu (w µg/l) dla zrzutów bezpośrednich (wg. rodzaju stali) .....	528
Rysunek 7.12: Emisje chromu (w µg/l) dla zrzutów pośrednich .....	529
Rysunek 7.13: Emisje chromu (w µg/l) dla zrzutów pośrednich (wg. rodzaju stali).....	530
Rysunek 7.14: Emisje VI (w µg/l) dla zrzutów bezpośrednich.....	531
Rysunek 7.15: Emisje VI (w µg/l) dla zrzutów pośrednich .....	532
Rysunek 7.16: Emisje fluoru (w mg/l) dla zrzutów bezpośrednich .....	533
Rysunek 7.17: Emisje fluoru (w mg/l) dla zrzutów pośrednich .....	534
Rysunek 7.18: Emisje żelaza (w mg/l) dla zrzutów bezpośrednich .....	535
Rysunek 7.19: Emisje żelaza (w mg/l) dla zrzutów pośrednich.....	536
Rysunek 7.20: Emisje rtęci (w µg/l) dla zrzutów bezpośrednich.....	537
Rysunek 7.21: Emisje rtęci (w µg/l) dla zrzutów pośrednich .....	538
Rysunek 7.22: Emisje wskaźnika oleju węglowodorowego (w mg/l) dla zrzutów bezpośrednich.....	539
Rysunek 7.23: Emisje wskaźnika oleju węglowodorowego (w mg/l) dla zrzutów pośrednich .....	540
Rysunek 7.24: Emisje niklu (w mg/l) dla zrzutów bezpośrednich .....	541
Rysunek 7.25: Emisje niklu (w mg/l) dla zrzutów bezpośrednich (wg. rodzaju stali) .....	542



Rysunek 7.26:	Emisje niklu (w mg/l) dla zrzutów pośrednich .....	543
Rysunek 7.27:	Emisje niklu (w mg/l) dla zrzutów pośrednich (wg. rodzaju stali) .....	544
Rysunek 7.28:	Emisje oleju (w mg/l) dla zrzutów bezpośrednich .....	545
Rysunek 7.29:	Emisje oleju (w mg/l) dla zrzutów pośrednich.....	546
Rysunek 7.30:	Emisje fosforu (w mg/l) dla zrzutów bezpośrednich .....	547
Rysunek 7.31:	Emisje fosforu (w mg/l) dla zrzutów pośrednich .....	548
Rysunek 7.32:	Emisje ołowiu (w $\mu\text{g/l}$ ) dla zrzutów bezpośrednich .....	549
Rysunek 7.33:	Emisje ołowiu (w $\mu\text{g/l}$ ) dla zrzutów pośrednich.....	550
Rysunek 7.34:	Emisje cyny (w mg/l) w przypadku zrzutów bezpośrednich .....	551
Rysunek 7.35:	Emisje cyny (w mg/l) w przypadku zrzutów pośrednich.....	552
Rysunek 7.36:	Emisje zawiesin (w mg/l) dla zrzutów bezpośrednich .....	553
Rysunek 7.37:	Emisje zawiesin (w mg/l) dla zrzutów pośrednich .....	554
Rysunek 7.38:	Emisje TOC (w mg/l) w przypadku zrzutów bezpośrednich.....	555
Rysunek 7.39:	Emisje TOC (w mg/l) w przypadku zrzutów pośrednich .....	556
Rysunek 7.40:	Całkowita emisja zawiesin (w mg/l) dla zrzutów bezpośrednich .....	557
Rysunek 7.41:	Całkowita emisja zawiesin (w mg/l) dla zrzutów pośrednich .....	558
Rysunek 7.42:	Emisje cynku (w mg/l) w przypadku zrzutów bezpośrednich .....	559
Rysunek 7.43:	Emisje cynku (w mg/l) w przypadku zrzutów pośrednich .....	560
Rysunek 8.1:	Ciągłe doskonalenie w modelu EMS .....	562
Rysunek 8.2:	Wspornik cewki wyłożony gumą odpowiadającą geometrii cewki.....	573
Rysunek 8.3:	Podpora węzownicy z wannami ociekowymi oleju .....	573
Rysunek 8.4:	Kleszcz zwojowy z osłoną.....	574
Rysunek 8.5:	Magnes z hakiem C do podnoszenia cewek.....	574
Rysunek 8.6:	Zwijarka z trzpieniami do manipulacji i transportu kręgów.....	575
Rysunek 8.7:	Reakcje chemiczne zachodzące w procesie 100-procentowego wyżarzania wodoru metodą Bella. .....	588
Rysunek 8.8:	Zasada podgrzewania płyt gazem odlotowym.....	593
Rysunek 8.9:	Potencjalne oszczędności paliwa przy wstępnie podgrzanym powietrzu do spalania .....	596
Rysunek 8.10:	Schemat układu palnika regeneracyjnego .....	597
Rysunek 8.11:	Schemat palnika samorekuperacyjnego .....	598

Rysunek 8.12: Typowe rekuperatory gazu odlotowego.....	598
Rysunek 8.13: Typowy rekuperator kompaktowy .....	599
Rysunek 8.14: Schemat systemu palnika regeneracyjnego w promiennikach.....	600
Rysunek 8.15: Typowy palnik rekuperacyjny w promiennikach .....	601
Rysunek 8.16: Podstawowy schemat kotła do odzysku ciepła odpadowego.....	602
Rysunek 8.17: Przykładowy schemat przepływu ceramicznej filtracji roztworu odtłuszczającego .....	607
Rysunek 8.18: Zasada działania wymienników ciepła .....	609
Rysunek 8.19: Zasada spalania zanurzeniowego .....	610
Rysunek 8.20: Różne typy zbiorników do wytrawiania.....	618
Rysunek 8.21: Schemat trawienia aktywowanego.....	621
Rysunek 8.22: Instalacja płukania kaskadowego w ocynkowni .....	624
Rysunek 8.23: Schemat regeneracji roztworu z topnikiem.....	626
Rysunek 8.24: Schemat procesu utleniania elektrolitycznego.....	627
Rysunek 8.25: Proces krystalizacji z chłodzeniem próżniowym dla H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . .....	635
Rysunek 8.26: Odzysk kwasu przez odparowanie .....	636
Rysunek 8.27: Zasada dializy dyfuzyjnej .....	637
Rysunek 8.28: Proces regeneracji kwasu HCl w złożu fluidalnym .....	639
Rysunek 8.29: Proces regeneracji kwasu HCl metodą prażenia rozpyłowego .....	640
Rysunek 8.30: Schemat przepływu procesu produkcji tlenków o wysokiej czystości .....	641
Rysunek 8.31: Proces regeneracji kwasów mieszanych metodą prażenia natryskowego. ....	642
Rysunek 8.32: Zasada rozdzielania soli przez membrany bipolarne .....	643
Rysunek 8.33: Proces odparowania przy regeneracji kwasów mieszanych .....	645
Rysunek 8.34: Systemy płukania .....	655
Rysunek 8.35: Schemat palnika o niskiej emisji NO <sub>x</sub> z wewnętrzną recyrkulacją spalin .....	668
Rysunek 8.36: Schemat przykładowego palnika o niskiej emisji NO <sub>x</sub> ze stopniowanym dopływem powietrza .	669
Rysunek 8.37: Schemat palnika wyposażonego w FGR.....	672
Rysunek 8.38: Wpływ recyrkulacji spalin na emisję NO <sub>x</sub> .....	672
Rysunek 8.39: Przykład stosunku emisji NO <sub>x</sub> a temperatury wstępnego nagrzewania powietrza dla pieca pokrocznego opalanego gazem ziemnym .....	675
Rysunek 8.40:     przykład stosunku emisji NO <sub>x</sub> temperatury wstępnego nagrzewania powietrza dla pieca	

dogrzewania zasilanego głównie COG .....	675
Rysunek 8.41: przykład stosunku emisji NO <sub>x</sub> temperatury wstępnego nagrzewania powietrza dla pieca dogrzewania zasilanego COG .....	676
Rysunek 8.42: Zasady projektowania zamkniętych zbiorników do wytrawiania .....	682
Rysunek 8.43: Zasada działania płuczek z wypełniaczem .....	684
Rysunek 8.44: Zasada działania płuczek o przepływie prostopadłym.....	686
Rysunek 8.45: Zasady budowy płuczek płytowych.....	686
Rysunek 8.46: Zasada działania filtra oparów .....	688
Rysunek 8.47: Schemat wtryskiwania H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> do obiegu recyrkulacji roztworu trawiącego .....	694
Rysunek 8.48: Schemat wtryskiwania do wanny trawialniczej H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> poprzez rurę rozpryskującą .....	695
Rysunek 8.49: Obustronny wyciąg zewnętrzny z wyposażeniem pomocniczym .....	705
Rysunek 8.50: Wyciąg wargowy w cynkowni prowadzącej cynkowanie ogniowe jednostkowe (zanurzeniowe) .....	706
Rysunek 8.51: Obudowa stacjonarna .....	708
Rysunek 8.52: Obudowa ruchoma ze ścianami bocznymi poruszającymi się w pionie .....	709
Rysunek 8.53: Zasada działania ultrafiltracji .....	722
Rysunek 8.54: Przepływ zużytego roztworu odtłuszczającego (przykład linii wyżarzania ciągłego).....	723
Rysunek 8.55: Schemat pieca obrotowego do obróbki cieplnej zaolejonej zgorzeliny walcowniczej .....	728
Rysunek 8.56: Zdjęcie pieca obrotowego do obróbki cieplnej zaolejonej zgorzeliny walcowniczej w zakładzie ArcelorMittal .....	729
Rysunek 8.57: Obróbka cieplna (tj. kalcynacja i spiekanie) szlamu wodorotlenkowego uzyskanego w efekcie neutralizacji zużytych kwasów. ....	734

## Spis tabel

Tabela 2.1:	Produkcja wyrobów płaskich w Europie w 2019 r. ....	44
Tabela 2.2:	Produkcja wyrobów długich w Europie w 2019 r. ....	45
Tabela 2.3:	Liczba i zdolność nominalna (wyrażona w t/h) walcowni gorących działających w UE-27 i Zjednoczonym Królestwie w 2021 r. ....	48
Tabela 2.4:	Produkcja rur stalowych, liczba zakładów i pracowników ....	49
Tabela 2.5:	Liczba i wielkość zakładów produkujących rury w 1994 r. ....	50
Tabela 2.6:	Zakresy jednostkowego zużycia energii przy dogrzewaniu wsadu ....	82
Tabela 2.7:	Zakresy jednostkowego zużycia energii dla dogrzewania wsadu ....	83
Tabela 2.8:	Zakresy jednostkowego zużycia energii dla walcowania na gorąco wraz z obróbką wstępną i wykańczającą ....	83
Tabela 2.9:	Zakresy jednostkowego zużycia oleju przy walcowaniu na gorąco ....	88
Tabela 2.10:	Zakresy zużycia kwasów właściwych dla instalacji HRPO ....	91
Tabela 2.11:	Zakresy emisji NOx do powietrza z ogrzewania surowców dla wyrobów płaskich, z i bez wstępnego podgrzewania powietrza ....	104
Tabela 2.12:	Wytwarzanie specyficzne pyłu z filtrów (w kg/t) ....	132
Tabela 2.13:	Informacje dla każdej techniki ....	136
Tabela 2.14:	Osiągalne poziomy emisji dla emisji pyłów z operacji oczyszczania płomieniowego ....	141
Tabela 2.15:	Porównanie ilości oczyszczania płomieniowego z i bez CAQC ....	144
Tabela 2.16:	Typowo osiągalne redukcje dla systemów regeneracyjnych ....	151
Tabela 2.17:	Typowo osiągalne redukcje i dane dotyczące kosztów dla rekuperatorów i palników rekuperacyjnych ....	152
Tabela 2.18:	Zużycie energii i stężenia emisji NOx (średnia dzienna) ....	163
Tabela 2.19:	Zakres emisji NOx w piecach grzewczych wyposażonych w palniki o niskiej i bardzo niskiej emisji NOx	164
Tabela 2.20:	Typowo osiągalne redukcje i dane dotyczące kosztów dla wyparkowego chłodzenia pieca. ..	175
Tabela 2.21:	Wpływ ładowania na gorąco na zużycie paliwa i czas pobytu ....	179
Tabela 2.22:	Zakłady odlewania cienkich płyt w UE działające w 2020 r. ....	185
Tabela 2.23:	Typowa redukcja emisji niezorganizowanych poprzez zraszanie wodą ....	203
Tabela 2.24:	Przykład osiągniętych poziomów emisji dla napowietrzanych łapaczy drobnych kamieni ....	217
Tabela 2.25:	Stężenie zanieczyszczeń w obiegu wody ....	219

Tabela 2.26: Stężenie ścieków z oczyszczania wody z płukania wstecznego .....	220
Tabela 2.27: Redukcja zanieczyszczeń dla kilku rodzajów oczyszczania ścieków .....	221
Tabela 3.1:Produkcja blach i taśm CR w 2019 r. ....	228
Tabela 3.2: Liczba i wydajność nominalna walcowni CR w UE (walcownie nawrotowe/tandemowe) .....	228
Tabela 3.3: Zakresy jednostkowego zużycia energii dla procesów walcowania. ....	253
Tabela 3.4: Zakresy zużycia kwasu właściwego w liniach do walcowania na zimno .....	261
Tabela 3.5: Zakresy emisji NOx do powietrza z ogrzewania materiału wsadowego w wyżarzaniu bez podgrzewania powietrza i z podgrzewaniem powietrza.....	269
Tabela 3.6: Wytwarzanie właściwe pozostałości zawierających olej .....	295
Tabela 3.7: Specyficzne wytwarzanie pozostałości wagowych .....	295
Tabela 3.8: Specyficzne wytwarzanie złomu stalowego.....	295
Tabela 3.9: Dane operacyjne dla systemu odpylania na sucho zainstalowanego w odkraplaczach (walcownia zimna Voestalpine) .....	299
Tabela 3.10: Zużycie, poziomy emisji i produkcja materiałów dla prażenia natryskowego HCl .....	300
Tabela 3.11: Emisje do powietrza z prażenia natryskowego HCl (połączone dane z zakładów walcowania na zimno i na gorąco).....	301
Tabela 3.12: Emisje do powietrza z zakładów odzysku HCl wykorzystujących reaktor ze złożem fluidalnym 302	
Tabela 3.13: Zużycie i wydajność dla krystalizacji próżniowej H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	305
Tabela 3.14: Emisje do powietrza z rekrystalizacji próżniowej H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	305
Tabela 3.15: Zużycie i wielkość emisji przy regeneracji kwasów mieszanych metodą prażenia natryskowego.. .....	307
Tabela 3.16: Emisje NOx do powietrza z zakładów odzysku kwasów mieszanych przy użyciu prażenia natryskowego .....	307
Tabela 3.17: Poziomy zużycia i emisji dla odzysku kwasów mieszanych metodą wymiany jonowej.....	308
Tabela 3.18: Zużycie i poziomy emisji dla odzysku kwasu mieszanego przez odparowanie .....	310
Tabela 3.19: Emisje do powietrza z zakładów odzysku kwasów mieszanych z zastosowaniem odzysku przez odparowanie .....	311
Tabela 3.20: Stężenia zanieczyszczeń w zakładach walcowania na zimno stosujących neutralizację, a następnie sedymentację do oczyszczania kwaśnych ścieków. ....	312
Tabela 3.21: Dane operacyjne dla elektrolitycznego rozszczepiania emulsji.....	325
Tabela 3.22: Stężenia emisji TVOC w walcarkach tandem i posobnych .....	327
Tabela 3.23: Stężenia emisji NOx i CO w piecach do wyżarzania wsadowego.....	331

Tabela 3.24: Stężenia emisji NOx i CO w piecach do ciągłego wyżarzania.....	331
Tabela 4.1: Przemysł ciągnięcia drutu w Europie.....	348
Tabela 4.2: Szczególne wytwarzanie pozostałości w ciągowniach drutu .....	360
Tabela 5.1: Produkcja blach powlekanych ogniowo w Europie w 2021 r.....	387
Tabela 5.2: Główne powłoki ogniowe dla blach stalowych.....	388
Tabela 5.3: Wytwarzanie kożucha cynkowego.....	419
Tabela 6.1: Rozmieszczenie ocynkowni nieciągłych w Europie i wielkość produkcji.....	449
Tabela 6.2: Segmentacja rynku stali ocynkowanej w 2019 r. ....	450
Tabela 6.3: Zakresy składu zużytych kąpielii trawiących .....	465
Tabela 6.4: Zakres składu zużytych kąpielii do usuwania powłok .....	466
Tabela 6.5: Stężenia emisji HCl z galwanizerni wsadowych wyposażonych w odciąg powietrza jak najbliżej źródła (odciąg wargowy i boczny kapturowy) oraz abatement (skruber).....	503
Tabela 6.6: Emisje HCl z galwanizerni wsadowych wyposażonych w zamkniętą sekcję obróbki wstępnej i redukcji (płuczka mokra).....	505
Tabela 6.7: Wytrawialnie BG (nowe lub istniejące po doposażeniu) wyposażone w zamkniętą instalację do obróbki wstępnej i oczyszczania. ....	506
Tabela 7.1: Bezpośrednie emisje do wody z zakładów walcowania na gorąco (HR), walcowania na zimno (CR), ciągnięcia drutu (WD), powlekania na gorąco (HDC) oraz ze wspólnych oczyszczalni ścieków .....	519
Tabela 7.2: Pośrednie emisje do wody z zakładów walcowania na gorąco (HR), walcowania na zimno (CR), ciągnięcia drutu (WD), powlekania na gorąco (HDC) oraz ze wspólnych oczyszczalni ścieków .....	520
Tabela 8.1: Typowo osiągalne redukcje i dane dotyczące kosztów dla automatyki pieca.....	586
Tabela 8.2: Wskaźnik produktywności, zużycie energii i gazu oraz dane dotyczące emisji NOx w piecach do wyżarzania w SSAB Borlänge (HN i HPH).....	589
Tabela 8.3: Dane operacyjne kotła do odzysku ciepła odpadowego w zakładzie referencyjnym Voestalpine Stahl GmbH (walcownia taśm gorących).....	602
Tabela 8.4: Dane operacyjne i dane dotyczące ścieków w przypadku czyszczenia kąpielii odtłuszczającej za pomocą ultrafiltracji.....	607
Tabela 8.5: Poziomy emisji pyłu osiągane w jednostkach śrutowania z zastosowaniem filtrów tkaninowych (mechaniczne usuwanie zgorzeliny przed wytrawianiem).....	612
Tabela 8.6: Dane operacyjne procesu regeneracji strumienia w Galva 45 (Francja) .....	629
Tabela 8.7: Przegląd procesów regeneracji i rekultywacji.....	646
Tabela 8.8: Porównanie poziomów zużycia wody dla różnych systemów płukania.....	656
Tabela 8.9: Zużycie i poziomy emisji dla systemu wody chłodzącej w młynie tandemowym.....	659
Tabela 8.10: Obliczony procentowy wzrost zużycia paliwa z powodu zmniejszonego wstępnego nagrzewania	

powietrza .....	674
Tabela 8.11: Stężenia emisji HF z wytrawiania.....	680
Tabela 8.12: Stężenie emisji HCl z wytrawiania ciągłego .....	682
Tabela 8.13: Emisje pyłów, HCL, HF i SOx z wytrawialni wyposażonych w systemy usuwania gazów kwaśnych (płuczka mokra / demister) .....	689
Tabela 8.14: Emisje z zespołów urządzeń ciągnięcia drutu (tj. wytrawiania drutu z zastosowaniem HCl) wyposażonych w systemy usuwania gazu kwaśnego (płuczka mokra / demister) .....	690
Tabela 8.15: Szacunkowe koszty oczyszczania na mokro w przeciwnie w płuczkach z wypełniaczem ..	690
Tabela 8.16: Poziomy emisji uzyskiwane w drodze wtryskiwania H2O2.....	696
Tabela 8.17: Emisje NOx z z zespołów urządzeń do wytrawiania mieszaniną kwasów z zastosowaniem SCR do kontroli emisji .....	699
Tabela 8.18: Porównanie różnych metod zmniejszania NOx w procesie wytrawiania mieszaniną kwasów.	701
Tabela 8.19: Porównanie emisji tradycyjnego topnika i topnika o niskiej emisji .....	703
Tabela 8.20: Przykładowe emisje z wanny cynkowniczej.....	706
Tabela 8.21: Emisje pyłu z cynkowni wyposażonych w wyciąg wargowy i filtry tkaninowe (proces zbierania danych dotyczących FMP).....	707
Tabela 8.22: Stężenia emisji różnych substancji z cynkowni prowadzącej proces cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego) (Verzinkerei Rhein-Main GmbH).....	709
Tabela 8.23: Emisja pyłów z cynkowni w ramach procesu zbierania danych dotyczących FMP, gdzie emisje z wanien cynkowniczych są wychwytywane przez osłony z wyciągiem powietrza i oczyszczane za pomocą filtrów tkaninowych (proces zbierania danych dotyczących FMP).....	711
Tabela 8.24: Dane operacyjne i dotyczące odcieków z oczyszczania ścieków alkalicznych .....	723
Tabela 9.1: Poziomy efektywności środowiskowej powiązane z BAT (BAT-AEPL) w odniesieniu do jednostkowego zużycia energii związanego z nagrzewaniem wsadu w procesie walcowania na gorąco .....	760
Tabela 9.2: Poziom efektywności środowiskowej powiązany z BAT (BAT-AEPL) w odniesieniu do jednostkowego zużycia energii związanego z wyżarzaniem po walcowaniu na zimno .....	760
Tabela 9.3: Poziom efektywności środowiskowej powiązany z BAT (BAT-AEPL) w odniesieniu do jednostkowego zużycia energii związanego z nagrzewaniem wsadu przed cynkowaniem ogniowym .....	760
Tabela 9.4: Poziom efektywności środowiskowej powiązany z BAT (BAT-AEPL) w odniesieniu do jednostkowego zużycia energii związanego z cynkowaniem ogniowym jednostkowym (zanurzeniowym) .....	760
Tabela 9.5: Poziom efektywności środowiskowej powiązany z BAT (BAT-AEPL) w odniesieniu do jednostkowego zużycia kwasu trawiącego przy cynkowaniu ogniowym jednostkowym (zanurzeniowym) .....	764
Tabela 9.6: Poziomy efektywności środowiskowej powiązane z BAT (BAT-AEPL) w odniesieniu do jednostkowego zużycia wody.....	767
Tabela 9.7: Poziomy emisji powiązane z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji pyłu do powietrza pochodzących z nagrzewania wsadu .....	768

Tabela 9.8: Poziomy emisji powiązane z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji SO <sub>2</sub> do powietrza pochodzących z nagrzewania wsadu .....	768
Tabela 9.9: Poziomy emisji powiązane z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji NO <sub>x</sub> do powietrza i wskaźnikowe poziomy emisji w odniesieniu do zorganizowanych emisji CO do powietrza pochodzących z nagrzewania wsadu w procesie walcowania na gorąco .....	770
Tabela 9.10: Poziomy emisji powiązane z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji NO <sub>x</sub> do powietrza i wskaźnikowe poziomy emisji w odniesieniu do zorganizowanych emisji CO do powietrza pochodzących z nagrzewania wsadu w procesie walcowania na zimno.....	771
Tabela 9.11: Poziom emisji powiązany z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji NO <sub>x</sub> do powietrza i wskaźnikowy poziom emisji w odniesieniu do zorganizowanych emisji CO do powietrza z nagrzewania wsadu przy ciągnięciu drutu.....	771
Tabela 9.12: Poziom emisji powiązany z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji NO <sub>x</sub> do powietrza i wskaźnikowy poziom emisji w odniesieniu do zorganizowanych emisji CO do powietrza pochodzących z nagrzewania wsadu w procesie cynkowania ogniowego.....	772
Tabela 9.13: Poziom emisji powiązany z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji NO <sub>x</sub> do powietrza i wskaźnikowy poziom emisji w odniesieniu do zorganizowanych emisji CO do powietrza z nagrzewania wanny cynkowniczej przy cynkowaniu ogniowym jednostkowym (zanurzeniowym) .....	772
Tabela 9.14: Poziomy emisji powiązane z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji HCl, HF i SO <sub>x</sub> do powietrza pochodzących z wytrawiania w procesie walcowania na gorąco, walcowania na zimno i cynkowania ogniowego.....	773
Tabela 9.15: Poziom emisji powiązany z BAT (BAT-AEL) dla zorganizowanych emisji HCl i SO <sub>x</sub> do powietrza pochodzących z wytrawiania kwasem chlorowodorowym lub siarkowym w procesie ciągnięcia drutu .....	773
Tabela 9.16: Poziom emisji powiązany z BAT (BAT-AEL) dla zorganizowanych emisji NO <sub>x</sub> do powietrza pochodzących z wytrawiania kwasem azotowym (samym lub w połączeniu z innymi kwasami) w procesie walcowania na gorąco i na zimno .....	774
Tabela 9.17: Poziom emisji powiązany z BAT (BAT-AEL) dla zorganizowanych emisji pyłów do powietrza pochodzących z cynkowania ogniowego po topnikowaniu w procesie cynkowania ogniowego i cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego) .....	775
Tabela 9.18: Poziomy emisji powiązane z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji pyłu, HCl, SO <sub>2</sub> i NO <sub>x</sub> do powietrza pochodzących z odzysku zużytego kwasu chlorowodorowego poprzez prażenie natryskowe lub zastosowanie reaktorów ze złożem fluidalnym.....	777
Tabela 9.19: Poziomy emisji powiązane z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji pyłu, HF i NO <sub>x</sub> do powietrza pochodzących z odzysku kwasu mieszanego poprzez prażenie natryskowe lub odparowanie .....	777
Tabela 9.20: Poziomy emisji powiązane z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do bezpośrednich zrzutów do odbiornika wodnego .....	778
Tabela 9.21: Poziomy emisji powiązane z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do pośrednich zrzutów do odbiornika wodnego .....	779
Tabela 9.22: Poziomy efektywności środowiskowej powiązane z BAT (BAT-AEPL) w odniesieniu do jednostkowego zużycia energii w procesie walcowania .....	785
Tabela 9.23: Poziomy emisji powiązane z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji pyłu, ołowiu i niklu do powietrza pochodzących z obróbki mechanicznej (w tym cięcia wzdłużnego, usuwania zgorzeliny, szlifowania, przerobu wstępnego, walcowania, wykańczania, prostowania blach cienkich), oczyszczania	



płomieniowego (innego niż ręczne oczyszczanie płomieniowe) oraz spawania .....	786
Tabela 9.24: Poziomy efektywności środowiskowej powiązane z BAT (BAT-AEPL) w odniesieniu do jednostkowego zużycia energii w procesie walcowania .....	788
Tabela 9.25: Poziomy emisji powiązane z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji pyłu, niklu i ołowiu do powietrza pochodzących z rozwijania, mechanicznego wstępnego usuwania zgorzeliny, prostowania blach cienkich i spawania .....	789
Tabela 9.26: Poziom emisji powiązany z najlepszymi dostępnymi technikami (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji całkowitych LZO do powietrza pochodzących z walcowania, gniotu wygładzającego z zastosowaniem emulsji i wykańczania .....	790
Tabela 9.27: Poziomy emisji powiązane z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji pyłu i ołowiu do powietrza pochodzących z kąpeli ołowionych .....	791
Tabela 9.28: Poziom emisji powiązany z najlepszymi dostępnymi technikami (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji pyłu do powietrza z ciągnięcia na sucho .....	791
Tabela 9.29: Poziom emisji powiązany z BAT (BAT-AEL) dla zorganizowanych emisji HCl do powietrza pochodzących z wytrawiania i usuwania zużytych powłok przy użyciu kwasu chlorowodorowego w procesie cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego) .....	795
Tabela 10.1: Kluczowe kamienie milowe przeglądu dokumentu BREF dotyczącego przetwórstwa stali i stopów żelaza .....	799
Tabela 10.2: Zdania odrębne .....	802
Tabela 11.1: Informacje dotyczące zgłoszonego stosowania BAT w różnych sektorach FMP .....	823

## ZAKRES

Dokument BREF dla przemysłu przetwórstwa stali i stopów żelaza dotyczy następujących rodzajów działalności określonych w załączniku I do dyrektywy 2010/75/UE:

### 2.3 Przetwórstwo stali i stopów żelaza:

- (a) obsługa walcowni gorących o wydajności przekraczającej 20 ton surowej stali na godzinę;
- (c) nakładanie metalowych powłok ochronnych przy nakładzie przekraczającym 2 tony surowej stali na godzinę; obejmuje to powlekanie na gorąco i cynkowanie okresowe.

### 2.6 Obróbka powierzchniowa stali i stopów żelaza przy użyciu procesów elektrolitycznych lub chemicznych, gdzie objętość kadzi obróbkowych przekracza 30 m<sup>3</sup>, gdy jest prowadzona w procesie walcowania na zimno, ciągnięcia drutu lub cynkowania wsadowego.

### 6.11 Niezależnie prowadzone oczyszczanie ścieków nieobjętych dyrektywą 91/271/EWG, pod warunkiem, że główny ładunek zanieczyszczeń pochodzi z działalności objętej niniejszymi konkluzjami dotyczącymi BAT.

Niniejszy dokument obejmuje również:

- Walcowanie na zimno i ciągnięcie drutu, jeżeli jest bezpośrednio związane z walcowaniem na gorąco i/lub powlekaniami na gorąco.
- Odzyskiwanie kwasu, jeśli jest bezpośrednio związane z działalnością objętą niniejszymi konkluzjami dotyczącymi BAT.
- Połączone oczyszczanie ścieków różnego pochodzenia, pod warunkiem że oczyszczanie ścieków nie jest objęte dyrektywą 91/271/EWG i że główny ładunek zanieczyszczeń pochodzi z działalności objętej niniejszymi konkluzjami dotyczącymi BAT.
- Procesy spalania bezpośrednio związane z działalnością objętą niniejszymi konkluzjami dotyczącymi BAT, pod warunkiem że:
  1. gazowe produkty spalania są wprowadzane w bezpośredni kontakt z materiałem (jak np. bezpośrednie ogrzewanie lub bezpośrednie suszenie materiału wsadowego), lub
  2. ciepło promieniujące lub przewodzące jest przekazywane przez ścianę stałą (ogrzewanie pośrednie)
    - bez użycia pośredniczącego płynu do przenoszenia ciepła (dotyczy to również ogrzewania kotła galwanizacyjnego), lub
    - gdy gaz (np. H<sub>2</sub>) działa jako pośredniczący płyn wymiany ciepła w przypadku wyżarzania wsadowego.

Niniejszy dokument nie obejmuje:

- powlekania metali metodą natryskiwania cieplnego;
- galwanizacji i galwanizacji bezprądowej; może to być objęte konkluzjami dotyczącymi BAT w zakresie obróbki powierzchniowej metali i tworzyw sztucznych (STM).

Inne dokumenty referencyjne, które mogą być istotne dla działalności objętej niniejszym dokumentem BREF, obejmują:

- Produkcja żelaza i stali (IS);
- Duże instalacje spalania (LCP);
- Obróbka powierzchniowa metali i tworzyw sztucznych (STM);
- Obróbka powierzchniowa z wykorzystaniem rozpuszczalników organicznych (STS);
- Przetwarzanie odpadów (WT);
- Monitorowanie emisji do powietrza i wody z instalacji IED (ROM);
- Aspekty ekonomiczne i wzajemne oddziaływanie mediów (ECM);
- Emisje ze składowania (EFS);

- Efektywność energetyczna (ENE);
- Przemysłowe Systemy Chłodnicze (ICS).

# 1. OGÓLNE INFORMACJE O PRZEMYSŁE PRZETWÓRSTWA METALI ŻELAZNYCH

Część sektora przetwórstwa metali żelaznych zajmująca się obróbką plastyczną na gorąco i na zimno obejmuje różne metody produkcji, takie jak walcowanie na gorąco, walcowanie na zimno i ciągnięcie stali. Wytwarzana jest duża różnorodność półproduktów i wyrobów gotowych o różnych liniach produkcyjnych.

Literatura dotycząca sektora metali żelaznych wykorzystuje różne sposoby podziału i strukturyzacji sektora oraz dostarczania danych. Niektóre raporty rozróżniają w odniesieniu do procesu formowania: na gorąco - na zimno; lub w odniesieniu do kształtu produktu końcowego: płaski - długi.

Inne (np. NACE1) dzielą sektor na grupy: produkcja żelaza i stali (w tym większość wyrobów walcowanych na gorąco i na zimno, jak również taśmy powlekane ciągłe), produkcja rur stalowych oraz "inne wstępne przetwarzanie stali" (ciągnięcie na zimno, walcowanie na zimno wąskich taśm, ciągnięcie drutu itp.)

Zestawienie ogólnych informacji na temat sektora, danych statystycznych (wydajność, liczba/wielkość zakładów, dystrybucja itp.) oraz informacji gospodarczych jest trudne, ponieważ większość dostępnych źródeł danych stosuje różne podstawy i dzieli sektor w różny sposób, co uniemożliwia porównanie danych.

Aby przedstawić ogólne informacje na temat sektora formowania na gorąco i na zimno w niniejszym dokumencie BREF, wybrano zarys zgodny z wytwarzanymi produktami, jak pokazano na Rysunku 1.1.



Rysunek 1.1: Produkty formowane na gorąco i na zimno objęte niniejszym dokumentem BREF

Sektor obróbki metali żelaznych obejmuje również procesy, które nakładają powłoki z metali nieżelaznych, np. cynku, na produkty z metali żelaznych przedstawione na Rysunku 1.1. Powłoki te są często nakładane w sposób ciągły (często związany z produkcją wyrobu żelaznego), jak ma to miejsce w przypadku ciągłego powlekania blach zanurzeniem ogniowym oraz galwanizowania drutu. Wyroby z metali żelaznych lub gotowe elementy stalowe są również cynkowane w procesach wsadowych (cynkowanie wsadowe), zwykle jako operacja podwykonawcza, w ramach sektora cynkowania wsadowego.

## 2. WALCOWANIE NA GORĄCO

### 2.1 Ogólne informacje o walcowaniu na gorąco

#### 2.1.1 Wyroby płaskie walcowane na gorąco

W tabeli 2.1 przedstawiono dane produkcyjne dla poszczególnych wyrobów płaskich oraz dla całkowitej produkcji wyrobów płaskich w 2019 r. w Europie. Podano dane dla następujących wyrobów płaskich walcowanych na gorąco:

- **Płaskowniki szerokie:** płaskie wyroby walcowane na gorąco o szerokości powyżej 150 mm do 1 250 mm włącznie i o grubości z reguły powyżej 4 mm. Są one zawsze dostarczane w odcinkach, tzn. nie zwinięte. Szczególnym wymogiem jest, aby krawędzie były kwadratowe. Szerokie mieszkania są zwijane z czterech stron (lub w przejściach skrzyniowych).
- **Taśmy wąskie:** taśmy walcowane na gorąco o szerokości zazwyczaj do 600 mm, które bezpośrednio po ostatnim przejściu walcowania są zwijane w kręgi. Produkcja jest mierzona bezpośrednio po zakończeniu cyklu walcowania, tj. przed przycięciem lub rektyfikacją.
- **Taśmy szerokie:** taśmy walcowane na gorąco o szerokości zwykle powyżej 600 mm.
- **Blachy ciężkie:** blachy ciężkie produkowane w walcowniach blach grubych, np. blacha quarto.

Tabela 2.1: Produkcja wyrobów płaskich w Europie w 2019 r.

	Płaskowniki szerokie [tys. t]	Taśmy wąskie [tys. t]	Taśmy szerokie [tys. t]	Blachy ciężkie [tys. t]	Wyroby płaskie ogółem [tys. t]
Austria	0	0	4 593.2	678.7	5 271.9
Belgia	0	11.4	8 540.5	425.2	8 990.8
Bulgaria	0	0	0	242.1	242.1
Czechy	41.2	0	440.5	397.6	879.4
Dania	0	0	0	548.5	548.4
Finlandia	0	0	1 649.3	400.3	2 049.6
Francja	0	0	9 065.7	677.1	9 759.5
Niemcy	81.8	949.6	18 903.0	2 695.2	22 656.2
Grecja	0	0	0	0	0
Węgry	0	0	1 528.2	0.2	1 528.4
Włochy	167.2	0	8 874.7	1 934.6	11 005.5
Luksemburg	0	0	0	0	0
Holandia	0	0	6 111.8	0	6 129.2
Polska	0	0	2 590.6	164.8	2 755.5
Portugalia	0	0	0	0	0
Rumunia	0	0	1 332.2	660.0	1 992.2
Słowacja	0	0	3 413.0	0	3 412.9
Słowenia	0	0	106.9	237.7	344.6
Hiszpania	0	0	3 887.6	463.5	4 391.0
Szwecja	0	0	2 541.1	583.1	3 124.2
UK	278.6	27.2	3 183.1	221.6	3 710.5
<b>Razem</b>	<b>568.8</b>	<b>988.2</b>	<b>76 761.4</b>	<b>10 330.6</b>	<b>88 792.5</b>

Uwaga: rok referencyjny 2019.  
Źródło: [229, EUROFER 2021].

Jeśli chodzi o całkowitą produkcję płaskich wyrobów walcowanych na gorąco, Niemcy są największym producentem z ponad dwukrotnie większą produkcją niż kolejni najwięksi producenci (Włochy, Francja, Belgia i Holandia). Zdecydowana większość wyrobów płaskich walcowanych na gorąco to szerokie taśmy.

## 2.1.2 Produkty długie walcowane na gorąco

W tabeli 2.2 przedstawiono dane produkcyjne dla poszczególnych wyrobów długich oraz dla całkowitej produkcji wyrobów długich w 2019 r. w Europie. Podano dane dla następujących wyrobów długich walcowanych na gorąco:

- **Szyny i akcesoria:** obejmują zarówno szyny dla kolei ciężkiej i lekkiej, szyny tramwajowe oraz produkty dla innych systemów kolejowych (np. szyny dźwigowe, mostowe, rowkowe), jak również akcesoria walcowane na gorąco (np. podkłady kolejowe, blachy ryflowane, płyty podstawowe).
- **Pręty do zbrojenia betonu:** o przekroju okrągłym, o średnicy 6-40 mm, najczęściej z żebrami na ich powierzchni.
- **Pręty jakości handlowej:** okrągłe, kwadratowe, prostokątne, sześciokątne, ośmiokątne, L-kształtne, [-kształtne, I-kształtne o przekrojach mniejszych niż 1 600 mm<sup>2</sup>.
- **Sekcje ciężkie:** cała produkcja belek i sekcji ścianek szczelnych.
- **Pręty z drutu:** wyroby walcowane na gorąco o przekroju kołowym o średnicy od 5 mm do 14 mm.

Tabela 2.2: Produkcja wyrobów długich w Europie w 2019 r.

	Plaskowniki szerokie [tys. t]	Taśmy wąskie [tys. t]	Taśmy szerokie [tys. t]	Blachy ciężkie [tys. t]	Wyroby płaskie ogółem [tys. t]	Plaskowniki szerokie [tys. t]
<b>Austria</b>	536.3	250.0	189.7	11.5	494.5	<b>1 482.1</b>
<b>Belgia</b>	0	0	0	0	557.2	<b>557.2</b>
<b>Bulgaria</b>	0	686.0	0	0	0	<b>686.0</b>
<b>Czechy</b>	268.0	154.4	680.0	166.3	1 506.6	<b>2 897.3</b>
<b>Dania</b>	0	0	131.4	0	0	<b>131.4</b>
<b>Finlandia</b>	0	0	168.3	0	0	<b>168.3</b>
<b>Francja</b>	288.3	743.2	958.6	0	1 677.6	<b>3 667.8</b>
<b>Niemcy</b>	5.3	1 798.4	2 430.7	1 771.2	5 610.8	<b>11 622.7</b>
<b>Grecja</b>	0	981.6	0	0	309.9	<b>1 291.5</b>
<b>Węgry</b>	0	332.8	0	0	0	<b>332.8</b>
<b>Włochy</b>	182.7	3 015.5	3 432.7	695.9	5 001.8	<b>12 328.8</b>
<b>Luksemburg</b>	49.8	0	68.0	1 427.2	0	<b>2 020.6</b>
<b>Holandia</b>	0	0	0	0	127.8	<b>127.8</b>
<b>Polska</b>	318.5	1 815.0	668.2	1 168.8	1 066.1	<b>5 174.0</b>
<b>Portugalia</b>	0	996.1	0	0	785.6	<b>1 781.7</b>
<b>Rumunia</b>	0	142.8	61.4	110.3	39.5	<b>354.1</b>
<b>Słowacja</b>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>Słowenia</b>	0	0	179.6	0	0	<b>179.6</b>
<b>Hiszpania</b>	272.2	1 510.2	1 401.0	2 661.2	2 937.0	<b>8 781.6</b>
<b>Szwecja</b>	0	0	463.0	0	33.3	<b>496.3</b>
<b>UK</b>	172.0	342.0	693.7	801.6	775.5	<b>2 785.1</b>
<b>Inni producenci krajowi</b>	0	0	40.2	5.4	0	<b>45.6</b>
<b>Razem</b>	<b>2 093.1</b>	<b>12 768.3</b>	<b>11 566.5</b>	<b>8 819.4</b>	<b>20 923.7</b>	<b>56 912.3</b>

Uwaga: rok referencyjny 2019.  
Źródło: [229, EUROFER 2021].

Dwa główne kraje produkujące to Włochy i Niemcy, a następnie Hiszpania i Polska. Największą częścią sektora wyrobów długich pod względem tonażu jest produkcja walcówki, która stanowi około jednej trzeciej całkowitej produkcji, a następnie prętów do zbrojenia i prętów jakości handlowej z udziałem

około jednej piątej produkcji każdy.



### **2.1.3 Zdolności produkcyjne walcowni gorących w Europie**

W 2021 r. w UE-27 i Zjednoczonym Królestwie działały łącznie 302 walcownie gorące (w tym walcownie gorące wyrobów płaskich i długich). Łączną liczbę i nominalną zdolność produkcyjną (wyrażoną w t/h) tych zakładów podano w tabeli 2.3.

Tabela 2.3: Liczba i zdolność nominalna (wyrażona w t/h) walcowni gorących działających w UE-27 i Zjednoczonym Królestwie w 2021 r.

Typ walcarki		Razem	Zakres wydajności nominalnej (t/h)											
			0-19	20-39	40-59	60-79	80-99	100-119	120-149	150-199	200-299	300-399	400-499	>500
Walcarka słoneczna	Łączna wydajność nominalna (t/h)	563	65	34	87	63	0	108	0	0	205	0	0	0
Walcarka słoneczna	Liczba instalacji	11	5	1	2	1	0	1	0	0	1	0	0	0
Walcarka kęsów / prętów ciężkich	Łączna wydajność nominalna (t/h)	723	154	107	199	80	183	0	0	0	0	0	0	0
Walcarka kęsów / prętów ciężkich	Liczba instalacji	23	13	3	4	1	2	0	0	0	0	0	0	0
Walcarka sekcji ciężkiej	Łączna wydajność nominalna (t/h)	1 027	25	135	188	131	186	225	137	0	0	0	0	0
Walcarka sekcji ciężkiej	Liczba instalacji	17	2	4	4	2	2	2	1	0	0	0	0	0
Walcarka o średnim przekroju	Łączna wydajność nominalna (t/h)	1 275	58	152	217	200	537	112	0	0	0	0	0	0
Walcarka o średnim przekroju	Liczba instalacji	24	5	5	4	3	6	1	0	0	0	0	0	0
Walcarka kształowników lekkich / prętów	Łączna wydajność nominalna (t/h)	4 725	358	810	1204	1082	712	410	148	0	0	0	0	0
Walcarka kształowników lekkich / prętów	Liczba instalacji	122	47	24	23	15	8	4	1	0	0	0	0	0
Walcarka walcówki	Łączna wydajność nominalna (t/h)	2 195	10	134	253	630	354	333	137	342	0	0	0	0
Walcarka walcówki	Liczba instalacji	31	2	5	5	9	4	3	1	2	0	0	0	0
Walcarka taśm na gorąco	Łączna wydajność nominalna (t/h)	11 949	32	0	105	0	0	428	422	702	1 153	2 158	2 348	4 600
Walcarka taśm na gorąco	Liczba instalacji	39	2	0	2	0	0	4	3	4	5	6	5	8
Walcarka płytowa	Łączna wydajność nominalna (t/h)	2 077	83	137	194	572	349	103	137	502	0	0	0	0
Walcarka płytowa	Liczba instalacji	35	9	5	4	8	4	1	1	3	0	0	0	0

Źródło: [229, EUROFER 2021].

## 2.1.4 Rury walcowane na gorąco

Przy produkcji stanowiącej 20,9 % całkowitej produkcji światowej UE jest największym producentem rur stalowych, a kolejne miejsca zajmują Japonia i USA. Europejski przemysł rur stalowych ma wysoce skoncentrowaną strukturę. Pięć krajów - Niemcy, Włochy, Francja, Zjednoczone Królestwo i Hiszpania - odpowiada za około 90 % całkowitej produkcji UE. W niektórych krajach pojedyncze przedsiębiorstwo może odpowiadać za 50 % lub więcej produkcji krajowej. Oprócz głównych zintegrowanych producentów rur stalowych (produkujących głównie rury spawane), istnieje stosunkowo duża liczba małych i średnich przedsiębiorstw, które są niezależne. Niektórzy producenci, często niewielcy pod względem tonażu, działający na rynkach o wysokiej wartości dodanej, koncentrują się na wytwarzaniu specjalnych wymiarów i gatunków rur według określonych specyfikacji klienta. Pod koniec 1994 r. w UE istniało 280 jednostek produkcyjnych należących do około 245 przedsiębiorstw. Spośród nich 67 specjalizowało się w ciągnięciu na zimno rur bezszwowych lub spawanych. [112, KOM 1997].

Informacje statystyczne Europejskiego Związku Rur Stalowych (European Steel Tube Association) - dla roku 1994 i UE-12 - odnoszą się do 252 zakładów produkcyjnych należących do około 193 przedsiębiorstw. [9, Centro de Estudios y Asesoramiento Metalurgico, 1995].

Rury stalowe obejmują trzy kategorie produktów, które różnią się znacznie pod względem procesu produkcyjnego, surowców i wymagań inwestycyjnych. Kategorie te są sklasyfikowane jako:

- Rury bezszwowe;
- Rury stalowe spawane o kołowym przekroju poprzecznym i średnicy zewnętrznej powyżej 406,4 mm;
- Rury stalowe spawane/zgrzewane o kołowym przekroju poprzecznym i średnicy zewnętrznej do 406,4 mm włącznie, razem z rurami spawanymi/zgrzewanymi o niekołowym przekroju poprzecznym o dowolnym obwodzie.

Należy zauważyć, że niekiedy rury różnych kategorii (np. rury bezszwowe i rury spawane/zgrzewane) i różnego gatunku (np. w gatunku zwykłej handlowej jakości, wysokiej jakości) są produkowane na tej samej walcowni.

Okolo 26,4 % produkowanych rur stanowią rury bezszwowe, z pozostałych 73,6 % rur spawanych/zgrzewanych około 18,9 % stanowią rury o dużej średnicy. Większą część całego sektora rur stalowych stanowią rury o małej średnicy, których udział w produkcji wynosi 54,7 %. [9, Centro de Estudios y Asesoramiento Metalurgico, 1995].

W tabeli 2.4 przedstawiono produkcję rur stalowych oraz liczbę zakładów i liczbę pracowników dla poszczególnych państw członkowskich.

Tabela 2.4: *Produkcja rur stalowych, liczba zakładów i pracowników*

	Rury stalowe bezszwowe [tys. t] <sup>(1)</sup>	Rury stalowe spawane [tys. t] <sup>(1)</sup>	Rury stalowe ogółem [tys. t] <sup>(1)</sup>	Liczba zakładów produkcyjnych <sup>(2)</sup>	Liczba pracowników <sup>(2)</sup>
<b>Austria</b>	234	255	489	N/A	N/A
<b>Belgia</b>	NI	118	118	3	554
<b>Dania</b>	NI	60	60	4	1 100
<b>Finlandia</b>	NI	330	330	N/A	N/A
<b>Francja</b>	566	834	1 400	32	8 785
<b>Niemcy</b>	1295	1 991	3 286	65	22 774
<b>Grecja</b>	N/A	N/A	N/A	26	840

<b>Irlandia</b>	N/A	N/A	N/A	1	45
<b>Włochy</b>	711	2 508	3 219	49	9 050
<b>Luksemburg</b>	NI	95	95	N/A	N/A
<b>Holandia</b>	NI	393	393	5	775
<b>Portugalia</b>	NI	NI	NI	2	380
<b>Szwecja</b>	131	90	221	N/A	N/A
<b>Hiszpania</b>	242	662	904	29	4 200
<b>UK</b>	73	1 215	1 288	36	6 325
<b>Razem</b>	<b>3 252</b>	<b>8 551</b>	<b>11 803</b>	<b>252</b>	<b>54 828</b>

(1) Rok referencyjny 1996.  
(2) Rok referencyjny 1994.  
Uwaga: NI = brak informacji.  
Źródło: [9, Centro de Estudios y Asesoramiento Metalurgico, 1995].

Jak widać w tabeli 2.5, zakłady produkujące stalowe rury spawane to głównie małe i średnie zakłady, a tylko 22 ze 161 zakładów zatrudniają ponad 500 pracowników. W przypadku zakładów produkujących rury bezszwowe sytuacja jest mniejsza, gdyż 13 z 32 zakładów można określić jako duże zakłady.

Tabela 2.5: Liczba i wielkość zakładów produkujących rury w 1994 r.

	Liczba przedsiębiorstw				Razem
	Małe zakłady (< 100*)	Średnie (100-499*)	Duże		
			(500-999*)	(> 1 000*)	
<b>Rury bezszwowe</b>	5	14	6	7	32
<b>Spawane rury stalowe:</b>	78	61	14	8	161
<b>Rury spawane OD &gt; 406,6 mm</b>	6	17	2	2	27
<b>Rury spawane OD ≤ 406,4 mm</b>	72	44	12	6	134
<b>Razem</b>	83	75	20	15	193

\* Liczba pracowników.  
Źródło: [9, Centro de Estudios y Asesoramiento Metalurgico, 1995].

## 2.2 Stosowane procesy i techniki w walcowaniu na gorąco

### 2.2.1 Procesy

W walcowaniu na gorąco zmieniają się wielkość, kształt i własności metalurgiczne kęsisk płaskich (slabów), kęsisk kwadratowych i prostokątnych, kęsów lub wlewków z odlewania konwencjonalnego, przez wielokrotne zgniatanie gorącego metalu (temperatura w zakresie od 10500 C do 13000 C) pomiędzy walcami napędzanymi elektrycznie. Wsad stalowy do walcowania na gorąco różni się pod względem formy i kształtu, zależnie od drogi procesu i produkowanego wyrobu:

**Wlewki z odlewania konwencjonalnego (do wlewnic)**, najczęściej z prostokątnym przekrojem poprzecznym, są stosowane do produkcji kęsisk płaskich i kęsisk kwadratowych/prostokątnych na walcowniach kęsisk płaskich i kęsisk kwadratowych/prostokątnych. Kęsiska płaskie i kęsiska kwadratowe/prostokątne są dalej przerabiane na blachy grube, taśmy lub kształtowniki na innych walcowniach. Obecnie maleje stosowanie wlewków z odlewania konwencjonalnego i stosowanie walcowni kęsisk płaskich/kwadratowych i prostokątnych, ponieważ ciągłe odlewanie uczyniło ten krok zbyt kosztownym. W czasie pisania tego dokumentu ponad 98 % surowej stali produkowanej w Europie jest odlewane w sposób ciągły na półprodukty takie jak kęsiska płaskie, kwadratowe/prostokątne lub kęsy [218, EUROFER 2020]. Jedynie niewielka część jest odlewana do form dyskretnych w celu wytworzenia wlewków dla niektórych specjalnych produktów (np. blach grubych).

**Kęsiska płaskie** (o szerokości 400-2 500 mm i grubości 40-500 mm) to półprodukty odlewane w sposób ciągły, przeznaczone do walcowania wyrobów płaskich. Obejmują one **ciężkie kęsiska płaskie** (840 mm do 1 560 mm szerokości i 50 mm do 60 mm grubości).

**Kęsy** (o kształcie kwadratowym lub prostokątnym o przekrojach poprzecznych od 2 500 mm<sup>2</sup> do 14 400 mm<sup>2</sup> (50 mm x 50 mm do 120 mm x 120 mm)) i **kęsiska** (o kształcie kwadratowym lub prostokątnym o przekrojach poprzecznych od 14 000 mm<sup>2</sup> do około 100 000 mm<sup>2</sup> (120 mm x 120 mm do 250 mm x 400 mm)) są półproduktami z odlewu ciągłego stosowanymi do walcowania wyrobów długich.

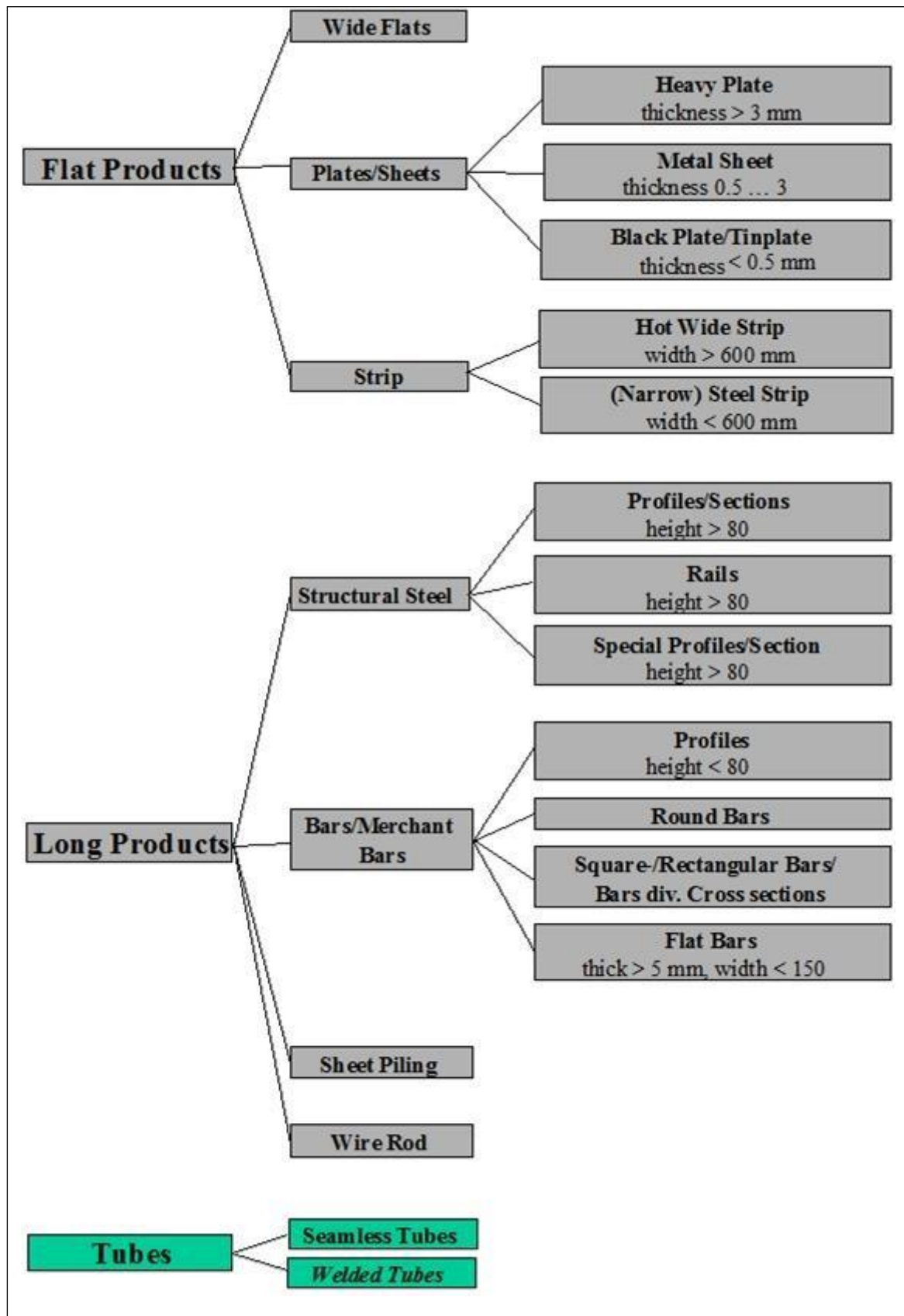
**Profile wstępne dwuteowe** (o wymiarach od 170 mm x 240 mm do 500 mm x 1120 mm) są odlewane w sposób ciągły do kształtu zbliżonego do siatki. Wykroje belkowe są wykorzystywane do walcowania wyrobów długich. [87, EUROFER 1998].

Walcownie gorące realizują zazwyczaj następujące procesy technologiczne:

- przechowywanie i obsługa wsadu;
- rektyfikacja powierzchni (scarfing, szlifowanie) i kondycjonowanie (cięcie na wymiar) wsadu;
- ponowne podgrzanie do temperatury walcowania;
- zbijanie zgorzeliny;
- walcowanie (obróbka wstępna wraz z redukcją szerokości, walcowanie do ostatecznego wymiaru i właściwości);
- chłodzenie;
- zwijanie (w przypadku materiału w postaci taśmy);
- Wykańczanie (okrawanie brzegów, rozcinanie, cięcie poprzeczne).

Wyroby otrzymane w wyniku walcowania na gorąco są zwykle klasyfikowane w dwóch podstawowych rodzajach według ich kształtu: wyroby płaskie i długie. Rury są również objęte terminem "wyrób długi" w niniejszym dokumencie.

Na rysunku 2.1 przedstawiono przegląd produktów wytwarzanych dla różnych celów i zastosowań.



Rysunek 2.1: Przegląd wyrobów walcowanych na gorąco

Walcownie gorące są klasyfikowane według wyrobu, jaki mogą produkować oraz według cech konstrukcyjnych. Kolejne rozdziały dają przegląd układów różnych walcowni i kolejności etapów

produkcyjnych. W dalszej części podane są bardziej szczegółowe informacje na temat poszczególnych etapów procesu produkcyjnego, które są często podobne w różnych walcowniach.

### **2.2.1.1 Walcownie kęsisk płaskich/kęsisk kwadratowych i prostokątnych**

Walcownie kęsisk płaskich i kęsisk kwadratowych/prostokątnych są stosowane do walcowania wlewków, odlewanych konwencjonalnie, na półwyroby, takie jak kęsiska kwadratowe/prostokątne i kęsiska płaskie, przeznaczone do dalszej przeróbki na innych walcowniach. Wsad jest podgrzewany w piecach wgłębnych do około 13000 C i następnie kształtowany w dwóch ciężkich klatkach nawrotnych duo w 15 - 30 przepustach.

Materiał poddawany walcowaniu jest transportowany samotokami, pozycjonowany za pomocą manipulatorów i wprowadzany w kotlinę walcowniczą. Materiał jest wielokrotnie obracany o 900 wokół własnej osi podłużnej podczas serii przepustów.

Główną różnicę pomiędzy klatkami do walcowania kęsisk kwadratowych/prostokątnych i klatkami do walcowania kęsisk płaskich stanowi większa wysokość klatek stosowanych do walcowania kęsisk płaskich. Jest to związane z charakterystykami wyrobu, ponieważ walcownie kęsisk płaskich są stosowane głównie do walcowania półwyrobów płaskich, które wymagają większej wysokości podnoszenia górnych walców.

Innym systemem walcowania jest uniwersalna klatka walcownicza do walcowania kęsisk płaskich. Pary walców roboczych są ustawione kolejno poziomo i pionowo. Walce pionowe kształtują wąskie boki

Zrolowane półprodukty są przycinane nożycami na obu końcach i dzielone na zamówione długości. Wady powierzchniowe wyrobu mogą być usuwane przez odszarzanie płomieniowe (scarfing). [139, Ullmann 1994].

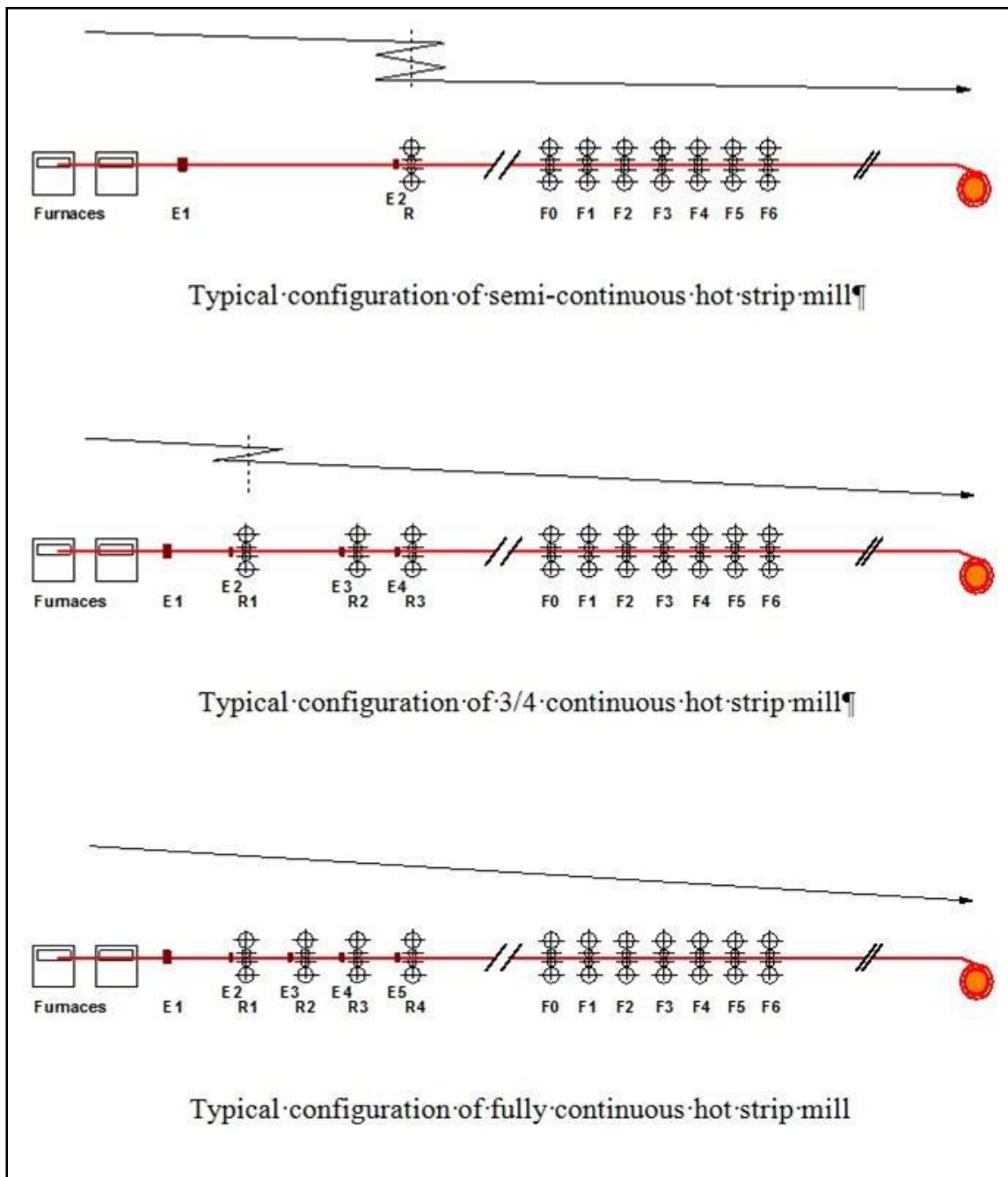
Wraz ze wzrostem produkcji wyrobów metodą ciągłego odlewania zmalała liczba i znaczenie walcowni kęsisk płaskich i kęsisk kwadratowych/prostokątnych. W 2019 r. w eksploatacji pozostaje jedynie 11 walcowni kęsisk płaskich i kęsisk kwadratowych/prostokątnych (zob. tabela 2.3).

### **2.2.1.2 Walcownie gorące taśm**

Przy produkcji taśmy walcowanej na gorąco rozgrzane kęsisko płaskie - po zbitiu zgorzeliny - przechodzi przez walcarkę wstępną, w której jego grubość jest zredukowana z około 120 ñ 300 (500) mm do około 20 - 50 mm [transfer bar]. Walcowanie wstępne może również obejmować redukcję szerokości.

To walcowanie wstępne jest realizowane albo w kilku przepustach przez pojedynczą klatkę walcowniczą przez wielokrotne nawracanie, albo w ciągłym przepuście przez kilka klatek wstępnych. Nazwy walcowni taśm (pół-ciągła walcownia gorąca taśm, 3/4 ciągła walcownia gorąca taśm i ciągła walcownia gorąca taśm, patrz rysunek 2.2) pochodzą od konfiguracji tej instalacji. W zależności od konfiguracji, zakres produkcji wynosi od 1,5 Mt/rok do 5,5 Mt/rok.





Rysunek 2.2: Typowe konstrukcje walcowni taśm na gorąco

Materiał zredukowany do “transfer bar” jest kierowany do zespołu klatek wykańczających przez samotok pośredni, który w niektórych przypadkach jest kombinowany z tak zwaną “coil box”. Przedni koniec “transfer bar” jest obcinany przed wejściem “transfer bar” do zespołu klatek walcowniczych wykańczających, w którym następuje redukcja grubości do wymiaru końcowego (pomiędzy 1,2 i około 20 mm). W zespole klatek wykańczających odbywa się walcowanie z kontrolowaną temperaturą, obejmujące kontrolowane chłodzenie taśmy zainstalowane przy samotoku odprowadzającym taśmę; to walcowanie z kontrolowaną temperaturą zapewnia pożądane parametry technologiczne (wytrzymałość, ciągłość, itd.) taśmy gorąco walcowanej. Na końcu linii walcowniczej gotowy wyrób jest zwijany w kęgi.

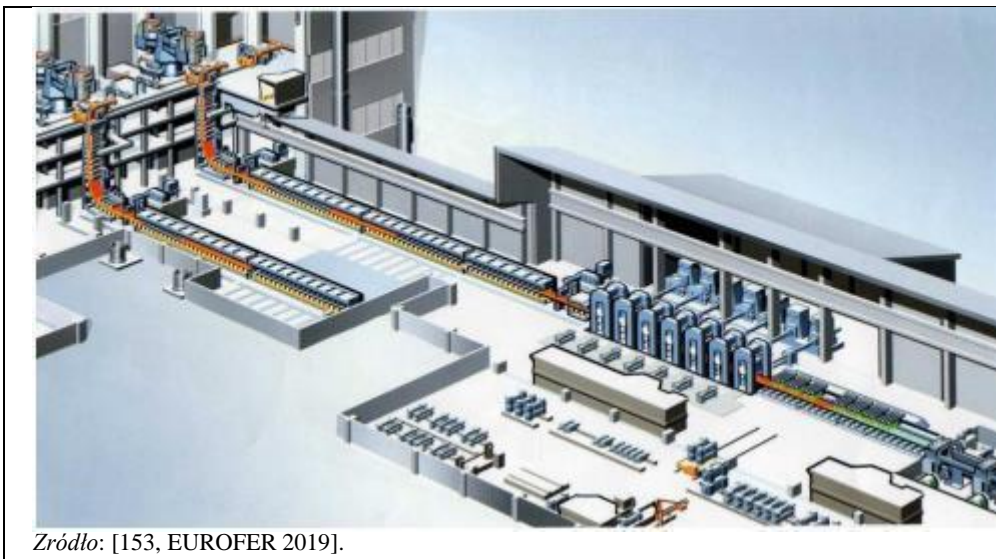
Taśma gorąco walcowana, która nie jest przewidziana do dalszej przeróbki na zimno, jest częściowo sprzedawana z nieokrawanymi krawędziami taśmy (w stanie walcowanym), ale w zależności od planowanego zewnętrznego zastosowania taśma musi być kondycjonowana. To wykańczanie taśmy w

kręgach obejmuje okrawanie boków taśmy, cięcie na wąskie taśmy w liniach rozcinania podłużnego i cięcie na arkusze. [87, EUROFER 1998].

### ***Sprężone urządzenie do odkładania cienkich kęsisk płaskich i walcownia taśm na gorąco***

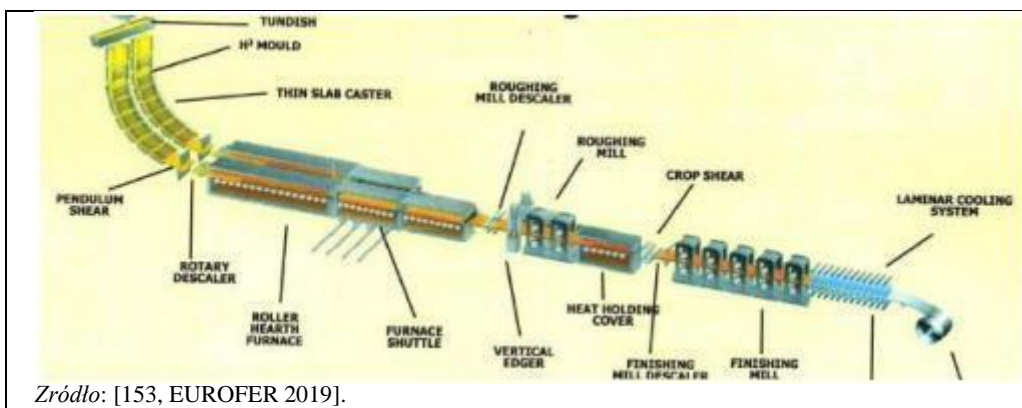
W ciągu ostatnich 20 lat wdrożono nowe typy walcowni taśm na gorąco. Tradycyjne kęsiska płaskie jako materiał wejściowy o zakresie grubości 200-250 mm są zastępowane cienkim kęsiskiem płaskim o zakresie grubości 45-70 mm. W tym przypadku, piec do ciągłego podgrzewania cienkich kęsisk płaskich jest zwykle umieszczony po cienkim kastrze ciągłym, a następnie konwencjonalny walec wykańczający na gorąco. Takie schematy zapewniają zwiększoną przepustowość i zmniejszone zużycie energii w piecach do dogrzewania.

Istnieje kilka konfiguracji sprężonych urządzeń do produkcji cienkich kęsisk płaskich i walcowni gorącej taśm (patrz rysunek 2.3 do rysunku 2.5). W zależności od konfiguracji, zakres produkcji wynosi od 1 Mt/rok do 3 Mt/rok. [153, EUROFER 2019].



Zródło: [153, EUROFER 2019].

Rysunek 2.3: Produkcja taśm na gorąco z dwoma odlewniami cienkich kęsisk płaskich, dwoma piecami do ponownego podgrzewania i jedną walcownią wykańczającą; zdolność produkcyjna 2 Mt/rok



Zródło: [153, EUROFER 2019].

Rysunek 2.4: Produkcja taśm na gorąco z dwoma odlewniami cienkich kęsisk płaskich, dwoma piecami do ponownego podgrzewania, jednym ciągłym młynem wstępnym, podgrzewaczem prętów i młynem wykańczającym; wydajność 3 Mt/rok

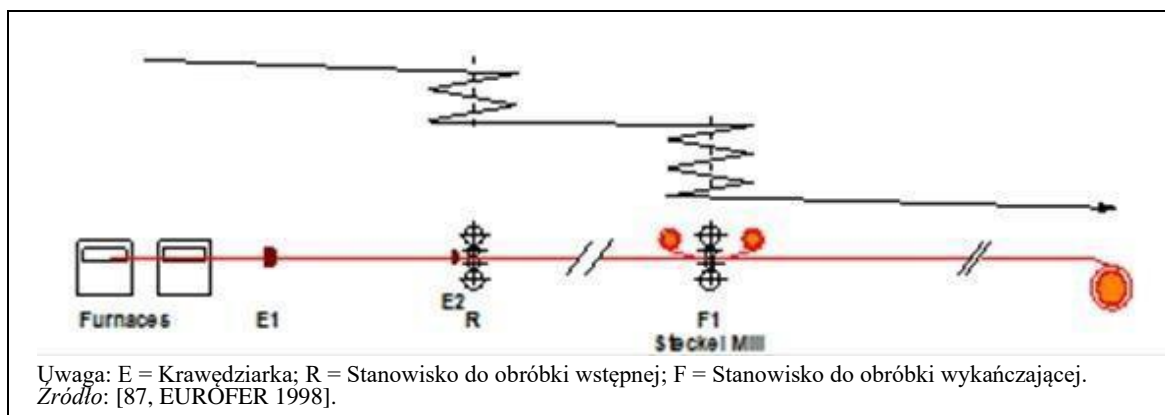


Zródło: [153, EUROFER 2019].

Rysunek 2.5: Produkcja taśm na gorąco z jednym urządzeniem do odlewania cienkich kęsisk płaskich bezpośrednio połączonym z jedną ciągłą walcarką wstępną, indukcyjnym podgrzewaczem prętów i bezkońcową lub półkońcową walcarką wykańczającą; wydajność 2 Mt/rok

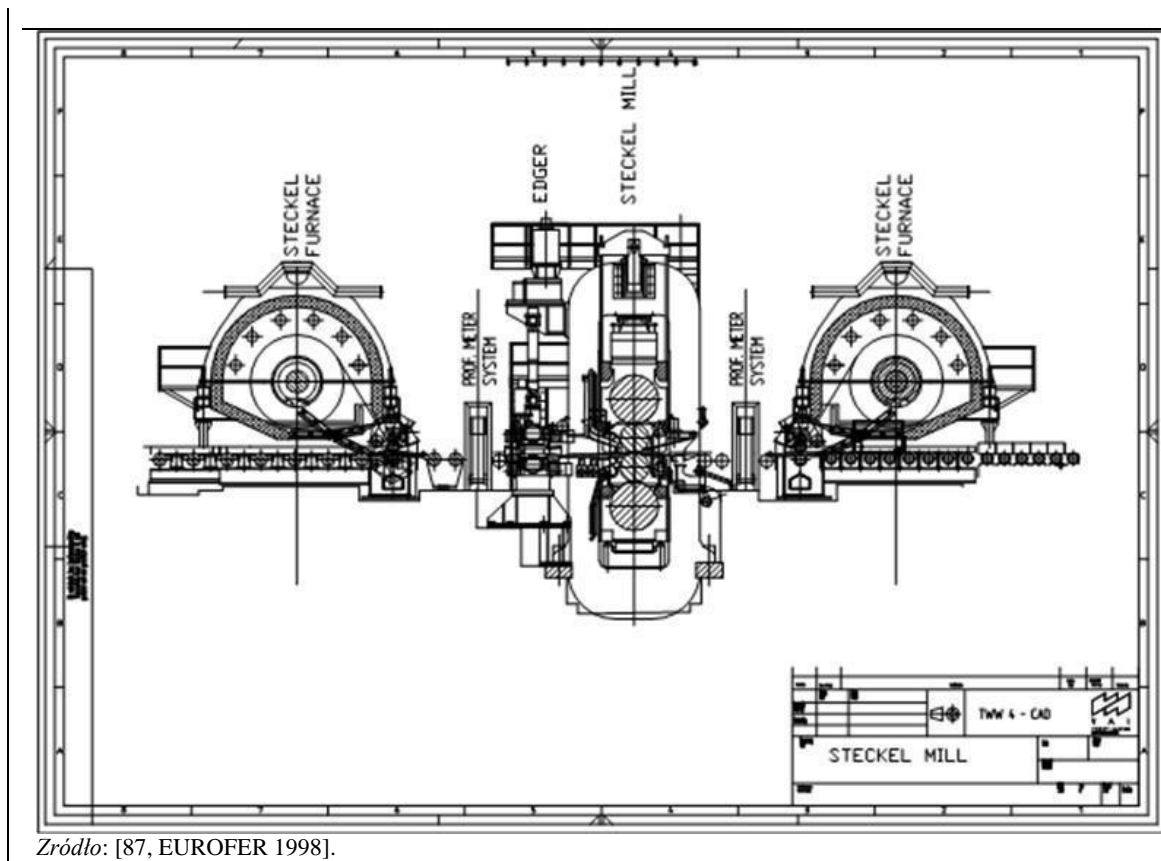
### Walcarka Steckela

Specjalną metodą produkcji taśm na gorąco jest walcowanie w tzw. walcowni Steckela. Tutaj surowiec jest zwykle przetwarzany na taśmę poprzez cofanie się przez stanowisko wstępne i stanowisko wykańczające, a w niektórych przypadkach nawet przez cofanie się tylko przez jedno stanowisko.



Rysunek 2.6: Typowa konfiguracja walcarki Steckela.

Aby utrzymać straty ciepła podczas dość długiego procesu formowania w rozsądnych granicach i aby ułatwić obsługę stosunkowo długiej taśmy, po obu stronach stanowiska walcowniczego (stanowiska wykańczającego), na którym tymczasowo składowana jest walcowana taśma, mocowane są podgrzewane urządzenia zwijające, zwane zwijarkami Steckela.



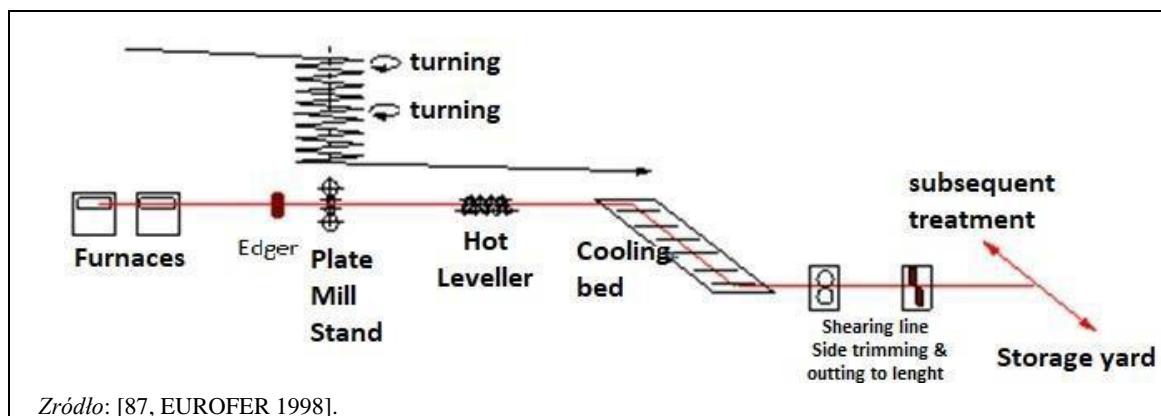
Zródło: [87, EUROFER 1998].

Rysunek 2.7: Walcarka Steckela z piecami zwijarkowymi.

### 2.2.1.3 Walcownie blach grubych

Produkcja blach grubych (grubość od 5,0 mm do 380 mm, szerokość do 5,2 m) odbywa się poprzez pracę rewersyjną na jednym lub dwóch stanowiskach walcowniczych lub w trybie tandemowym. Interesem posiadania dwóch stanowisk poziomych jest zwiększenie zdolności produkcyjnej (o około 50 % w stosunku do pojedynczego stanowiska) oraz poprawa możliwości termomechanicznych trybów walcowania [153, EUROFER 2019] [218, EUROFER 2020].

Po walcowaniu blachy grube umieszczane są na łożu chłodzącym (przesuwacz poprzeczny) i schładzane do temperatury pokojowej i/lub temperatury do maksymalnie 500 °C w celu dalszej obróbki. [87, EUROFER 1998].



Zródło: [87, EUROFER 1998].

Rysunek 2.8: Typowa konfiguracja walcarki do blach grubych z jednym 4-wysokim poziomym stanowiskiem walcowniczym

W szczególnych przypadkach, walcowany produkt jest poddawany obróbce cieplnej przez systemy chłodzenia wodą (np. kurtyny wodne) bezpośrednio po walcowaniu na gorąco. Przed lub za łożem chłodzącym ustawia się gorące i/lub zimne prostownice w celu wyprostowania blach.

Po procesie chłodzenia na łożu chłodniczym, wtórna obróbka blach odbywa się w wykańczalniach (cięcie nożycami, okrawanie boków, cięcie na długość). Część produkcji przed wysyłką poddawana jest dalszej obróbce cieplnej. Do takich zabiegów należą: wyżarzanie, wyżarzanie sferoidyzujące, wyżarzanie odprężające, normalizowanie, ulepszanie cieplne.

### **Platery**

Specjalne wyroby, takie jak blachy wielowarstwowe (platery), wymagają odrębnego przygotowania i techniki walcowania (głównie walcowania w dwóch temperaturach). W takich produktach odporny na korozję materiał powierzchniowy jest trwale połączony z tańszą, ewentualnie mocniejszą stalą węglową.

W pierwszym etapie fabrykowane są *kanapki* składające się z blachy, która jest poddawana platerowaniu, i materiałów powłoki ochronnej o grubości dokładnie w takiej proporcji, jaka jest potrzebna do produkcji blachy platerowanej o wymaganej grubości, z zamówionym udziałem procentowym metali ochronnych. Następnie „kanapka” jest walcowana na pożądaną grubość, szerokość i długość, a materiały są wiązane na stałe dzięki dużemu naciskowi walców.

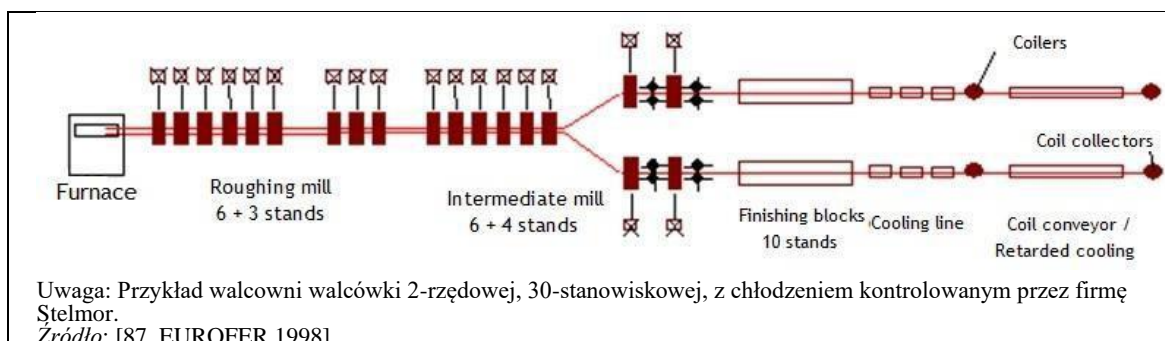
W operacji walcowania gnioty są zazwyczaj ograniczone a temperatury wykańczania są dokładnie kontrolowane. W niektórych przypadkach „kanapki” są walcowane w pierwszym etapie na kęsiska płaskie, cięte na wymagane wymiary, a w drugim etapie są walcowane ostatecznie na walcarce gorącej taśm albo na walcarce blach grubych. Niekiedy dla uzyskania pożądanego odporności na korozję i pożądanymi własności fizycznych potrzebne są obróbki cieplne; zgorzelina po obróbce jest usuwana przez piaskowanie lub śrutowanie.. [87, EUROFER 1998].

### **2.2.1.4 Walcownie prętów i walcówki**

Pręty i walcówka są wyrobami walcowanymi na gorąco, o stosunkowo małych przekrojach poprzecznych, produkowanymi w kręgach lub w długościach prostych. Operacja walcowania jest przeprowadzana w walcach bruzdowych, aby wyrobowi nadać pożądaną kształt końcowy.

### **Walcówka**

Walcówki mają zazwyczaj przekrój kołowy o średnicy od 5 mm do 14 mm. Większe przekroje i różne kształty przekrojów, takie jak owalny, kwadratowy, sześciokątny, ośmiokątny itp. mogą być również walcowane w walcowniach wyposażonych w odpowiednio ukształtowane walce. Walcówka walcowana na gorąco jest głównie wykorzystywana do dalszej obróbki poprzez ciągnięcie na zimno lub walcowanie na zimno.





Rysunek 2.9: Typowy układ walcowni walcówki

Kęsy wprowadzane do walcarek prętów są nagrzewane w piecach przepychowych lub pokrocznych do temperatury walcowania na gorąco. Pomiędzy wylotem z pieca i pierwszą klatką walcowniczą zainstalowany jest system zbijania zgorzeliny..

Walcarki prętów są walcarkami ciągłymi z sekcjami wstępnymi, pośrednimi i wykańczającymi. Klatki walcownicze są klatkami duo a ich liczba wynosi zazwyczaj ponad 25, zależnie od przekroju poprzecznego kęsów wsadowych (80 do 155 mm). Sekcje wstępne i pośrednie mogą być wielożyłowe (do 4 żył), podczas gdy sekcje wykańczające są zawsze jednożyłowe.

Pomiędzy różnymi sekcjami walcarki zainstalowane są nożyce do obcinania końców, które służą do czystego obcinania przedniego końca materiału dla lepszego wprowadzania do następnej klatki walcowniczej. Nożyce te są stosowane również do przecinania pręta będącego w trakcie walcowania w przypadku zakłócenia (awarii) w dalszej części walcarki.

Bezpośrednia obróbka cieplna walcówki w linii walcowniczej jest przeprowadzana za pomocą ramp chłodzenia wodnego, usytuowanych pomiędzy końcowymi klatkami walcowniczymi i zwijarkami; następnie kręgi ułożone na przenośnikach taśmowych są chłodzone powietrzem. Kontrolowany przepływ powietrza nadaje walcówce mikrostrukturę pożądaną dla dalszej przeróbki [chłodzenie STELMORÆ].. [87, EUROFER 1998].

### ***Pręty***

Pręty gorąco walcowane obejmują zasadniczo dwa rodzaje wyrobów stalowych, **stale handlowej jakości** lub stale techniczne z okrągłymi, kwadratowymi, prostokątnymi, sześciokątnymi, ośmiokątnymi, L-kształtnymi, [-kształtnymi, I-kształtnymi przekrojami poprzecznymi mniejszymi niż 1600 mm<sup>2</sup> oraz **pręty do zbrojenia betonu** z okrągłymi przekrojami poprzecznymi, o średnicy 6 do 40 mm, przeważnie z żebrami na powierzchni.

Walcarki prętów są podobne do pierwszych sekcji walcarek walcówki. Najczęściej posiadają jednożyłowe walcarki duo z zespołami wstępnymi, pośrednimi i wykańczającymi, za którymi zainstalowane są nożyce, które tną wyrób gorąco walcowany na długie pręty, które są następnie transportowane na chłodnię. Wszystkie walcarki o dużej wydajności są walcarkami ciągłymi z naprzemiennymi klatkami poziomymi i pionowymi. Walcarki o małej wydajności posiadają zespoły przednie “otwartego” typu.

Po chłodzeniu pręty są cięte na długości handlowe i mogą być prostowane w prostownicy zimnej.

Pręty zbrojeniowe są często obrabiane cieplnie bezpośrednio w linii produkcyjnej, przez intensywne chłodzenie wodne, w celu uzyskania wysokiej wytrzymałości na rozciąganie (proces TEMPCOREÆ). Innym sposobem zwiększania wytrzymałości prętów zbrojeniowych na rozciąganie jest obróbka mechaniczna po chłodzeniu: pręty są deformowane przez skręcanie poza ich umowną granicę plastyczności aż do uzyskania pożądaney wytrzymałości na rozciąganie. [87, EUROFER 1998].

### ***Ciągnięcie prętów stalowych na zimno***

Ciągnięcie na zimno odnosi się do produkcji prętów stalowych lub kształtowników przez ciągnięcie na zimno, szlifowanie lub łuszczenie prętów stalowych gorąco walcowanych, na tak zwane “pręty stalowe wyższej jakości” (jasne), posiadające formę i charakterystyki wymagane przez użytkowników. Wykańczanie na zimno, podczas operacji ciągnięcia na zimno, utwardza stal i zwiększa wytrzymałość stali na rozciąganie, zmniejszając równocześnie jej ciągliwość, co może wymagać wyzarczenia wyrobu po ciągnięciu. Pręty stalowe wyższej jakości mają głównie kołowy, kwadratowy, prostokątny lub sześciokątny przekrój poprzeczny, ale mogą być produkowane przekroje poprzeczne wszelkiego rodzaju, stosownie do zapotrzebowania. Wyrobami są pręty ze stali niestopowej, pręty ze stali stopowej różnych gatunków, łącznie ze stalą szybkotnącą i inną stalą narzędziową oraz wyroby o innych kształtach i przekrojach z różnych gatunków stali. [112, KOM 1997].

Pręty stalowe wyższej jakości, szlifowane lub polerowane, są stosowane przez przemysły takie jak motoryzacyjny, maszynowy, wyrobów elektrycznych i inne przemysły, gdzie niezbędna jest wysoka jakość materiału podstawowego.

### 2.2.1.5 Walcownie kształtowników

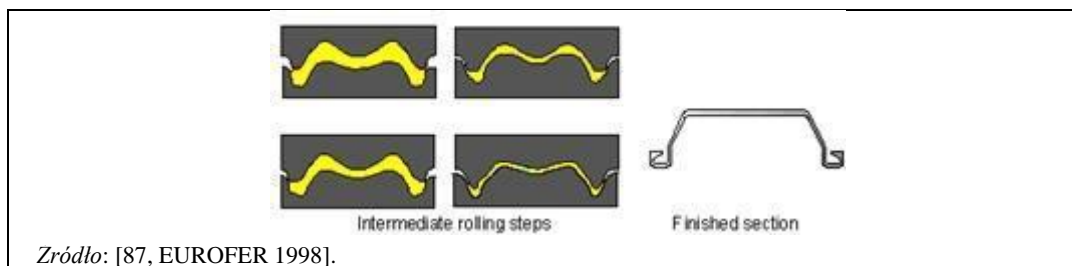
Podobnie jak większość walcowni innych typów, walcownie kształtowników są podzielone na klatki wstępne, pośrednie i wykańczające, poprzedzone zbijaczem zgorzeli, usytuowanym pomiędzy piecem grzewczym i walcarką wstępną.

Klatki wstępne są najczęściej klatkami nawrotnymi duo. Walce posiadają kilka kompletów wykrojów, które są stosowane kolejno w linii walcowniczej. Górny walec może być przemieszczany pionowo, celem stopniowego zmniejszania kotliny między walcami i redukcji w ten sposób przekroju przechodzącego materiału.

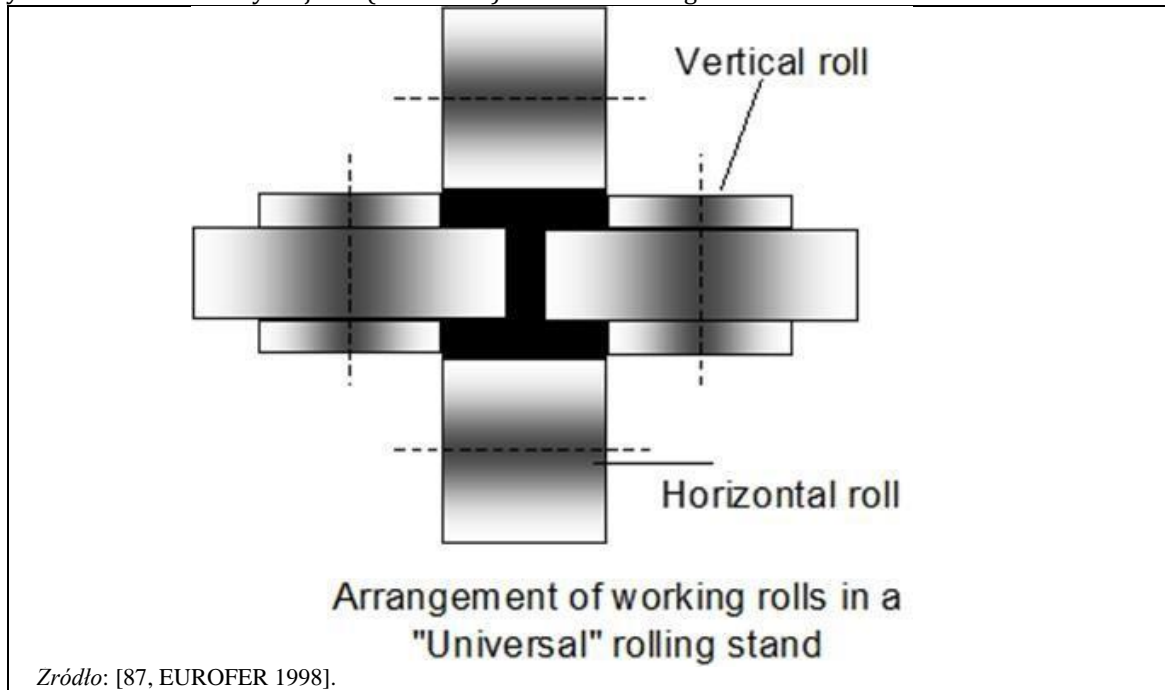
Pomiędzy różnymi sekcjami walcowni instalowane są najczęściej nożyce lub piły do cięcia na gorąco, do obcinania końców odpadowych, celem zapewnienia czystego cięcia końca, co ułatwia wprowadzanie go do następnej klatki walcowniczej.

Po opuszczeniu klatki wykańczającej, lub zespołu klatek wykańczających, pręty są cięte piłami na długość chłodni lub na długości handlowe. Po schłodzeniu na chłodni pręty są prostowane na prostownicach mechanicznych lub hydraulicznych i cięte piłami na wymagane długości.. [87, EUROFER 1998].

Aby uzyskać różne wymagane kształty przekrojów poprzecznych kształtowników, stosowane są klatki duo z 2 walcami wykrojowymi (bruzdowymi) lub klatki uniwersalne z 2 walcami poziomymi i 2 walcami pionowymi, jak pokazano na rysunku 2.10 i rysunku 2.11.



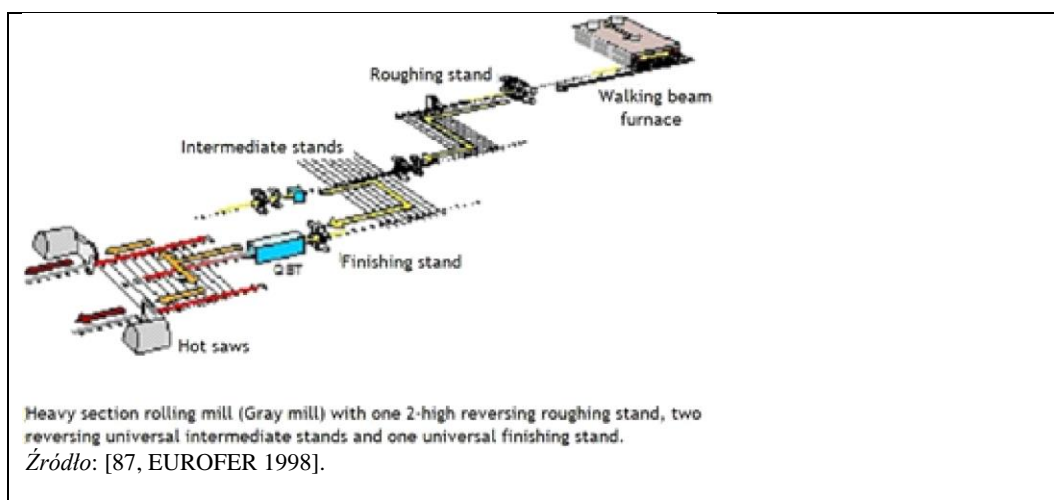
Rysunek 2.10: Walce wykrojowe (bruzdowe) do walcowania grodzic



Rysunek 2.11: Klatki uniwersalne dla wyrobów z równoległymi półkami

Przy walcowaniu kształtowników najważniejsza jest kontrola geometrii, ponieważ dla kształtowników walcowanych na gorąco zazwyczaj wymagane są wąskie zakresy tolerancji. Z tego powodu powszechnie stosowane są skomplikowane urządzenia pomiarowe wykorzystujące wiązkę laserową i źródła radioaktywne..

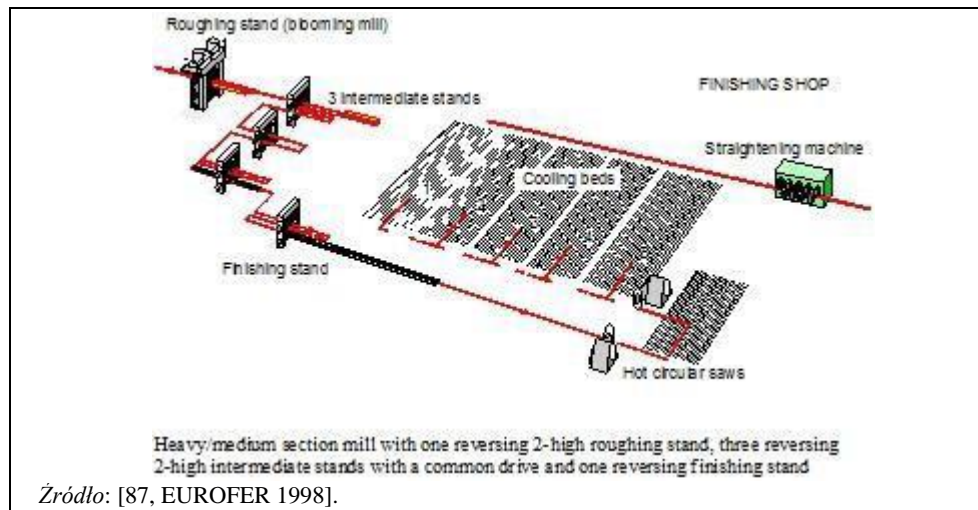
Projekty walcowni kształtowników są bardzo zróżnicowane, odpowiednio do programu produkcji. Rysunek 2.12 przedstawia układ walcowni kształtowników ciężkich z klatkami uniwersalnymi, wyspecjalizowanymi w produkcji belek dwuteowych z szerokimi stopkami (półkami) równoległymi i normalnych belek dwuteowych. Program ten obejmuje bezpośrednią obróbkę cieplną w linii (QST ñ hartowanie i samodopuszczanie) dla uzyskania optymalnej mikrostruktury potrzebnej dla zastosowań wymagających wysokiej wytrzymałości i wysokiej ciągliwości.



Rysunek 2.12: Konfiguracja walcowni kształtowników ciężkich

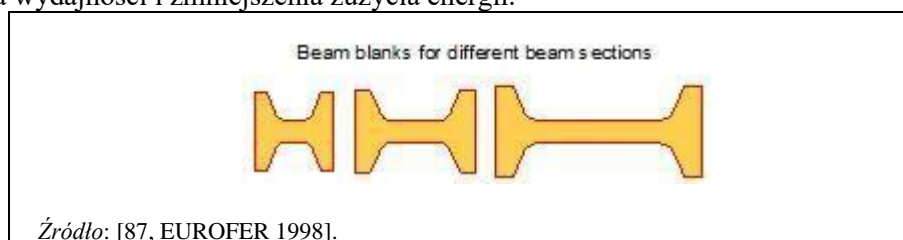


Rysunek 2.13 przedstawia układ walcowni kształtowników ciężkich/średnich wyspecjalizowanej w walcowaniu grodzic. Klatki pośrednie są klatkami typu "otwartego" z jednym wspólnym napędem. Klatka wykańczająca duo może być zastąpiona przez klatkę uniwersalną do produkcji wyrobów ze stopkami równoległymi.



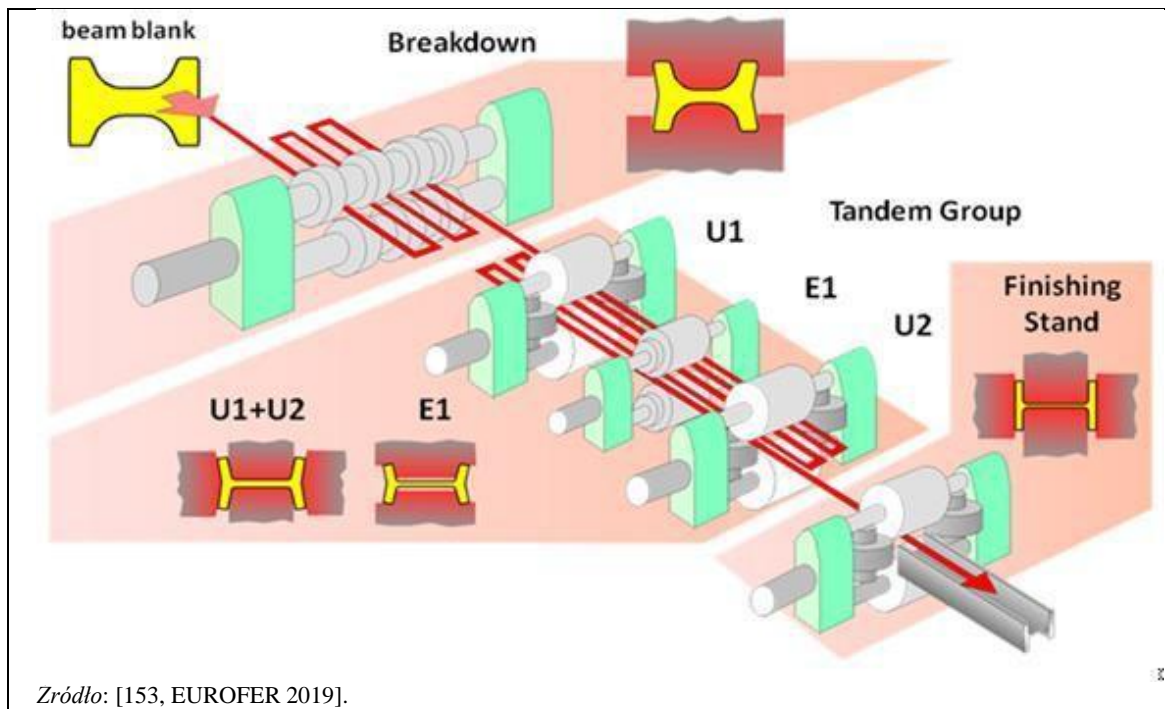
Rysunek 2.13: Układ walcowni kształtowników ciężkich/średnich dla grodzic

Walcownie kształtowników w coraz większym stopniu stosują półwyroby ciągle odlewane, zwane belkami wstępnymi, o kształcie zbliżonym do kształtu wyrobu gotowego (patrz Rysunek 2.14) dla zwiększenia wydajności i zmniejszenia zużycia energii.



Rysunek 2.14: Przykłady przekrojów poprzecznych belek wstępnych

Jeśli rytm produkcji i program produkcji pozwalają, to w coraz większym stopniu stosowane jest ładowanie gorących półwyrobów z ciągłego odlewania - z rejonu odprowadzania maszyny ciągłego odlewania do pieca grzewczego walcowni. Przy takiej procedurze można osiągnąć znaczne oszczędności energii, ale zależy to od odległości walcowni do instalacji ciągłego odlewania.



Rysunek 2.15: Walcownia średniego przekroju zasilana odlewanyimi półfabrykatami belki

### 2.2.1.6 Walcownia rur

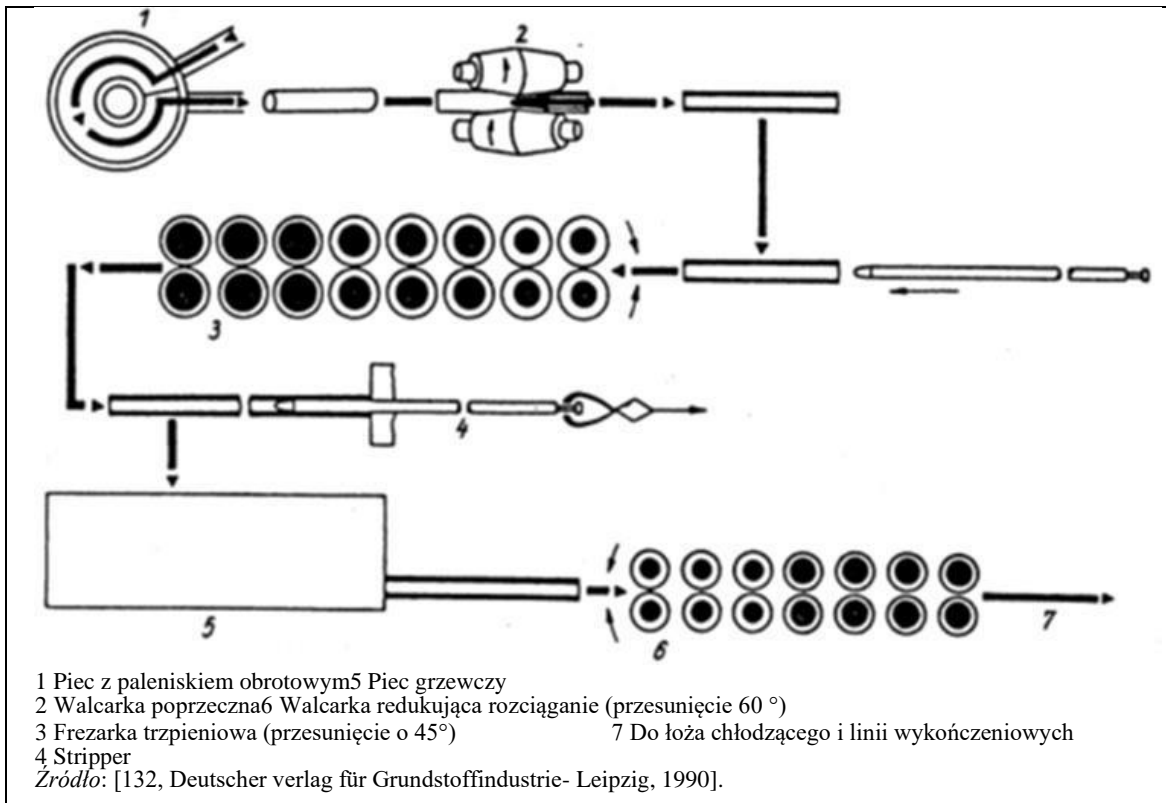
#### Rury bezszwowe

Produkcja rur bezszwowych zasadniczo składa się z następujących etapów produkcji:

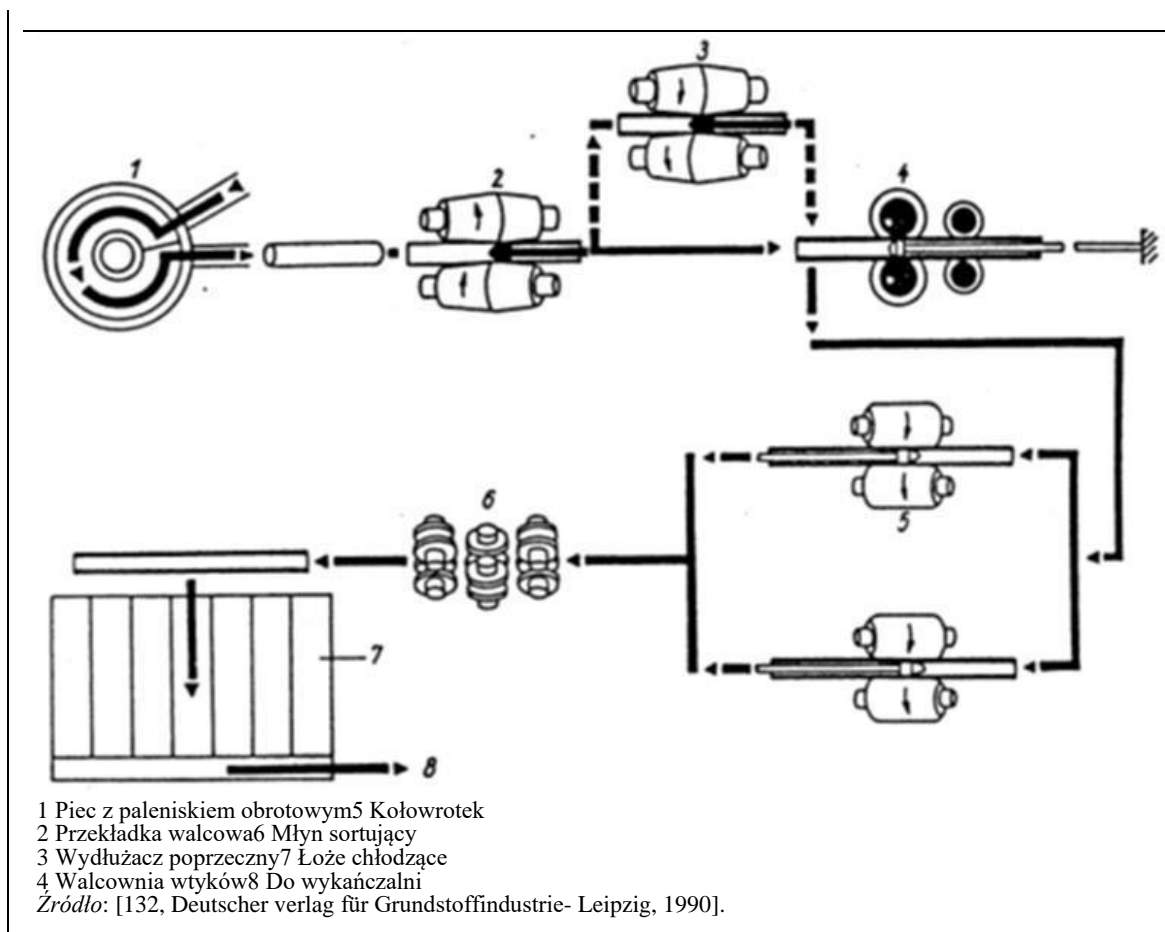
- nagrzewanie wsadu;
- dziurowanie (prasa dziurująca lub walcowanie skośne);
- wydłużanie/rozciąganie;
- walcowanie na gotowo;
- obróbka cieplna.

Obecnie najważniejszymi rodzajami stosowanych urządzeń są walcarki trzpieniowe, walcarki automatyczne duo, walcarki z ławą przepychową i walcarki pielgrzymowe. Rysunki 2.16 i 2.17 pokazują niektóre typowe konstrukcje młynów do rur.

Wsadem do produkcji niestopowych i średniostopowych rur stalowych są kęsy lub kęsiska, odlewane na maszynach ciągłego odlewania, z okrągłymi przekrojami poprzecznymi, aczkolwiek czasami stosowane są kwadratowe przekroje poprzeczne. Surowcem na wysokochromowe rury stalowe są głównie pręty o przekroju okrągłym, walcowane z kęsów odlewanych. Wsad jest grzany do temperatury walcowania w piecach z trzonem obrotowym, opalanych gazem ziemnym lub olejem. Następnie produkowany jest kęs (blok) drążony przez dziurowanie. Najważniejszy proces dziurowania stosuje walce skośne. Otwór jest wykonywany przez dwa walce skośne, obracające się w tym samym kierunku, tak aby kęs walcował się ruchem śrubowym na końcówce trzpienia dziurującego w celu utworzenia kęsa drążonego (tuleja). Końcówka trzpienia dziurującego jest przymocowana do swobodnie obracającego się pręta podpieranego przez łożysko oporowe na stronie wyjściowej.



Rysunek 2.16: Walcarka trzpieniowa



Rysunek 2.17: Walcarka z automatycznym duo do rur bez szwu

Do wydłużania stosowane jest walcowanie podłużne, walcowanie poprzeczne lub prasy. Najważniejszym procesem jest proces ciągłego walcowania rur, ponieważ jest on jednym z najsprawniejszych i najwydajniejszych procesów.

Stosowanych jest równocześnie kilka klatek walcowniczych, zazwyczaj 6 - 8 klatek duo na zespół, ułożonych wzajemnie pod kątem 90°. Redukcja grubości ścianki odbywa się pomiędzy walcami i smarowanym trzpieniem cylindrycznym.

Walcowanie na wymiar gotowy jest wykonywane bez trzpienia wewnętrznego, w walcarkach kalibrujących lub w walcarkach rozciągająco-redukujących. Walcarki kalibrujące (wykańczające) mają 2 - 10 klatek i mogą mieć dwa lub trzy walce na klatkę. Gdy zmniejsza się obwód, zwiększa się grubość ścianki. W walcarkach rozciągająco-redukujących, które normalnie mają trzy walce na klatkę i do 30 klatek, wyeliminowany jest wzrost grubości ścianki, ponieważ podczas procesu stosowane są siły rozciągające między klatkami.

Rury do niewymagających zastosowań mogą być wysyłane bezpośrednio po walcowaniu. Dla wyższych wymagań jakościowych, zwłaszcza odnośnie dobrej ciągliwości, po walcowaniu jest zazwyczaj wykonywana obróbka cieplna. Może ona obejmować normalizowanie i odpuszczanie.

## 2.2.2 Oczyszczanie powierzchni wsadu i kondycjonowanie wsadu

Kęsiska płaskie, kęsiska kwadratowe/prostokątne i kęsy mogą posiadać wady powierzchniowe takie jak pęknięcia, rysy lub fałdy. Doprowadzenie powierzchni walcowanego wsadu do odpowiedniego stanu (kondycjonowanie) może być konieczne dla zapewnienia dobrej (wolnej od wad) powierzchni wyrobu walcowanego. Wady powierzchniowe półwyrobów mogą być usuwane za pomocą następujących procesów:

### ***Oczyszczanie płomieniowe***

Oczyszczanie płomieniowe usuwa wady powierzchniowe stali węglowych za pomocą płomienia tlenowego. Płomień jest stosowany do szybkiego topienia i utleniania powierzchni stali, podczas gdy oddzielne zasilanie noża tlenowego tlenem pod wysokim ciśnieniem usuwa z powierzchni tworzący się żużel. Oczyszczanie płomieniowe jest wykonywane albo ręcznie (małe partie, zwykle dla niektórych gatunków stali), albo maszynowo.

Zgorzelina z maszyny czyszczenia płomieniowego jest wmywana z powierzchni stali przez wodę pod wysokim ciśnieniem i doprowadzana do dołu wodnego, z którego usuwana jest za pomocą suwnicy. Woda jest oczyszczana i zwracana do obiegu. Przy ręcznym oczyszczaniu płomieniowym odpad metalowy jest zbierany za pomocą elektromagnesów.

Emisje pyłu z operacji oczyszczania ogniowego są zbierane i ograniczane zazwyczaj przez filtry elektrostatyczne (mokre lub suche).

### ***Szlifowanie***

Szlifowanie jest kolejnym sposobem usuwania wad powierzchniowych płyt, zwłaszcza w przypadku stali nierdzewnych i specjalnych gatunków stali nie jest możliwe płomieniowe usuwanie wad powierzchniowych. Z tego powodu wady muszą być usuwane przez szlifowanie. Proces szlifowania jest wykonywany ręcznie albo maszynowo. Szlifowanie ręczne jest wykonywane za pomocą trzymanyh w rękach szlifierek mechanicznych, w niektórych przypadkach w pomieszczeniach zamkniętych, wyposażonych w odciąg dymów, które są doprowadzane do filtrów tkaninowych. Szlifiereki maszynowe są wyposażone w samotok, który podpira materiał szlifowany i na którym materiał może być przemieszczany. Ściernica jest zamontowana na wózku, który umożliwia poruszanie jej tam i z powrotem nad materiałem szlifowanym. Zespół szlifiereki znajduje się w obudowie, z której zapyłone

powietrze powstające przy szlifowaniu jest zbierane i doprowadzane do filtra tkaninowego i oczyszczane w nim przed zrzucaniem do atmosfery.

### ***Cięcie kęsisk płaskich na wymiar***

W niektórych przypadkach kęsiska płaskie muszą być cięte na odpowiedni wymiar. Kęsiska płaskie typu klinowego, będące wynikiem nastawiania szerokości w maszynie ciągłego odlewania (nastawianie krystalizatora) i zmiany rozmiaru partii, muszą być doprowadzane do należytego stanu przez cięcie palnikiem w celu uzyskania pożądanego kształtu geometrycznego.

## **2.2.3 Piece grzewcze i piece do obróbki cieplnej**

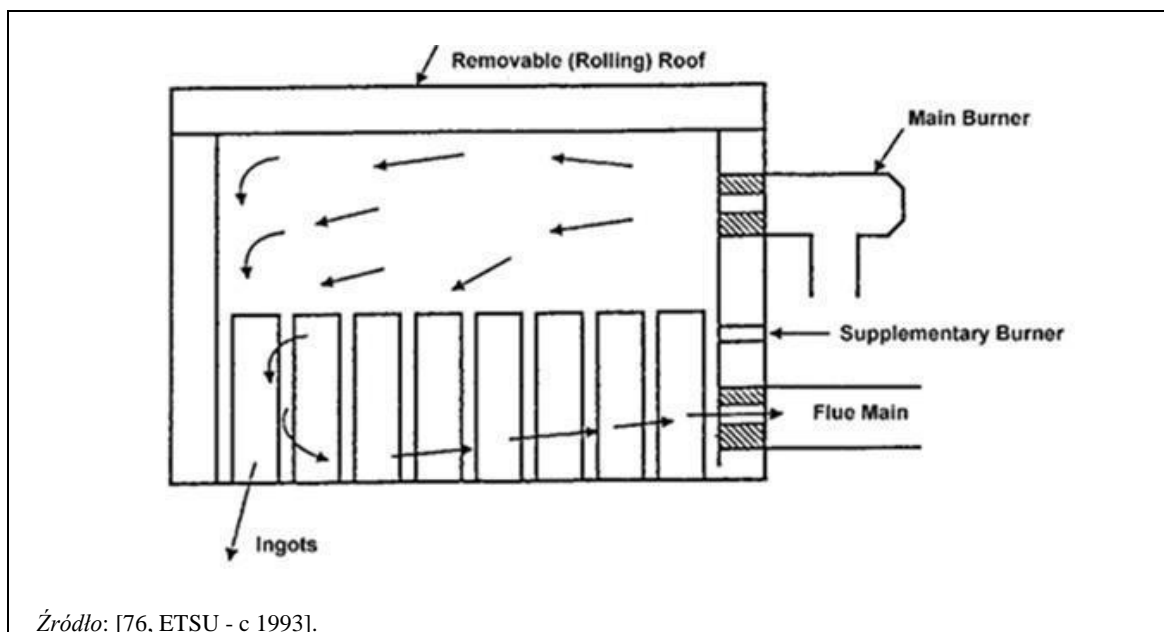
Do walcowania na gorąco wsad stalowy musi być podgrzewany do odpowiedniej temperatury walcowania pomiędzy 1050 i 1300°C; należy też zapewnić równomierny rozkład temperatury.

Zależnie od materiału wsadowego i od procesu walcowania na gorąco, grzanie jest przeprowadzane w różnego rodzaju piecach takich jak piece wgłębne, piece przepychowe, piece pokroczne, piece z obrotowym trzonem i inne. Piece te są opalane bezpośrednio zazwyczaj olejem, gazem ziemnym lub gazami hutniczymi takimi jak gaz koksowniczy (COG) i gaz wielkopiecowy (BFG). Zależnie od mediów grzejnych będą występować różne emisje gazów odlotowych (głównie SO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub>).

### **2.2.3.1 Piece nieprzelotowe**

Piece nieprzelotowe są często stosowane dla stali specjalnych i odkuwek. Typowym przykładem pieca nieprzelotowego jest **piec wgłębny**, stosowany do grzania wlewków z odlewania konwencjonalnego, kęsisk płaskich i innego wsadu. Składa się on z komór wyłożonych materiałami ogniotrwałymi, w których wsad jest ustawiany pionowo (wlewków z odlewania konwencjonalnego) lub poziomo (kęsiska płaskie). Ruchoma pokrywa umożliwia ładowanie wsadu i wyciąganie go do walcowania. Dla zachowania energii wlewków konwencjonalne mogą być ładowane bezpośrednio po wyciągnięciu z wlewnic. Typowa pojemność pieca wynosi 50 do 170 ton, przy mocy cieplnej 9,5 MW (Th) i wydajności 10,7 t/h

Piece wgłębne nie mają już powszechnego zastosowania, ponieważ coraz więcej stali jest odlewanej w sposób ciągły, to jest w procesie, który często umożliwia pominięcie pieców wgłębnych. Przykład pieca wgłębnego jest pokazany na rysunku 2.18. [87, EUROFER 1998].



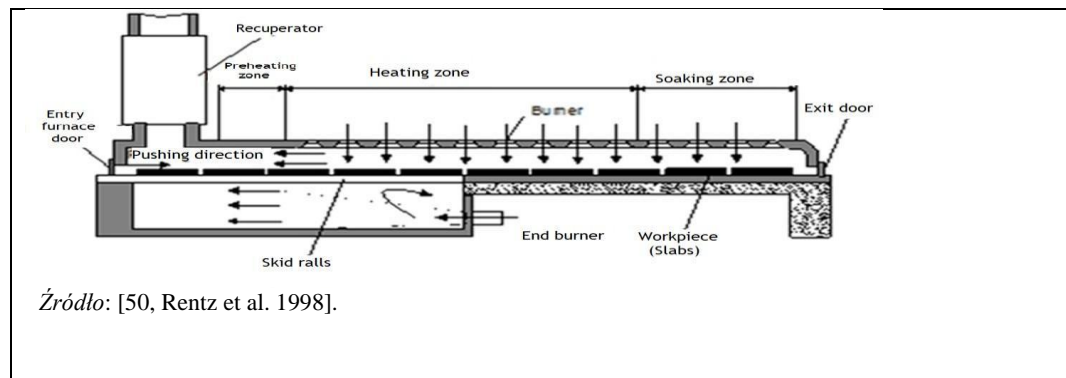
Rysunek 2.18: Piec węglbny

Innym rodzajem pieca nieprzelotowego jest piec z wysuwającym trzonem. Wsad jest wprowadzany do komory pieca na wózku zwrotnym. Komora pieca jest zamykana za pomocą drzwi i wsad jest grzany. Po osiągnięciu zadanej temperatury drzwi są otwierane i wózek z wsadem jest wysuwany z pieca, a kęsisko płaskie lub odlew są zabierane do dalszej przeróbki. [87, EUROFER 1998].

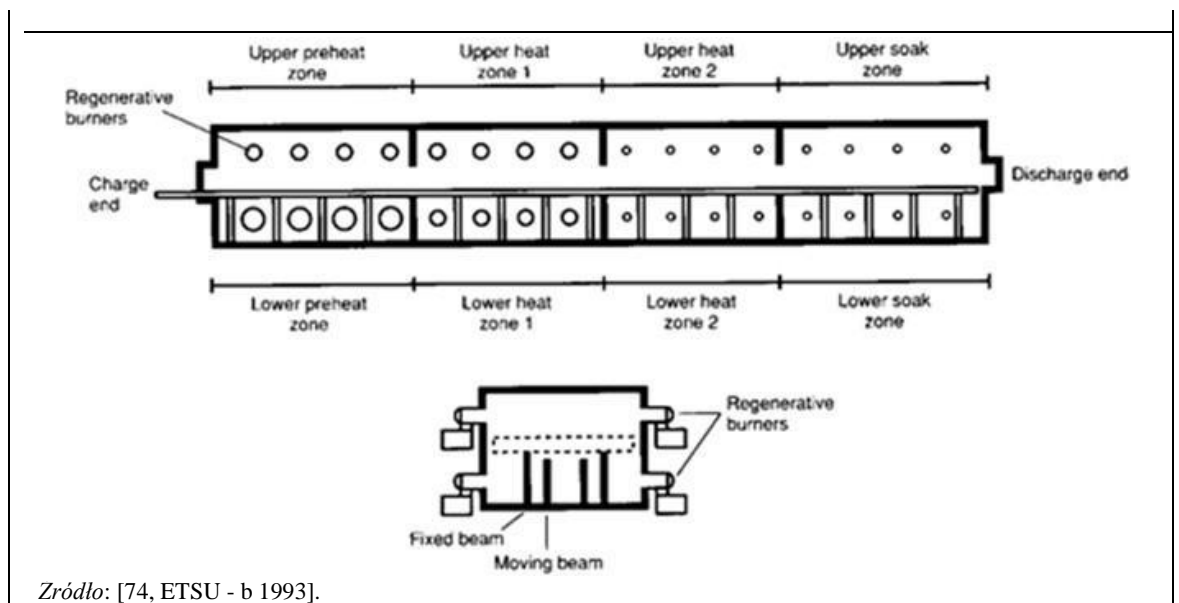
### 2.2.3.2 Piece przelotowe (ciągłe)

Większe piece są zazwyczaj zasilane wsadem w sposób ciągły. Wsad jest przepychany przez piec przez kolejny wsad (**piec typu przepychowego**) lub jest przemieszczany przez belki kroczące (**piec pokroczny**), przez trzon pokroczny lub na/między rolkami.

Przykłady pieców dużej wielkości (> 20 MWth) - pieca przepychowego i pieca pokrocznego - są pokazane na rysunku 2.19 i na rysunku 2.20. Obecnie największymi pracującymi piecami są piece pokroczne w Voestalpine Linz o mocy 180 MWth i 420 t/h i piece przepychowe o mocy cieplnej 200 MW (Th). [87, EUROFER 1998].



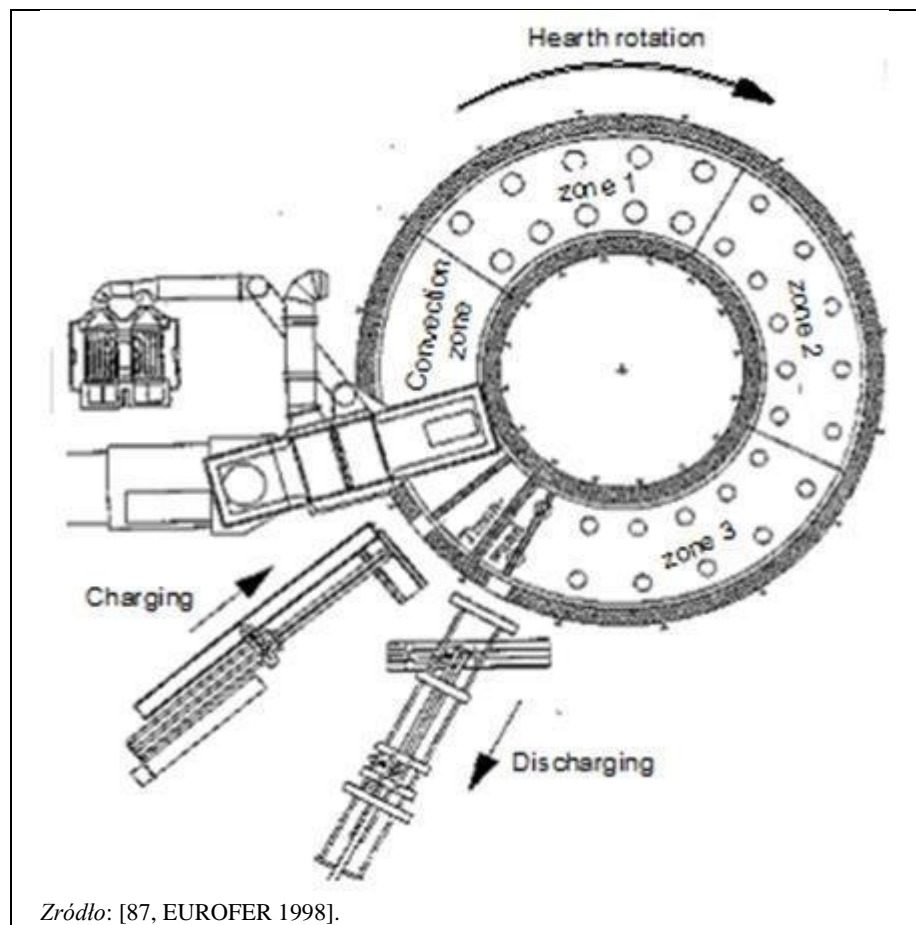
Rysunek 2.19: Piec przepychowy



Rysunek 2.20: Piec pokroczny

W **piecu z trzonem obrotowym** (patrz Rysunek 2.21) materiał wsadowy jest umieszczony na trzonie obrotowym. Podczas kampanii pieca (trzon się obraca) materiał jest grzany i wyładowywany po zakończeniu

obrotu



Rysunek 2.21: Typowa konstrukcja pieca z trzonem obrotowym.

## 2.2.4 Usuwanie (zbijanie) zgorzeliny

Przed walcowaniem musi być usunięta zgorzelina przywarta do powierzchni wsadu, tworząca się podczas grzania, aby uniknąć zanieczyszczenia powierzchni wsadu zgorzeliną wgniataną przez walce (tak zwana "zgorzelina zawalcowana").

Mechaniczne usuwanie zgorzeliny, przy którym przywarta zgorzelina jest mechanicznie rozbijana w lekkim przepuszczeniu (przeważnie w kłatkach duo) a następnie usuwana strumieniem wody lub mechanicznie (za pomocą szczotek), jest już rzadko stosowane. Dzisiaj powszechnie stosowaną metodą usuwania zgorzeliny jest jej łamanie i zbijanie za pomocą strumienia wody pod wysokim ciśnieniem. Woda robocza o ciśnieniu od 120 do 250 bar (wyjątkowo 600 bar) jest podawana na powierzchnię materiału przez płaskie dysze. Dla efektu czyszczenia ciśnienie udarowe (tj. ciśnienie określone przez odległość między dyszami zbijającymi zgorzelinę i wsadem walcowanym) jest ważniejsze niż ciśnienie w układzie wodnym. Podczas całego procesu walcowania stosowane są następujące techniki:

- Pierwotne zbijanie zgorzeliny w tak zwanych wysokociśnieniowych zbijaczach zgorzeliny, zainstalowanych przed wejściem do zespołu kłatek wstępnych i wyposażonych w 1 lub 2 pary - niekiedy nastawialnych - rur rozgałęźnych wody zbijania zgorzeliny.
- Zbijanie zgorzeliny w zespole kłatki walcowniczej za pomocą rur rozgałęźnych wody zbijania, umieszczonych nad i pod przejściem blachy grubej po obu stronach kłatki nawrotnej i na stronie wejściowej w przypadku kłatek ciągłych.
- Zbijacz zgorzeliny na wejściu do zespołu kłatek wykańczających, do usuwania zgorzeliny wtórnej, to jest zgorzeliny tworzącej się na taśmie wstępnej na samotoku transportowym zespołu kłatek wykańczających.



- Pary natrysków zbijających zgorzelinę klatek walcowniczych, zainstalowanych na wejściu do pierwszej klatki zespołu klatek wykańczających. [87, EUROFER 1998].

W przypadku linii produkcyjnych wyrobów długich rury rozgałęźne wody zbijania zgorzeliny są zaprojektowane albo jako pierścienie natryskowe albo jako kombinacja pionowych lub poziomych rur rozgałęźnych, czasami nastawialnych odpowiednio do przekroju poprzecznego materiału, dla dobrego usuwania zgorzeliny z wszystkich powierzchni materiału. [87, EUROFER 1998].

## 2.2.5 Walcowanie osadcze

Walcowanie osadcze jest zazwyczaj stosowane przy produkcji taśm i blach grubych. Kęsiska płaskie, produkowane w maszynie ciągłego odlewania, są dostarczane w pewnych zdefiniowanych, stopniowanych wymiarach szerokości. Szerokość musi być zredukowana odpowiednio do podanego wymiaru taśmy walcowanej, z nadatkiem materiału na okrawanie tak wąskim, jak to możliwe (minimalizacja ilości złomu i poprawa uzysku). W większości przypadków ta redukcja szerokości jest wykonywana na tak zwanych klatkach osadczych (klatki walcownicze z walcami pionowymi) - ostatnio nawet w prasach dla kęsisk płaskich - które są instalowane przed zespołem klatek wstępnych. Dokładność redukcji szerokości i optymalne zbliżenie do kształtu prostokątnego wpływają na ilość złomu z obcinania końców odpadowych (przedni i tylny koniec) na walcowni i na wykańczalniach (okrawanie krawędzi).

## 2.2.6 Walcowanie wstępne

Walcowanie wstępne określa pierwszą dużą redukcję przeprowadzaną na przychodzącym gorącym wsadzie przeznaczonym do produkcji taśm, prętów i kształtowników. Najczęściej zespół klatek wstępnych składa się z jednej lub więcej klatek poziomych do redukcji grubości, łącznie z klatkami osadczymi (klatki pionowe), usytuowanymi przed klatką do walcowania na zadaną szerokość. Nawrotne klatki wstępne są niekiedy wyposażone w klatki osadcze na obu końcach klatki walcowniczej [87, EUROFER 1998].

## 2.2.7 Zespół klatek walcowniczych taśm/zespół klatek wykańczających.

Zazwyczaj walcarka wykańczająca składa się z szeregu klatek walcowniczych, ustawionych jedna za drugą. Klatki mają schodkowe kotliny walcownicze tak, że redukcja grubości na żadaną grubość końcową następuje w jednym przepuszczeniu "transfer bar" (transfer bar = materiał po walcierce wstępnej). Liczba klatek zależy od gatunku stali i grubości materiału wsadowego (kęsiska płaskie), jak również od zakresu grubości taśm gotowych.

Nożyce do obcinania końców odpadowych, umieszczone przed klatkami wykańczającymi, służą do obcinania końców taśm wstępnych, które to końce mogą mieć kształt języka lub rybiego ogona. Zapewnia to bezpieczne wejście do zespołu klatek wykańczających i chroni walce przed uszkodzeniem, jak również zapobiega powstawaniu złomu.

W większości przypadków instalowany jest dodatkowy zbijacz zgorzeliny (natryski wodne zbijające zgorzelinę), jak opisano wyżej, pomiędzy nożycami obcinania końców odpadowych i zespołem klatek wykańczających. Czasami istnieje również dodatkowa klatka pionowa, która służy głównie do prowadzenia taśmy, ale okazjonalnie również do mniejszych regulacji szerokości..

### *Zwijarki*

Taśmy walcowane na gorąco o długości do 2 km, i nawet większej, są zwijane na tak zwanych zwijarkach nadpodłogowych (niekiedy podpodłogowych) na końcu linii walcowniczej, z prędkościami do 20 m/s i więcej. Gorąca taśma jest prowadzona wokół rozszerzalnego trzpienia przez specjalnie rozmieszczone rolki owijające. Po około 3 - 4 zwojach rolki owijające są podnoszone i taśma nawijana

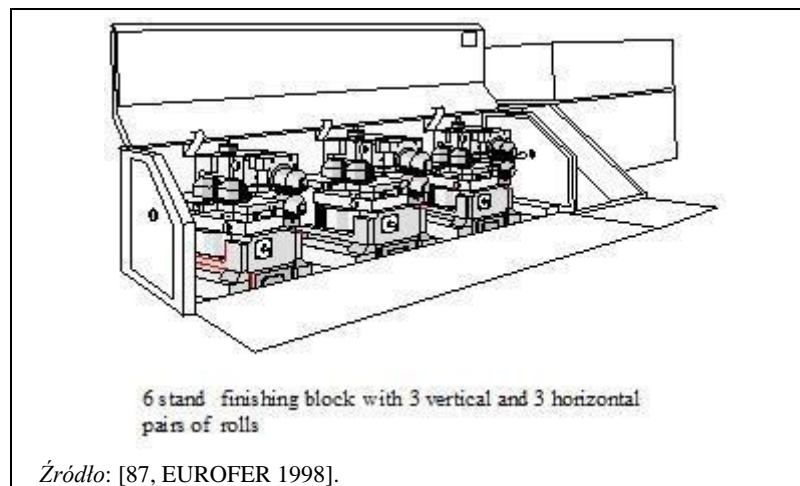


jest na rozszerzony trzpień. Po zakończeniu operacji zwijania, trzpień się kurczy i gorący krąg jest transportowany do stacji wiązania taśmą za pomocą wózka do kręgów. [87, EUROFER 1998].

### 2.2.8 Zespół klatek walcowniczych walcówki/zespół klatek wykańczających.

Zespół klatek wykańczających walcarki prętów (walcówki) składa się z bloków walcowniczych z do 10 zestawów naprzemiennych par walców poziomych i pionowych, jak pokazano na rysunku 2.22.

W końcowych etapach walcowania osiągnęte są prędkości ponad 100 m/s. Walce wstępne i pośrednie są wykonane najczęściej ze stali utwardzonej lub z żeliwa, natomiast walce wykańczające są wykonane z węgla, który jest materiałem szczególnie odpornym na zużycie. Typową kalibracją stosowaną dla walcarek walcówki jest sekwencja naprzemiennych wykrojów okrągłych i owalnych.



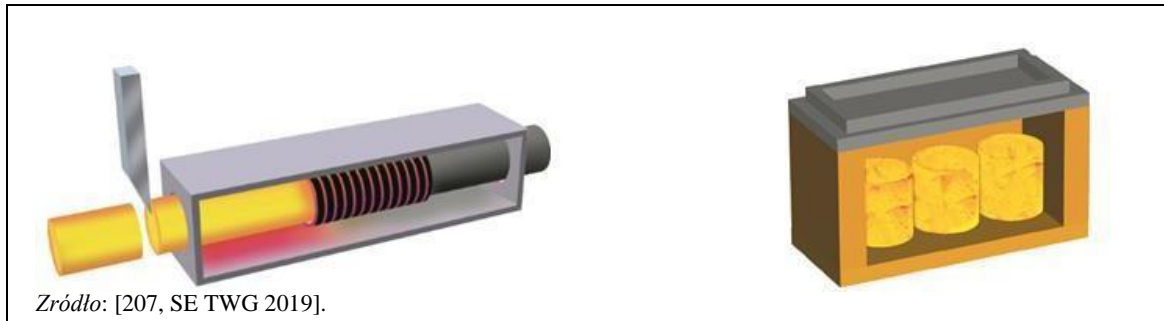
Rysunek 2.22: Układ walców zespołu wykańczającego walcówki

### 2.2.9 Walcowanie blach grubych

Walcowanie blach grubych przez operację nawracania jest podobne do walcowania wstępnego przy produkcji taśm. Kęsiska płaskie są walcowane na blachy grube w tak zwanych operacjach walcowania wielostopniowego, gdzie kęsiska płaskie są wydłużane, obracane o 90° za pomocą rolek stożkowych na specjalnym samotoku, rozszerzane, obracane ponownie i walcowane na pożądaną grubość.

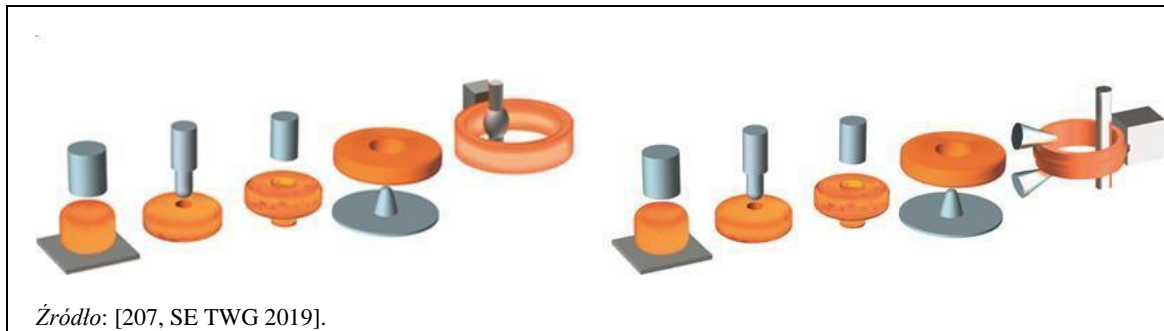
### 2.2.10 Walcowanie pierścieni

Aby wyprodukować pierścienie przez walcowanie pierścieni, pierwsze dwa etapy procesu to ogrzewanie i cięcie kęsów/ingotów na półfabrykaty. Ciężkie półfabrykaty do produkcji pierścieni są cięte na zimno za pomocą pił. Po podgrzaniu w temperaturze około 1 200 C w piecach elektrycznych lub zasilanych gazem płynnym, półfabrykaty są dziurowane w prasie przed walcowaniem materiału w walcarkach. Wyprodukowane pierścienie są zazwyczaj poddawane obróbce cieplnej po walcowaniu, a niektóre pierścienie są obrabiane w oczyszczarkach w celu usunięcia zgorzeli walcowniczej.[207, SE TWG 2019].



*Źródło:* [207, SE TWG 2019].

Rysunek 2.23: Materiał pocięty na wykroje po wygrzaniu w piecu indukcyjnym i wykroje wygrzane w piecu wsadowym po cięciu na zimno



*Źródło:* [207, SE TWG 2019].

Rysunek 2.24: Wykroje przebijane, prasowane i walcowane w walcarce promieniowej i walcarce osiowej

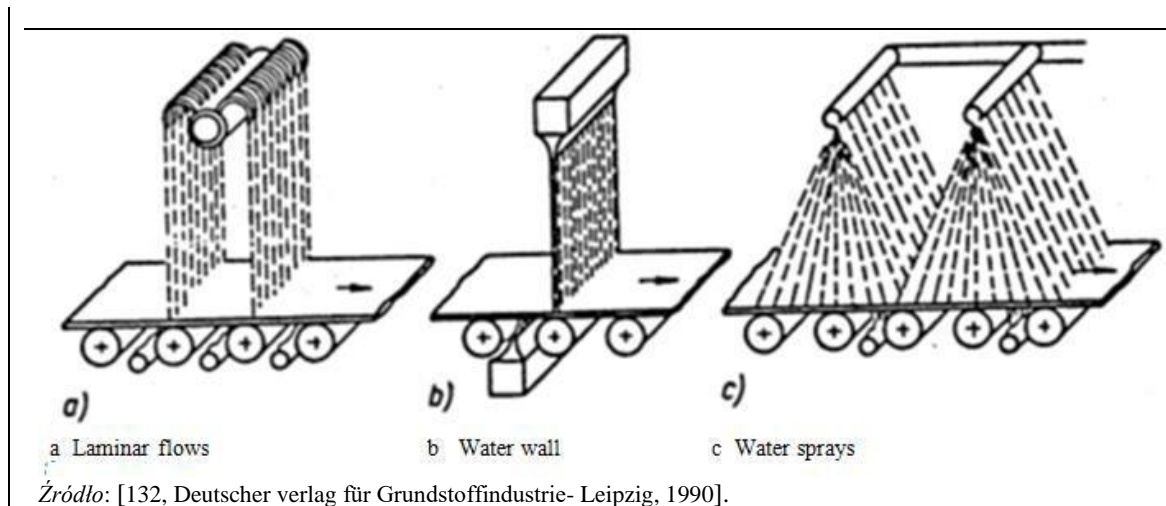
### 2.2.11 Transport materiału wsadowego pomiędzy kłatkami walcowniczymi

Zazwyczaj do transportu materiału walcowanego służą samotoki umieszczone wzdłuż całego zespołu klatek walcowniczych taśm. Samotoki te składają się z pojedynczych rolek metalowych drążonych i/lub pełnych (litych) z napędem indywidualnym lub grupowym, uzyskiwanym za pomocą silnika elektrycznego i przekładni, jeśli to konieczne.

W szczególnych przypadkach, na przykład przy późniejszej modernizacji walcowni, obejmującej zwiększenie ciężaru pojedynczych wyrobów lub zainstalowania dodatkowego wyposażenia, odległość pomiędzy klatką wstępną i klatką wykańczającą nie jest już wystarczająca dla rozłączenia tych dwóch procesów. W takich przypadkach instalowane są pośrednie urządzenia magazynujące, tak zwane “coil boxes”, - opracowane przez STELCO, Steel Company of Canada Ltd. [87, EUROFER 1998].

### 2.2.12 Linie chłodzenia

W połączeniu z odpowiednią kontrolą temperatury w obrębie zespołów klatek wykańczających, linia chłodzenia zapewnia materiałowi pożądane parametry mechanicznotechnologiczne. Stal jest szybko schładzana przy zastosowaniu natrysków wodnych, ścian wodnych albo przepływów laminarnych (patrz rysunek 2.25).



Rysunek 2.25: Różne rodzaje chłodzenia wodą

W chwili pisania tego dokumentu najbardziej rozpowszechnione jest stosowanie chłodzenia z przepływem laminarnym na samotkach odprowadzających. Zazwyczaj rozgałęźne rury natryskowe (umieszczone nad i pod linią przejścia) są pogrupowane w sekcje, czasami o różnej wielkości przepływu wody. Każda sekcja i/lub każda rura rozgałęźna jest indywidualnie regulowana, tak aby można było realizować pożądaną temperaturę chłodzenia. Linie chłodzenia i indywidualne natryski są sterowane komputerowo, podczas gdy rozgałęźne rury natryskowe są włączane i wyłączane według skomplikowanych matematyczno-doświadczalnych modeli wspomaganych przez peryferyjne pomiary temperatury. [87, EUROFER 1998].

### 2.2.13 Produkcja blach cienkich i blach grubych

Do produkcji blachy cienkiej w arkuszach kręgi z taśmą walcowaną na gorąco są rozwijane za pomocą rozwijarek i taśma jest doprowadzana do linii cięcia blach, która jest wyposażona w prostownice do prostowania taśmy. Arkusze blachy walcowanej o pożądaną długości są układane w stosy i magazynowane na składowisku. [87, EUROFER 1998].

Arkusze blach grubych są produkowane na liniach cięcia blach po procesie walcowania. Blachy grube po okrawaniu obu boków i obcięciu końców odpadowych są cięte na pożądaną długość. Cięcie na wymiar, na specjalne wyroby, jest wykonywane przez skomputeryzowane sterowane numerycznie maszyny do cięcia (urządzenia do cięcia palnikowego, plazmowego lub laserowego). Jakość wewnętrzną blach grubych może być badana za pomocą technik ultradźwiękowych. Automatycznie pracujące defektoskopy ultradźwiękowe mogą być instalowane w samotoku odprowadzającym w linii cięcia blach.

Operacje wykańczania są sterowane komputerowo w większości instalacji. Bierze się również pod uwagę hartowanie i obróbkę cieplną blach grubych w linii po ostatnim przepuszczeniu walcowniczym jako sposób oszczędzania energii. [87, EUROFER 1998].

### 2.2.14 Obróbka cieplna blach grubych

Część gotowych blach grubych poddawana jest obróbce cieplnej. Przy **wyżarzaniu** stal jest ogrzewana do temperatury poniżej temperatury  $A_{c1}$  w celu zmniejszenia naprężeń. Dla celów **normalizowania** stal jest ogrzewana do temperatury powyżej temperatury przemiany i chłodzona powietrzem. Celem normalizowania jest uzyskanie drobnego ziarna i takiego rozkładu węgla żelaza, który będzie się łatwiej rozpuszczał, czyli uzyskanie struktury austenitycznej. Może być również stosowane

**hartowanie, odpuszczanie** i inne metody obróbki cieplnej.

Do tych celów stosuje się kilka różnych typów pieców, takich jak piec pokroczny, piec z trzonem samotokowym lub piec z trzonem wysuwającym. System ogrzewania i opalania takich pieców jest porównywalny z systemami związanymi z grzaniem wsadu. Do opalania pieców obróbki cieplnej stosować można wszystkie dostępne nośniki ciepła [87, EUROFER 1998].

### **2.2.15 Wytrawianie i olejenie stali walcowanej na gorąco**

W wielu zastosowaniach produkcyjnych i procesach wykorzystujących stal walcowaną na gorąco, zgorzelina jest niepożądana. Dlatego stal walcowana na gorąco jest wytrawiana w celu usunięcia zgorzeliny i olejona w celu zmniejszenia korozji. Procesy te są przeprowadzane w walcowni gorącej, aby stworzyć produkt dla użytkowników końcowych, zwany stalą trawioną i olejowaną na gorąco (stal HRPO).

### **2.2.16 Warsztat walców**

Walce robocze, jak również walce oporowe dla walcarek wstępnych i dla walcarek wykańczających są kondycjonowane zgodnie z dobrze zdefiniowanymi specyfikacjami, zależnie od produktu, który ma być walcowany. Kondycjonowanie walców jest przeprowadzane w warsztacie walców, gdzie stosowane są typowe techniki warsztatu mechanicznego, takie jak obróbka skrawaniem i szlifowanie. [87, EUROFER 1998].

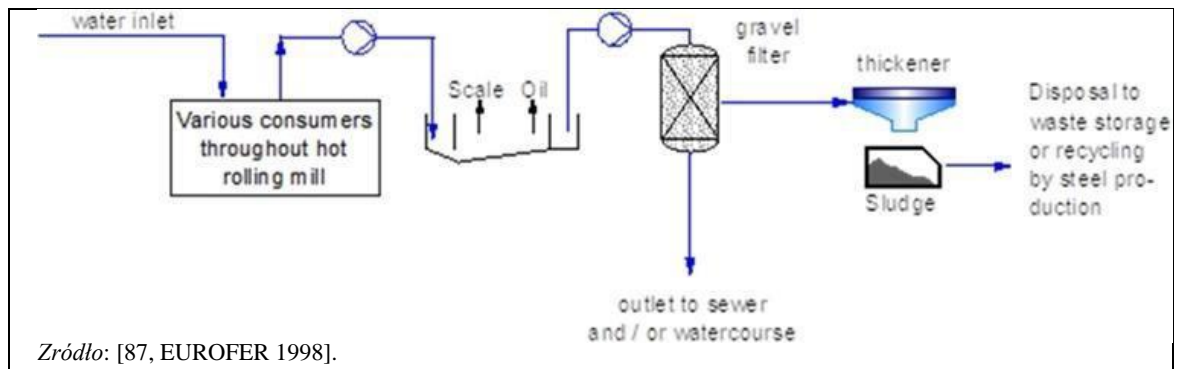
Warsztat walców zawiera najczęściej:

- Rejon chłodzenia, gdzie walce robocze są chłodzone na otwartym powietrzu albo przez zraszanie wodą.
- Rejon przygotowania, gdzie osprzęty są demontowane i montowane (w niektórych przypadkach maszyny warsztatu walców umożliwiają rekondycjonowanie walców bez uprzedniego demontażu).
- Rejon czyszczenia, gdzie walce, które mają być rekondycjonowane, są oczyszczane z osadów i smarów. (Techniki czyszczenia obejmują oczyszczanie parą, stosowanie alkalicznych roztworów odtłuszczających, stosowanie rozpuszczalników organicznych).
- Typowe wyposażenie warsztatu mechanicznego obejmujące tokarki i szlifierki, które posiadają indywidualny system chłodzenia, gdzie chłodziwo jest ciągle przerabiane w celu oddzielenia wiórów i szlamu szlifierskiego. [87, EUROFER 1998].

### **2.2.17 Obieg wody / Gospodarka wodna w walcowniach gorących**

Przez cały proces walcowania na gorąco i związane z nim etapy procesu woda stosowana jest do chłodzenia i dla celów technologicznych. Pośrednio chłodzone są zazwyczaj silniki elektryczne, piece grzewcze, pomieszczenia sterownicze i systemy energetyczne, aparatura kontrolno-pomiarowa i sterowanie procesem. Bezpośrednio chłodzona jest stal, rolki, piły, końce odpadowe, zwijarki i samotoki odprowadzające gorący materiał. Woda stosowana jest również do zbijania zgorzeliny, do spłukiwania zgorzeliny i do transportowania zgorzeliny. Wszędzie gdzie woda styka się z materiałem walcowanym (woda technologiczna) i sprzętem walcowniczym, ulega ona zanieczyszczeniu zgorzeliną i olejem.

Najprostszym stosowanym systemem wodnym jest obieg otwarty (system przepływowy) jak pokazano na rysunku 2.26. Woda jest pobierana z zasobów naturalnych (rzeka, jezioro, lub woda gruntowa), przepływa przez różnych odbiorców z walcowni gorącej i jest spuszczana ponownie do cieku wodnego.



Rysunek 2.26: Przykład przepływowego systemu wodnego

Zanieczyszczone wody chłodzenia i wody technologiczne są zbierane i oczyszczane przed zrzucaniem. Pierwszym etapem obróbki jest osadnik, w którym składniki stałe, głównie tlenki żelaza, osadzają się na dnie.

Osadzona zawiesina jest wybierana z osadnika przez odpowiednie urządzenia (koparka zgarniakowa, przenośnik ślimakowy, itd.) i, w przypadku hut o pełnym cyklu produkcyjnym, szlam jest zawracany do procesu produkcyjnego przez proces produkcyjny ciekłej surówki. Zanieczyszczenia olejowe pływające na powierzchni są usuwane za pomocą odpowiednich urządzeń zgarniających i są zrzucane do odpowiednich basenów zbiorczych.

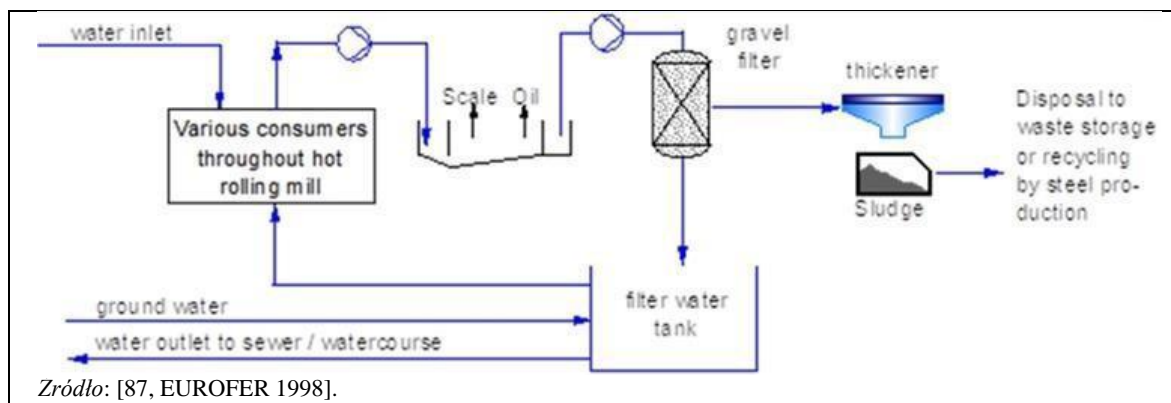
Wstępnie oczyszczona woda przelewowa jest dostarczana rurami do baterii filtrów, których liczba, wielkość i wydajność jest zaprojektowana odpowiednio do objętości wody. W większości przypadków te filtry są filtrami żwirowymi, to jest woda przelewowa jest oczyszczana przez przejście przez złoża żwirowe.

Zanieczyszczenia zbierane w filtrach żwirowych muszą być usuwane przez płukanie wsteczne, aby utrzymać działanie i sprawność filtrów w zakresie oddzielania zanieczyszczeń. Oczyszczona woda ściekowa z filtrów jest zrzucana do systemu ścieków kanalizacyjnych i/lub do jezior i rzek.

Wody zaszlamione (zawierające przeważnie tlenek żelaza) z baterii filtrów, są odszlamiane w zagęszczaczu. Przelew jest zawracany do systemu obiegu oczyszczania. Materiał wsadowy wysokiej jakości, zawarty w szlamie, jest dalej odwadniany i wywożony lub zawracany do procesu produkcyjnego stali, pod warunkiem, że dostępne jest odpowiednie wyposażenie techniczne.

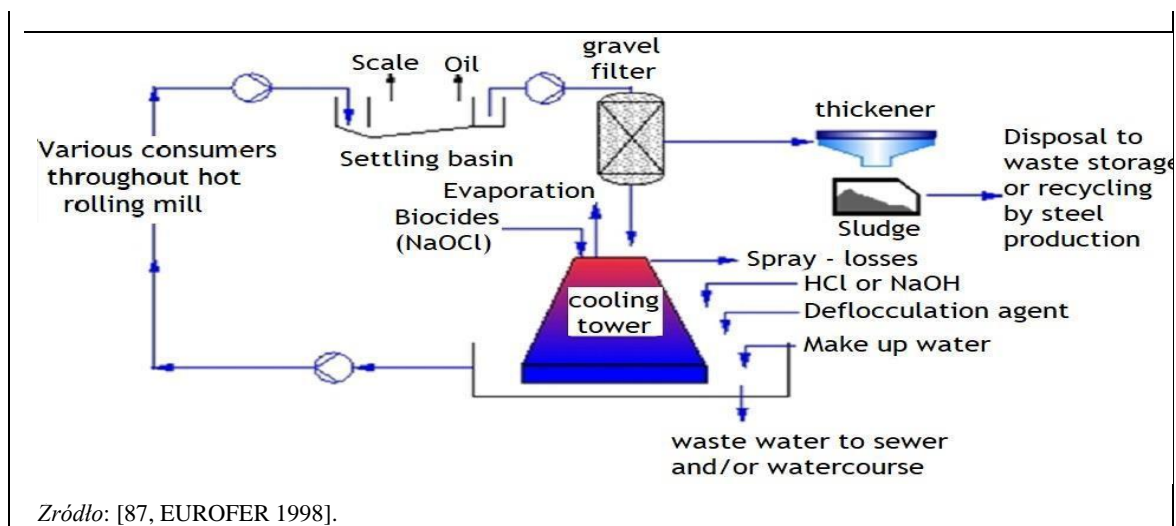
Aby zmniejszyć ilość ścieków lub uniknąć zrzucania ścieków, pochodzących z operacji walcowania na gorąco, wdrażane są obiegi pół-zamknięte i zamknięte.

W obiegach pół-zamkniętych, jak pokazano na rysunku 2.27, woda jest oczyszczana i częściowo ponownie wykorzystywana zależnie od temperatury. Urządzenia oczyszczania wody są takie same jak dla obiegów otwartych, ale filtrowane ścieki nie są zrzucane bezpośrednio. Zamiast bezpośredniego zrzucania ścieki są doprowadzane do basenu wody filtrowanej i mieszane ze świeżą zimną wodą, jeśli zachodzi taka potrzeba. Zależnie od temperatury wody mieszanej woda filtrowana jest zawracana do różnych odbiorców na walcowni gorącej i tylko przelew jest zrzucany. Stosownie do tego ilość wody obiegowej zależy od pór roku i położenia geograficznego.



Rysunek 2.27: Przykład pół-zamkniętego obiegu wody

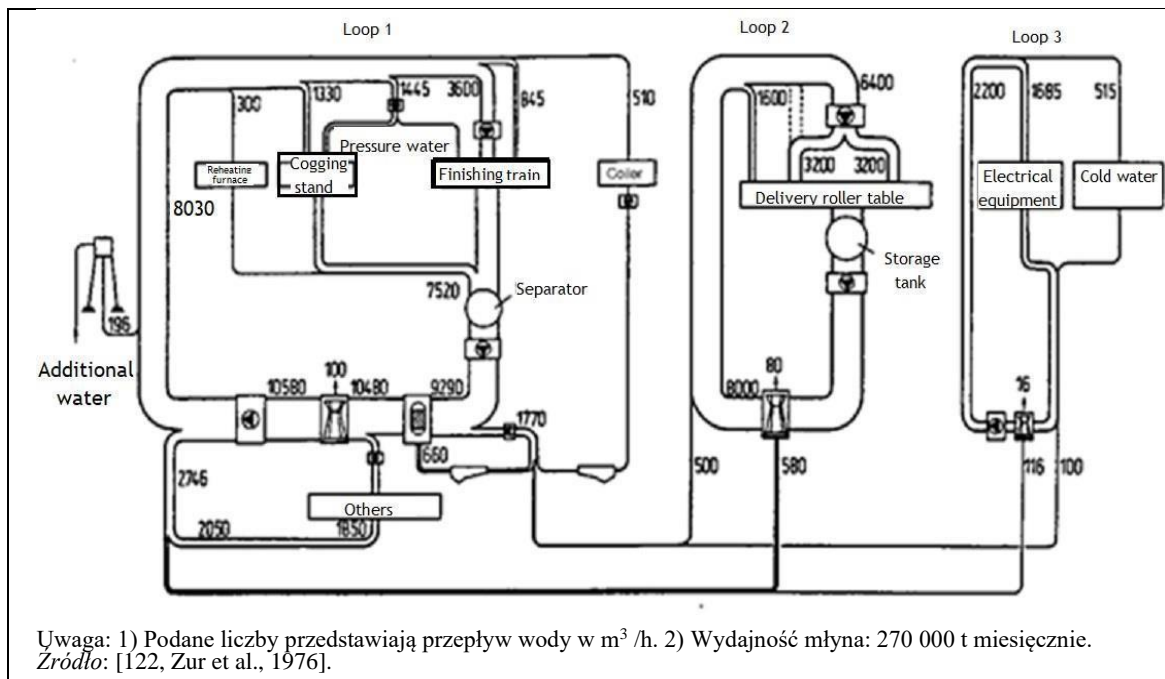
Przy stosowaniu **obiegów zamkniętych** (patrz rysunek 2.27) woda oczyszczona nie jest zrzucana, ale schładzana w chłodniach kominowych lub w wymiennikach ciepła do wymaganej temperatury i jest ponownie wykorzystywana w procesie walcowania. W walcowniach stosujących chłodnie kominowe zużycie wody jest ograniczone do wody dodatkowej (około 3 - 5 %) potrzebnej do uzupełniania strat na odparowanie i zrzucanie. Przy stosowaniu wymienników ciepła potrzebne są duże ilości recyrkulacyjnej wody schładzającej.



Rysunek 2.28: Przykład zamkniętego obiegu wody

Systemy zasilania wodnego i oczyszczania wody na walcowniach gorących są zazwyczaj bardzo skomplikowane, z kilkoma obiegami wodnymi, częściowo połączonymi wzajemnie z sobą i wielostopniowym wykorzystaniem wody. W niektórych przypadkach obieg wody walcowni gorącej jest sprzężony z systemami zasilania wodnego innych urządzeń produkcyjnych żelaza i stali, jak na przykład ciągle odlewanie. Przyczyną takiego połączenia jest podobieństwo zawartości ścieków i bliskość instalacji.

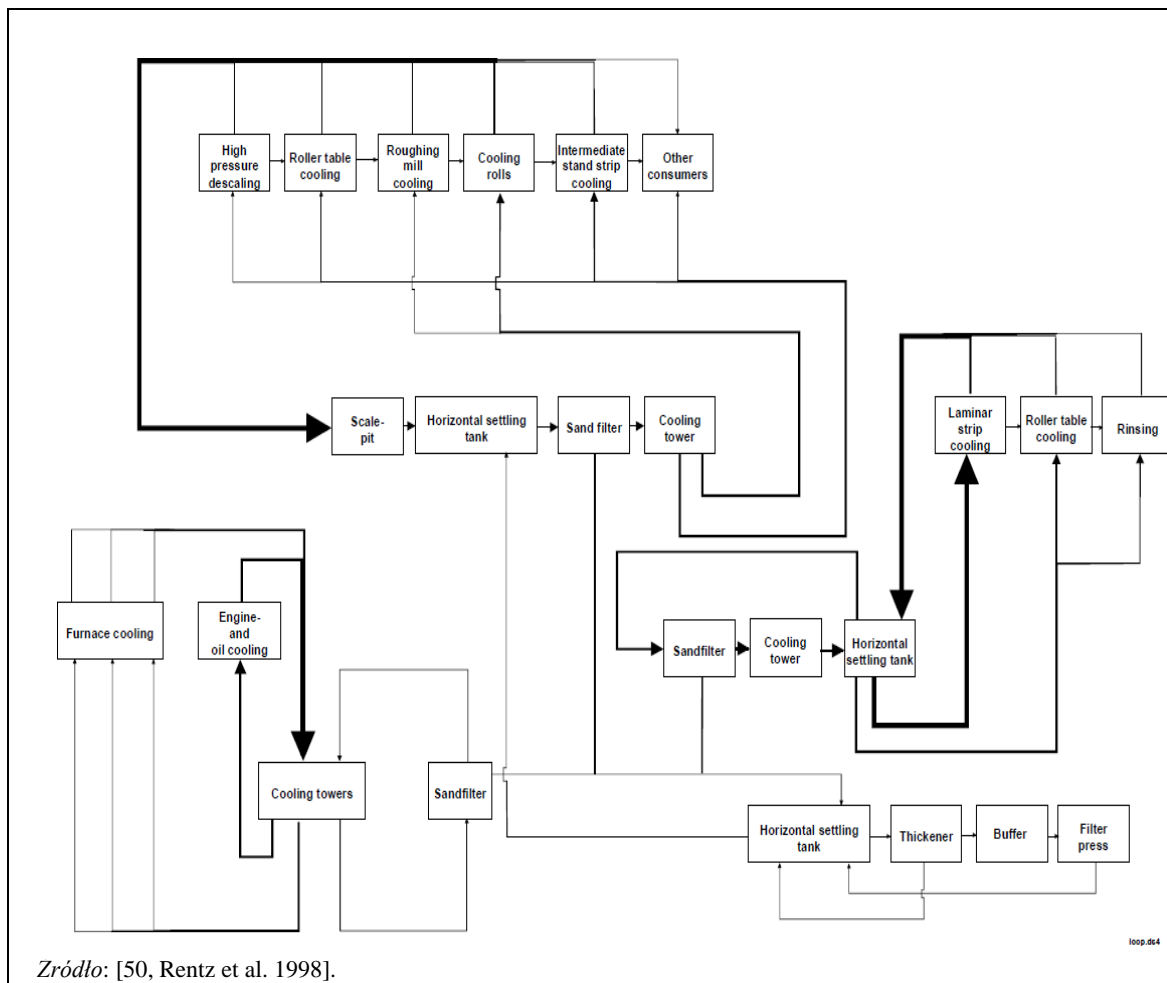




Rysunek 2.29: Obiegi wodne dla walcowni gorącej taśm

Rysunek 2.29 przedstawia system wodny walcowni gorącej taśm szerokich, gdzie zainstalowane są 3 obiegi wodne. Obieg 1 z przepływem 8030 m<sup>3</sup> /h; obejmuje klatkę wstępną, zespół klatek wykańczających i piec grzewczy; obieg 2 (8000 m<sup>3</sup> /h) obejmuje samotok doprowadzający, a obieg 3 (2200 m<sup>3</sup> /h) głównie wyposażenie elektryczne. Obiegi są połączone w taki sposób, że wejście wody dla obiegu 2 i 3 jest zasilane przez stronę czystej wody obiegu 1. Woda przemysłowa z obiegu 2 i 3 jest doprowadzana do urządzeń oczyszczających obiegu 1, a również woda zrzutowa obiegu 2 i 3 może być wyładowywana do obiegu 1.

Rysunek 2.30 przedstawia inny przykład systemu gospodarki wodnej dla walcowni gorącej taśm szerokich. W tym przypadku zainstalowane są obiegi do chłodzenia pieca i silnika, do chłodzenia klatek walcowniczych, chłodzenia laminarnego taśm i do chłodzenia samotoku.



Rysunek 2.30: Zastosowanie obiegów wodnych na walcowni gorącej

Zapobieganie powstawaniu ścieków przez stosowanie wody w obiegach lub w wielu operacjach jest dobrze znaną i szeroko rozpowszechnioną praktyką w hutnictwie. Walcownie gorące mają duże możliwości redukcji zużycia wody, jak też ilości zrzuconych ścieków z powodu dużego zapotrzebowania na wodę.

### 2.2.18 Gospodarka odpadami i produktami ubocznymi na walcowniach gorących

W operacjach walcowania na gorąco wytwarzane są, oprócz ścieków, różne rodzaje stałych i ciekłych produktów ubocznych i odpadów.

- Metalowe odpady i produkty uboczne.
- Zgorzelina/odpryski z oczyszczania płomieniowego.
- Pyły z oczyszczania płomieniowego i walcowania.
- Zgorzelina walcownicza (niezaolejona i zaolejona).
- Szlam z oczyszczania wody i szlam ze zgorzeliną walcowniczą.
- Szlam szlifierski (warsztat walców)
- Olej i smary stałe.

**Metalowe produkty uboczne/odpady**, takie jak złom, **wyroby w złym gatunku**, końce odpadowe, itd. pochodzące z walcowania na gorąco są zazwyczaj raczej czyste i łatwe do zwrócenia do procesów metalurgicznych (np. do konwertora LD).



Zgorzelina bezolejowa i zgorzelina zaolejona o niskiej zawartości oleju (< 1%) jest zawracana bezpośrednio do procesu metalurgicznego, zazwyczaj przez spiekalnię. Zaolejone szlasy żelazne z zawartością FeO do 80%, jak **zaolejona zgorzelina walcownicza i szlasy szlifierskie**, uzyskane na instalacjach oczyszczania wody, muszą być kondycjonowane przed zawracaniem do wewnętrznego procesu.

Zgorzelina jest również sprzedawana do zewnętrznego wykorzystania (np. producentom cementu) lub jest dostarczana do zewnętrznej firmy do obróbki (zazwyczaj obróbka cieplna dla wypalenia oleju). Zakłady obróbki cieplnej mogą uzyskiwać produkt z zawartością żelaza około 60 - 70 %. Jeśli zawartość oleju w zgorzelinie walcowniczej wynosi około 4,5 %, to zakład obróbki cieplnej nie zużywa dodatkowej energii na usuwanie oleju ze zgorzeliny.

**Pyły zawierające tlenki** z urządzeń oczyszczających powietrze, na przykład z filtrów workowych do usuwania tlenków z klatek walcowniczych, mogą być bez ryzyka zawracane do produkcji stali (np. na spiekalnię).

**Oleje i smary stałe**, oddzielane i zbierane na różnych etapach, stanowią źródło energii i mogą być wykorzystane jako paliwa wtórne, na przykład przez wtryskiwanie do wielkiego pieca lub w procesie wytwarzania koksu. Odwadnianie mogłoby być warunkiem wstępnym. Alternatywnie, materiały te mogą być stosowane w piecach koksowniczych do zwiększania gęstości nasypowej węgla przed koksowaniem.[87, EUROFER 1998] [37, Hot Rolling Shadow Group 2000].

**Emulsja przepracowana** z warsztatu walców lub od innych odbiorców może być rozdzielana na składniki: olej i wodę. Oddzielony olej może być wykorzystywany cieplnie lub zawracany do obiegu zewnętrznego. [37, Hot Rolling Shadow Group 2000].

## 2.3 Obecne poziomy zużycia i emisji dla walcowni gorących

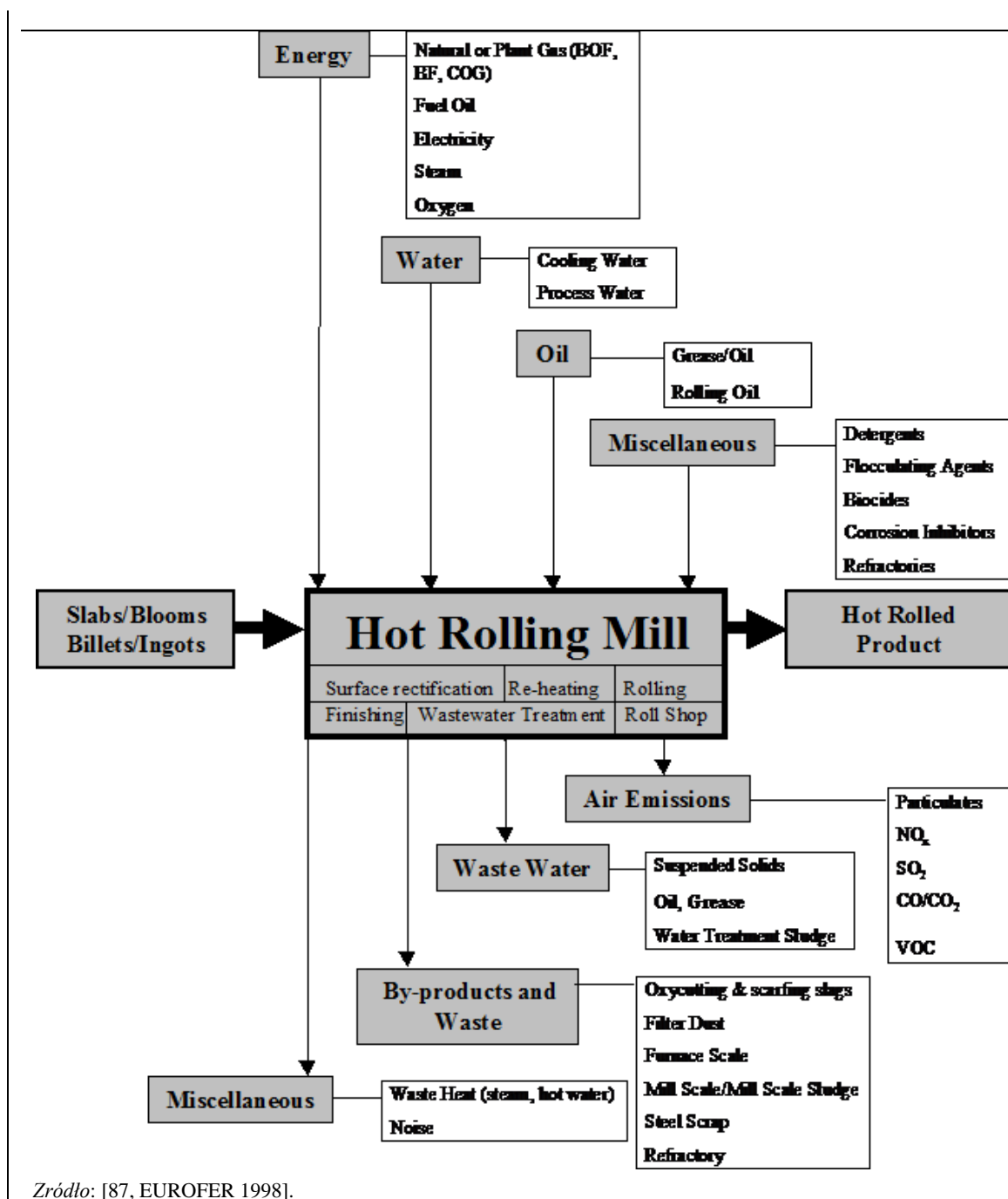
W kolejnych sekcjach przedstawiono dane dotyczące zużycia i emisji zgłoszone przez zakłady walcowania na gorąco w całej UE, które wzięły udział w gromadzeniu danych FMP w 2018 r. (w sumie 125 zakładów). Odpowiednie zakłady zostały wymienione w pkt 11.1, gdzie można znaleźć listę instalacji/zakładów, które uczestniczyły w gromadzeniu danych w 2018 r. na potrzeby przeglądu FMP BREF.

### **Postępowanie z poufnymi informacjami biznesowymi (CBI)**

Dane dotyczące zużycia energii, materiałów i wody zostały uznane przez operatorów zakładów za CBI. W celu zachowania poufności danych, nazwy zakładów nie są bezpośrednio wymieniane na wykresach, ale są zastępowane przez anonimowe i losowo przypisane kody CBI. Ponadto nie uwzględniono żadnych informacji kontekstowych (np. parametrów procesu lub zastosowanych technik), ponieważ mogłyby one ujawnić tożsamość zakładów. Na rysunkach podano jedynie kategorię stali i wyroby stalowe, pod warunkiem że w zbiorze danych zgłoszono więcej niż 5 różnych wartości zużycia. Jeżeli zgłoszono mniej niż 5 różnych wartości zużycia, dane są przedstawione w kategorii oznaczonej jako "inne" bez wskazania kategorii stali lub wyrobu stalowego na rysunku w celu zachowania poufności. Wszystkie dane dotyczące zużycia są przedstawione w porządku rosnącym według wartości maksymalnego jednostkowego zużycia energii.

### **2.3.1 Przegląd przepływu masy**

Rysunek 2.31 przedstawia przegląd różnych wejść (np. rodzaje wyrobów stalowych, energia, woda, olej) i wyjść (np. wyrób walcowany na gorąco, emisja do powietrza i wody, produkty uboczne i odpady) w typowej walcowni gorącej.



Rysunek 2.31: Przegląd wejść/wyjść dla walcowni gorących

## 2.3.2 Zużycie energii

### Zużycie energii

Huty z pełnym cyklem produkcyjnym próbują wykorzystywać do użytku wewnętrznego gazy powstające w procesach produkcyjnych w maksymalnym możliwym stopniu. W związku z tym gaz wielkopieczowy, gaz koksowniczy, gaz konwertorowy, gaz ziemny i wiele różnych kombinacji tych gazów (tak zwane gazy mieszane) są stosowane w piecach ciągłych (przelotowych).

Zużycie energii przez te piece zależy od kilku parametrów takich jak:

- konstrukcja pieca (przepychowy, pokroczny itp.);
- Cykl produkcyjny i harmonogram obciążenia zmian roboczych (czas produkcji) [41, UK 1999];

- Projektowa długość strefy rekuperacyjnej w piecu;
- budowa palnika;
- zastosowanie rekuperatorów lub systemu regeneracji;
- wydajność produkcyjna pieca;
- układ stref grzewczych;
- temperatura ładowanego wsadu;
- Temperatura ogrzewania i temperatura wyładowywanego wsadu;
- dokładność regulacji termicznej;
- stopień izolacji cieplnej pieca [87, EUROFER 1998];
- punkt operacyjny w stosunku do punktu projektowego;
- zawartość O<sub>2</sub> w atmosferze. [153, EUROFER 2019].

Podczas zbierania danych, dane dotyczące jednostkowego zużycia energii przez zakłady (tj. MJ energii zużytej na tonę przepustowości procesu) zostały zgłoszone dla następujących procesów:

- dogrzewanie wsadu, ogrzewanie pośrednie i ogrzewanie wtórne;
- walcowanie na gorąco dla procesów walcowania, w tym wstępnego i wykańczającego.

Rysunek 2.32, Rysunek 2.33 i Rysunek 2.34 przedstawiają dane dotyczące jednostkowego zużycia energii odpowiednio dla dogrzewania wsadu, ogrzewania pośredniego i ogrzewania wtórnego. Rysunek 2.35 przedstawia zgłoszone dane dotyczące specyficznego zużycia energii w walcowaniu na gorąco dla procesów walcowania, w tym wstępnego i wykańczającego. Dane te przedstawiają wartości rocznego jednostkowego zużycia energii dla każdej linii zakładu. W przypadku danych liczbowych związanych z konkretnym zużyciem energii na ogrzewanie materiału wsadowego, zgłoszone wartości odpowiadają średnim wartościom konkretnego zużycia energii dla wszystkich pieców dla każdej linii.

### **Ponowne podgrzewanie materiału wsadowego**

W tabeli 2.6 podsumowano zakresy zaobserwowane w odniesieniu do jednostkowego zużycia energii podczas ponownego podgrzewania materiału wsadowego, w zależności od kategorii stali, wyrobu stalowego i gatunku stali. W sumie 97 zakładów dostarczyło dane dotyczące jednostkowego zużycia energii. Znaczna większość danych dotyczących jednostkowego zużycia energii mieści się w przedziale od 390 MJ/t do około 5 400 MJ/t. Tylko dwa zakłady podały wyjątkowo wysokie wartości jednostkowego zużycia energii, które można uznać za wartości odstające (patrz Rysunek 2.32).

Tabela 2.6: Zakresy jednostkowego zużycia energii przy dogrzewaniu wsadu

Kategoria stali <i>Wyroby stalowe</i>	Gatunek stali	Jednostkowe zużycie energii MJ/t (średnia roczna)
<b><i>Płaska</i></b>		
<i>Kręgi walcowane na gorąco (taśmy)</i>	Stal węglowa	1 100-1 800
	Stal wysokostopowa	1 900- 2 750
<i>Blachy grube ciężkie</i>	Stal węglowa	1 190-2 300
	Stal wysokostopowa	2 000-2 870
<b><i>Długa</i></b>		
<i>Walcówka, pręty</i>	Stal węglowa	590-2 300
	Stal wysokostopowa	1 100-5 400
<i>Belki, kęsy, szyny, rury</i>	Stal węglowa	1 350-2 650
<i>Inne</i>	Stal węglowa	1 500-6 000

*Źródło: [150, FMP TWG 2018].*

### Pośrednie ogrzewanie materiału wsadowego

Jedynie 8 zakładów przedstawiło dane dotyczące jednostkowego zużycia energii na ogrzewanie pośrednie wsadu. Wszystkie zgłoszone dane dotyczyły produkcji produktów długich i mieściły się w zakresie od 76 MJ/t do 870 MJ/t.

### Dogrzewanie materiału wsadowego

W tabeli 2.7 podsumowano zakresy zaobserwowane w odniesieniu do jednostkowego zużycia energii na podgrzewanie wtórne materiału wsadowego w zależności od kategorii stali, wyrobu stalowego i gatunku stali. W przypadku dogrzewania wsadu 29 zakładów dostarczyło dane o jednostkowym zużyciu energii w przedziale od 290 MJ/t do 7 500 MJ/t.

Tabela 2.7: Zakresy jednostkowego zużycia energii dla dogrzewania wsadu

Kategoria stali Wyroby stalowe	Gatunek stali	Jednostkowe zużycie energii MJ/t (średnia roczna)
<b>Plaska</b>		
Blachy grube ciężkie	Stal węglowa	1 000-2 000
	Stal wysokostopowa	1 500-4 400
<b>Długa</b>		
Walcówka, pręty	Stal węglowa	900 -5 300
	Stal wysokostopowa	1 150-3 600
Inne	Stal węglowa	290-7 500

Źródło: [150, FMP TWG 2018].

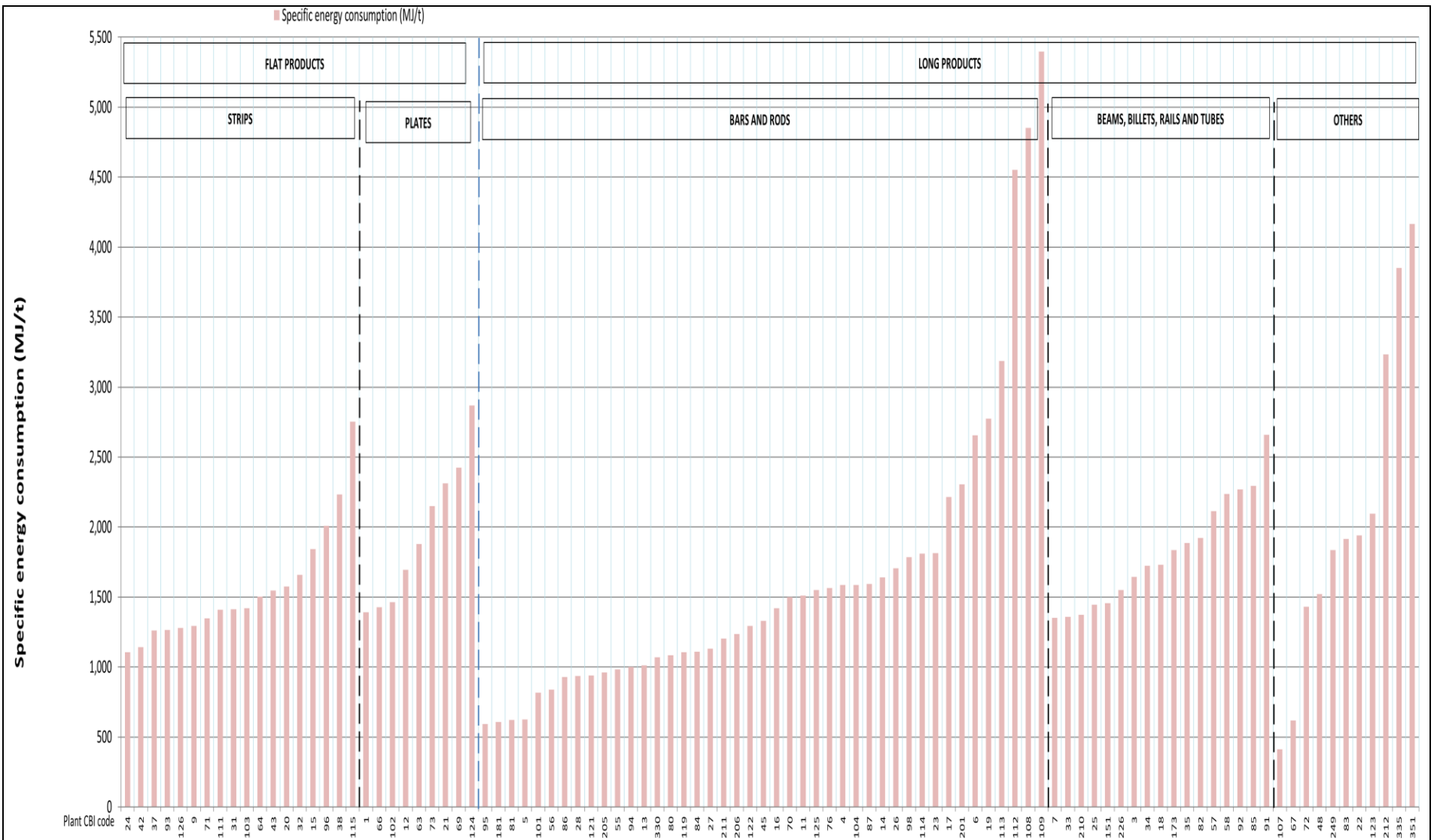
### Walcowanie na gorąco, w tym wstępne i wykańczające

Zapotrzebowanie na energię dla walców napędzanych silnikiem w walcowaniu na gorąco zależy od stopnia deformacji, temperatury przedmiotu obrabianego i twardości materiału. Energia jest wykorzystywana w postaci energii elektrycznej. W sumie 78 zakładów dostarczyło dane dotyczące jednostkowego zużycia energii w procesach walcowania, przy czym jednostkowe zużycie energii wynosiło od 70 MJ/t do 1 300 MJ/t. Tabela 2.8 podsumowuje zakresy dla zgłoszonych wartości jednostkowego zużycia energii w walcowaniu na gorąco, w zależności od średniej grubości i zmniejszenia przekroju poprzecznego, kategorii stali, wyrobu stalowego i gatunku stali.

Tabela 2.8: Zakresy jednostkowego zużycia energii dla walcowania na gorąco wraz z obróbką wstępną i wykańczającą

Kategoria stali Wyroby stalowe	Gatunek stali	Średnia grubość/zwężenie przekroju poprzecznego %	Jednostkowe zużycie energii MJ/t (średnia roczna)
<b>Plaska</b>			
Gorące zwoje walcowane na gorąco (Taśmy),	Stal węglowa	90-99	70-300
	Stal wysokostopowa	95-98	70-400

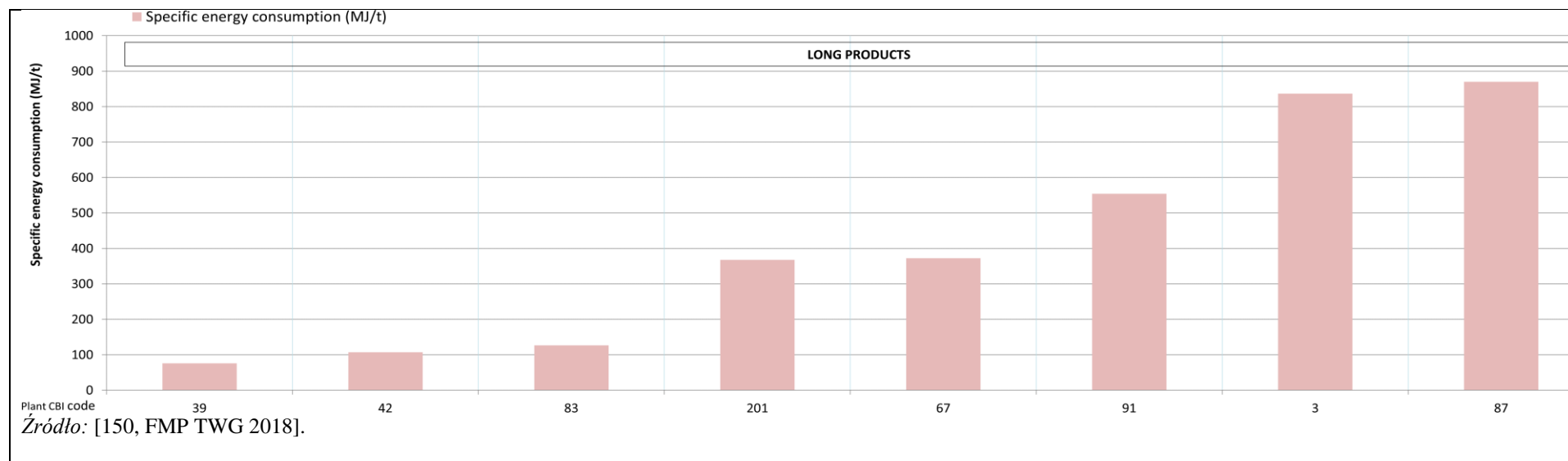
<i>Blacha gruba ciężka</i>			
<b><i>Długa</i></b>			
<i>Walcówka, pręty</i>	Stal węglowa	60-99	110-540
	Stal wysokostopowa	99-100	750-1 060
<i>Belki, kęsy, szyny, rury</i>	Stal węglowa	70-99	80-1 300
<i>Zródło: [150, FMP TWG 2018].</i>			



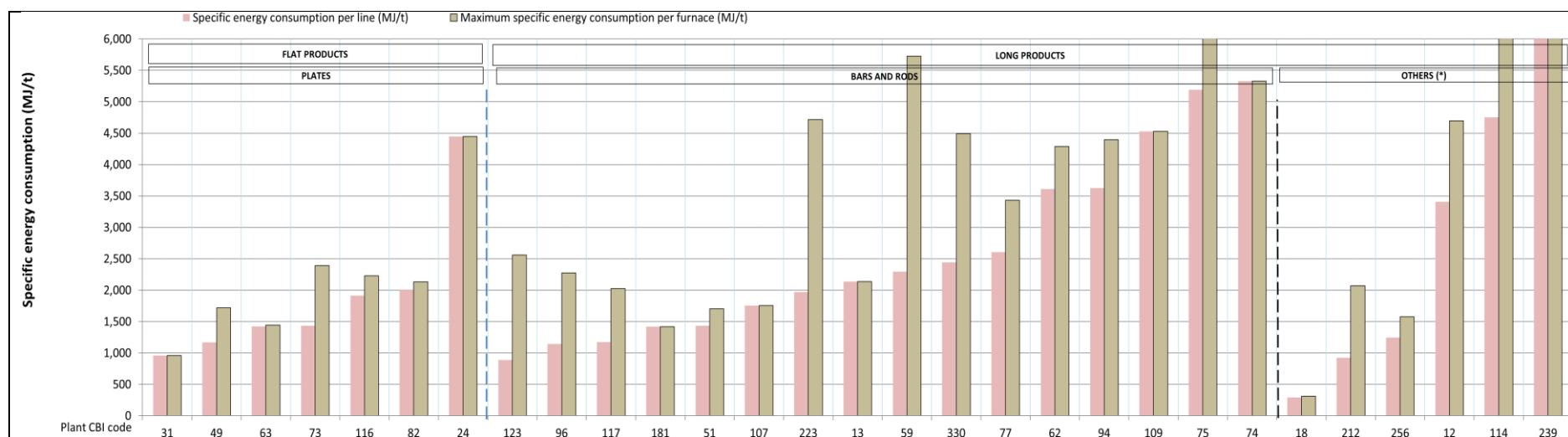
Inne (\*): obejmują inne rodzaje produktów, które nie zostały określone.

Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 2.32: Jednostkowe zużycie energii (MJ/t przepustowości procesu) dla dogrzewania wsadu.



Rysunek 2.33: Jednostkowe zużycie energii (MJ/t wydajności procesu) dla pośredniego ogrzewania wsadu.

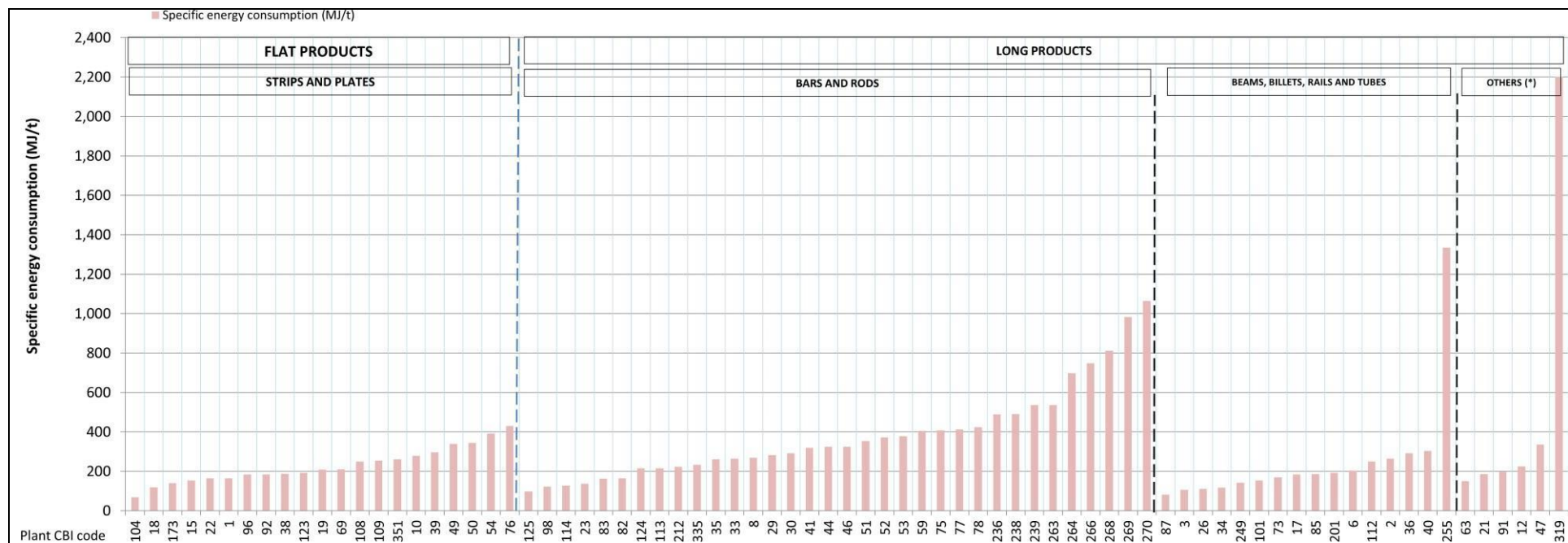




Inne (\*): obejmują inne rodzaje produktów, które nie zostały określone.

Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 2.34: Jednostkowe zużycie energii (MJ/t przepustowości procesu) dla dogrzewania wsadu.



Inne (\*): obejmują inne rodzaje produktów, które nie zostały określone.

Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 2.35: Jednostkowe zużycie energii (MJ/t przepustowości procesu) dla procesów walcowania

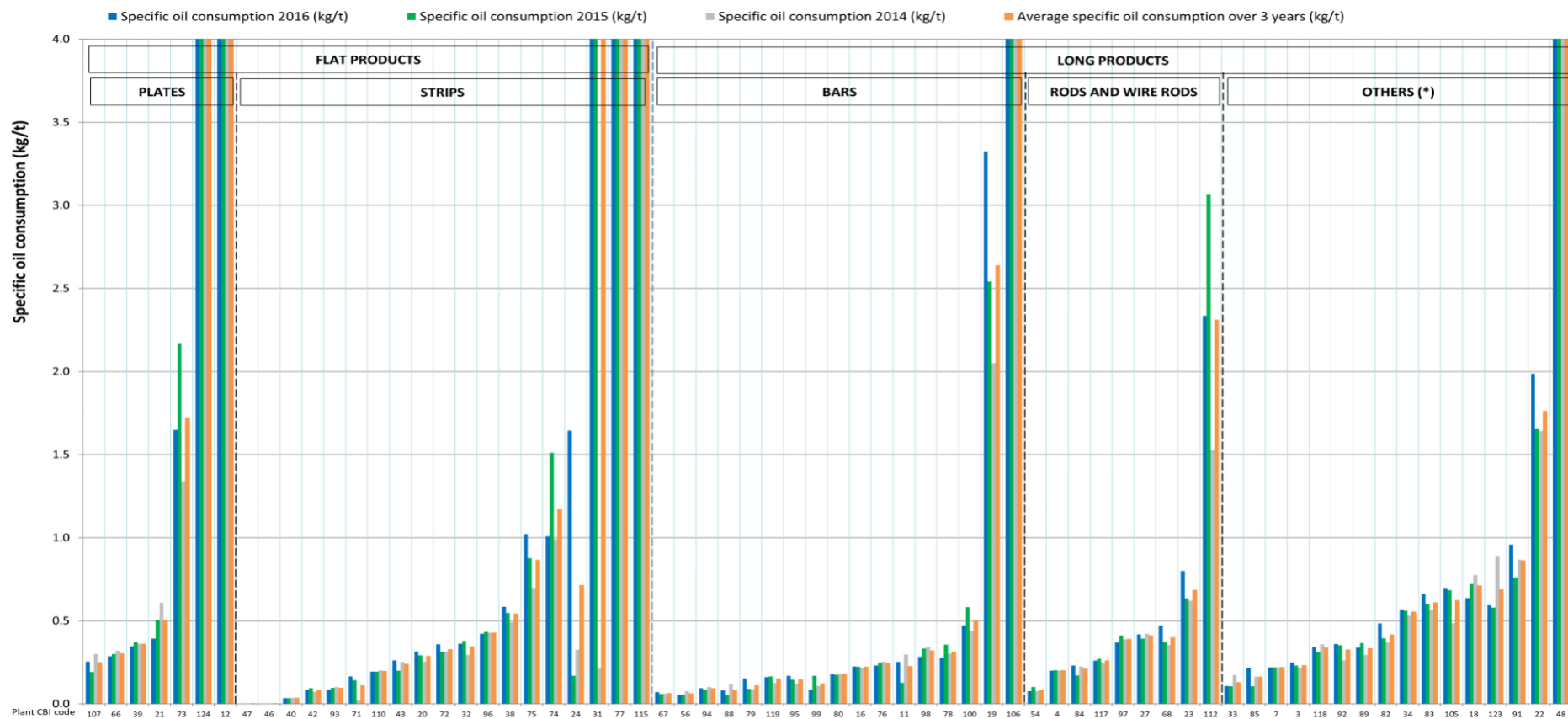
## 2.3.3 Zużycie materiałów

### 2.3.3.1 Zużycie oleju

Wartości zużycia oleju obejmują wszystkie rodzaje olejów stosowanych w zakładzie (np. olej do walcowania, olej do układów hydraulicznych, olej smarowy, olej antykorozyjny, tłuszcz i smar). W tabeli 2.9 przedstawiono zgłoszone dane dotyczące jednostkowego zużycia oleju za trzy lata (2014-2016) oraz uzyskaną średnią roczną, dla walcowni gorących. Podsumowanie zaobserwowanych zakresów zużycia oleju dla poszczególnych rodzajów produktów zestawiono w tabeli 2.9.

Tabela 2.9: Zakresy jednostkowego zużycia oleju przy walcowaniu na gorąco

<b>Kategoria stali</b> <i>Wyroby stalowe</i>	<b>Gatunek stali</b>	<b>Specyficzne zużycie oleju</b> <b>kg/t (średnia roczna)</b>
<b><i>Płaska</i></b>		
<i>Gorące zwoje walcowane na gorąco (taśmy)</i>	Stal węglowa	0.04-0.7
	Stal wysokostopowa	0.4-600
<i>Blachy grube ciężkie</i>	Stal węglowa	0.3-180
	Stal wysokostopowa	0.3-160
<b><i>Długa</i></b>		
<i>Walcówka, pręty</i>	Stal węglowa	0.06-0.6
	Stal wysokostopowa	0.2-635
<i>Belki, szyny, rury</i>	Stal węglowa	0.2-1.7
<i>Inne</i>	Stal węglowa	0.6-89
<i>Źródło: [150, FMP TWG 2018].</i>		



Inne (\*): obejmują inne rodzaje produktów, które nie zostały określone.  
Wartości zbyt wysokie lub zbyt niskie w stosunku do skali rysunku:

Numer sortowania	Jednostkowe zużycie oleju 2016 (kg/t)	Jednostkowe zużycie oleju 2015 (kg/t)	Jednostkowe zużycie oleju w 2014 r. (kg/t)
12	223.5	159.5	171.1
31	13.3	8.2	0.2
77	643.6	665.4	575.7
115	1 981.5	2 204.1	1 717.3
106	716.0	820.0	370.0

48	86.2	91.2	88.6
----	------	------	------

*Źródło:* [150, FMP TWG 2018].

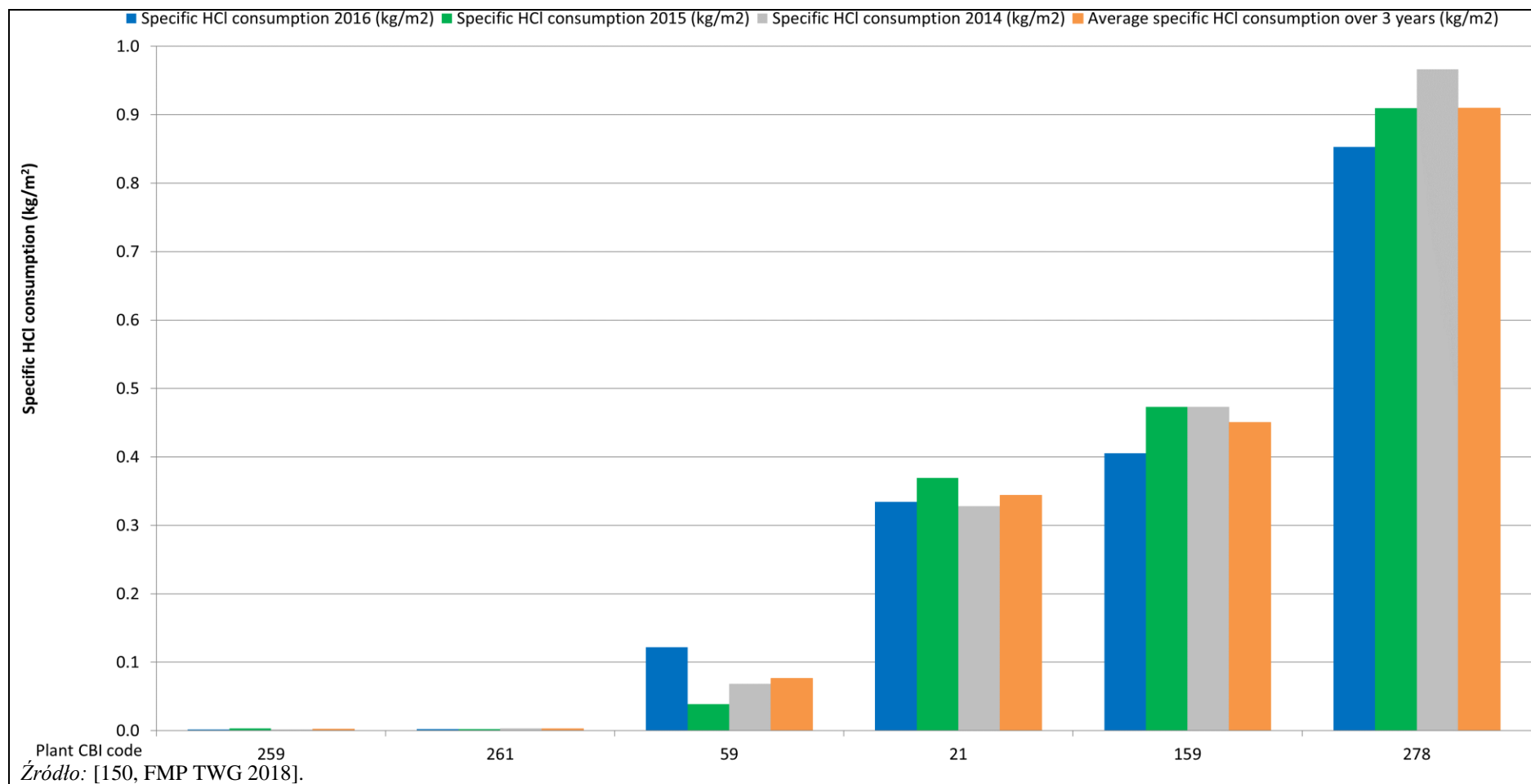
Rysunek 2.36: Jednostkowe zużycie oleju (kg/t produkcji) na walcowniach gorących

### 2.3.3.2 Zużycie kwasu

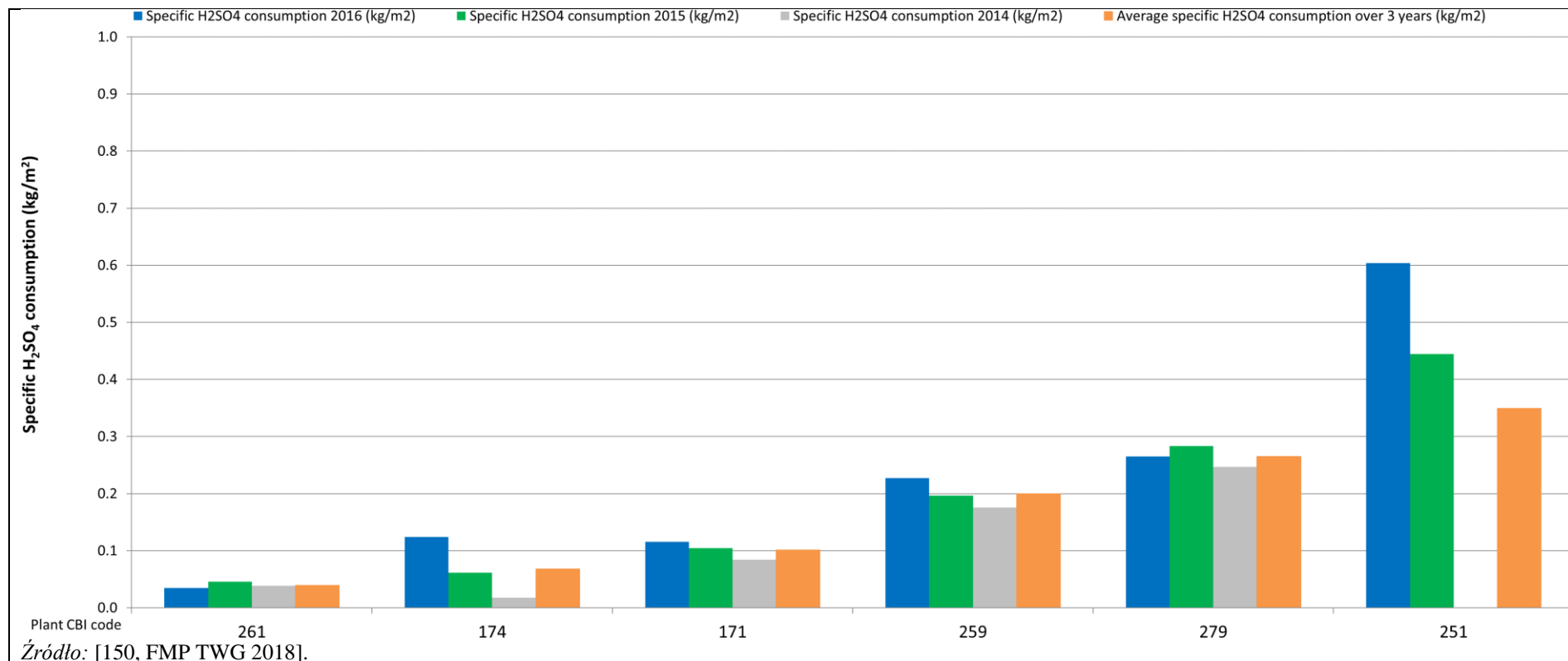
Na rysunkach od 2.37 do 2.39 przedstawiono dane dotyczące zużycia kwasu właściwego w trzech latach działalności oraz uzyskaną średnią roczną, dla walcowni gorących ze zbioru danych FMP, na poziomie linii, produkujących stal HRPO. Każda liczba odpowiada innemu rodzajowi kwasu, a mianowicie kwasowi solnemu, siarkowemu, azotowemu i fluorowodorowemu. Jednostkowe zużycie kwasu wyrażone jest w kg kwasu na m<sup>2</sup> obrabianej (wytrawianej) powierzchni. Stężenia rozważanych kwasów wynosiły 33 %-wt, 96 %-wt, 49 %-wt i 70 %-wt, odpowiednio dla HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub> i HF. W sumie 6 linii produkcyjnych zgłosiło informacje dla HCl i H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, a 5 linii produkcyjnych zgłosiło informacje dla kwasów mieszanych (HF i HNO<sub>3</sub>). Tabela 2.10 podsumowuje zakresy zużycia kwasów podane przez te zakłady HRPO.

Tabela 2.10: Zakresy zużycia kwasów właściwych dla instalacji HRPO

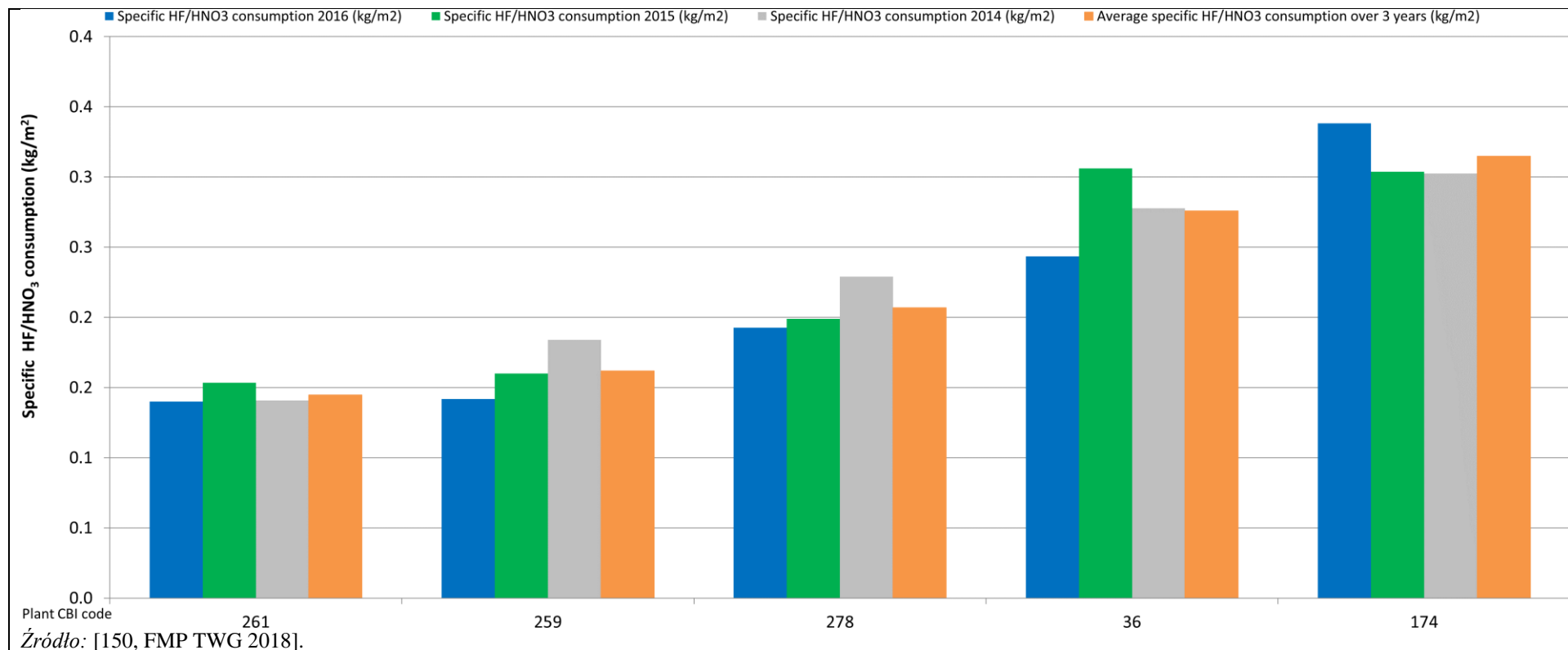
Rodzaj kwasu	Średnia powierzchnia właściwa wsadu (m <sup>2</sup> /t)	Jednostkowe zużycie kwasu (kg/m <sup>2</sup> powierzchni poddanej obróbce) (średnia roczna)
HCl	4-95	0.002-0.9
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	15-95	0.03-0.4
Kwasy mieszane (HF-HNO <sub>3</sub> )	15-95	0.2-0.3
<i>Zródło: [150, FMP TWG 2018].</i>		



Rysunek 2.37: Jednostkowe zużycie HCl (kg/m<sup>2</sup> powierzchni poddanej działaniu) w instalacjach HRPO



Rysunek 2.38: Jednostkowe zużycie H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (kg/m<sup>2</sup> powierzchni poddanej działaniu) w instalacjach HRPO

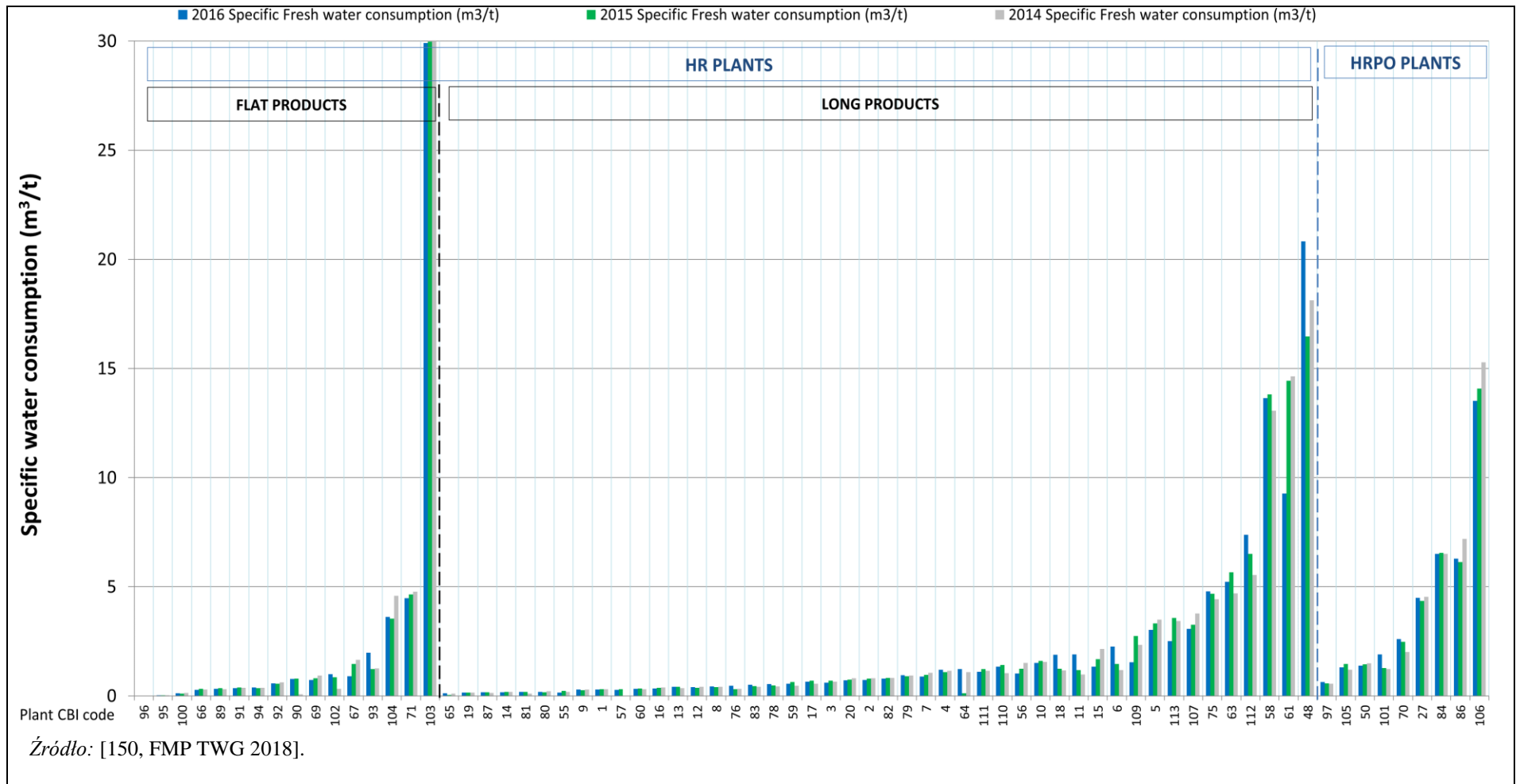


Rysunek 2.39: Jednostkowe zużycie HF/HNO3 (kg/m2 powierzchni poddanej działaniu) w instalacjach HRPO



### 2.3.4 Zużycie wody

Rysunek 2.40 przedstawia dane zgłoszone dla zużycia wody właściwej, na poziomie zakładu, dla trzech lat operacyjnych w zakładach walcowania na gorąco. Zużycie wody właściwej waha się od  $0,01 \text{ m}^3 / \text{t}$  do  $30 \text{ m}^3 / \text{t}$ , na podstawie danych zgłoszonych łącznie przez 70 zakładów. Dokładniej, zgodnie z zebranymi danymi, wśród 24 zakładów walcowania na gorąco, które zgłosiły, że są częścią znacznie większej instalacji (tj. zintegrowanej huty żelaza i stali), większość zakładów zgłosiła zużycie jednostkowe poniżej  $2 \text{ m}^3 / \text{t}$ , z wyjątkiem jednego zakładu, który zgłosił bardzo wysokie zużycie wynoszące  $30 \text{ m}^3 / \text{t}$ , co uznano za wartość odstającą. Na rysunku przedstawiono jednostkowe zużycie wody dla zakładów walcowania na gorąco (produkty płaskie i długie) oraz zakładów HRPO. Definicja jednostkowego zużycia wody znajduje się w sekcji 9.4.4.2.



Rysunek 2.40: Jednostkowe zużycie wody (m³/t produkcji) w zakładach walcowania na gorąco

## 2.3.5 Emisje do powietrza

### 2.3.5.1 Emisje do powietrza z obróbki mechanicznej, oczyszczania płomieniowego i spawania

#### Emisja pyłu

Podczas oczyszczania płomieniowego (scarfingu) powstają mokre i korozyjne dymy z dużym udziałem cząstek submikronowych (zakres wielkości od 0,5 do 250 mikronów). [98, Davy Consultants 1993].

Pył powstający w trakcie oczyszczania płomieniowego zawiera głównie tlenki żelaza z pewnymi śladowymi ilościami pierwiastków stopowych występujących w stali. [15, CITEPA, 1994].

Zgłoszone dane dotyczące emisji pyłów do powietrza z obróbki mechanicznej, oczyszczania płomieniowego i spawania przedstawiono na Rysunku 2.47 i Rysunku 2.48. Łącznie zgłoszono emisję pyłu ze 152 punktów emisji. Stężenia emisji pyłu mieściły się w zakresie od 1,5 mg/Nm<sup>3</sup> do 350 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 1,8 g/h do 8 900 g/h.

#### Emisja ołowiu

Zgłoszone dane dotyczące emisji ołowiu do powietrza z obróbki mechanicznej, oczyszczania płomieniowego i spawania przedstawiono na rysunku 2.49. Emisje ołowiu zostały zgłoszone dla 23 punktów emisji. Stężenia wahają się od 0,0001 mg/Nm<sup>3</sup> do 0,2 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 0,002 g/h do 17 g/h.

#### Emisja niklu

Zgłoszone dane dotyczące emisji niklu do powietrza z obróbki mechanicznej, oczyszczania płomieniowego i spawania przedstawiono na rysunku 2.50. Emisja niklu została zgłoszona dla 34 punktów emisji. Stężenia wahają się od 0,09 mg/Nm<sup>3</sup> do 1,0 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 0,005 g/h do 15 g/h.

### 2.3.5.2 Emisje do powietrza z ogrzewania

Poziomy emisji przedstawione w tej sekcji odnoszą się do emisji do powietrza z ogrzewania materiału wsadowego (tj. ogrzewania wstępnego, ogrzewania pośredniego i ogrzewania wtórnego). Dane liczbowe zostały przygotowane z uwzględnieniem rzeczywistego składu paliwa dla zgłoszonego maksymalnego stężenia (100% gazu ziemnego lub inne rodzaje paliwa niż 100% gazu ziemnego). Ponadto, w celu oceny potencjalnego wpływu rodzaju produktu (np. produkty płaskie) oraz temperatury podgrzewania powietrza na obserwowane stężenie emisji NOx do powietrza, przygotowano dodatkowe dane liczbowe.

#### 2.3.5.2.1 Emisja pyłu

Zgłoszone dane dotyczące emisji pyłów do powietrza z ogrzewania materiału wsadowego (ogrzewanie wstępne, ogrzewanie pośrednie i ogrzewanie wtórne) dla paliwa 100 % gazu ziemnego i paliwa innego niż 100 % gazu ziemnego przedstawiono odpowiednio na Rysunku 2.51 i Rysunku 2.52.

Emisje pyłów z ogrzewania wstępnego wsadu zgłoszono łącznie dla 71 punktów emisji w przypadku zakładów stosujących jako paliwo 100 % gazu ziemnego. Stężenia emisji pyłu wynoszą od 0,5 mg/Nm<sup>3</sup> do 64 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 5 g/h do 1 500 g/h. W piecach grzewczych wykorzystujących 100 % gazu ziemnego należy spodziewać się bardzo niewielkiej emisji pyłu. W takim przypadku źródło pyłu jest bardziej związane z ponownym osadzaniem się pyłu obecnego na powierzchniach materiału wsadowego i materiałów ogniotrwałych pieca.

Ogółem w 35 punktach emisji zgłoszono stężenia emisji pyłu z ogrzewania materiału wsadowego związanego z wykorzystaniem paliw innych niż 100 % gazu ziemnego. W tym przypadku stężenia

emisji pyłu wahają się od 0,2 mg/Nm<sup>3</sup> do 71 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 14 g/h do 3 600 g/h.

Emisje pyłów z pośredniego ogrzewania materiałów wsadowych zgłoszono dla 5 punktów emisji wykorzystujących w 100 % gaz ziemny. Stężenia wahają się od 0,7 mg/Nm<sup>3</sup> do 26 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 4 g/h do 100 g/h.

Emisje pyłu z ogrzewania wstępnego materiału wsadowego zgłoszono dla 23 punktów emisji wykorzystujących w 100 % gaz ziemny. Stężenia wahają się od 0,9 mg/Nm<sup>3</sup> do 23 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 0,5 g/h do 95 g/h.

#### **2.3.5.2.2 Emisje SO<sub>2</sub>**

Zgłoszone dane dotyczące emisji SO<sub>2</sub> do powietrza z ogrzewania materiału wsadowego (ogrzewanie wstępne, ogrzewanie pośrednie i ogrzewanie wtórne) dla paliwa stosowanego w 100 % na gazie ziemnym oraz paliwa stosowanego innego niż 100 % na gazie ziemnym lub paliwa nieznanego przedstawiono odpowiednio na Rysunku 2.53 i Rysunku 2.54.

Poziom emisji SO<sub>2</sub> zależy od zawartości siarki w paliwie. Raportowane emisje SO<sub>2</sub> w funkcji rodzaju paliwa wykazują różnicę w poziomie emisji SO<sub>2</sub> pomiędzy gazem ziemnym, gazami procesowymi z hutnictwa żelaza i stali, w szczególności COG, a olejem opałowym. [87, EUROFER 1998], [56, Roederer et al. 1996].

W przypadku ogrzewania wstępnego wsadu przy użyciu 100 % gazu ziemnego, stężenia emisji SO<sub>2</sub> zgłoszono łącznie dla 45 punktów emisji. Stężenia wahają się od 0,01 mg/Nm<sup>3</sup> do 95 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 0,2 g/h do 3 127 g/h.

W przypadku ogrzewania wstępnego wsadu przy użyciu paliw innych niż 100 % gazu ziemnego poziomy emisji zgłoszono łącznie dla 44 punktów emisji. Stężenia wahają się od 1,7 mg/Nm<sup>3</sup> do 926 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 284 g/h do 52 000 g/h.

Emisje SO<sub>2</sub> z pośredniego ogrzewania materiałów wsadowych zgłoszono w odniesieniu do 2 punktów emisji przy stosowaniu gazu ziemnego jako paliwa. Zgłoszone wartości stężenia wynoszą od 4,2 mg/Nm<sup>3</sup> do 13,3 mg/Nm<sup>3</sup>. Z dwóch punktów emisji zgłoszono tylko jedno obciążenie emisyjne wynoszące 35 g/h.

Emisje SO<sub>2</sub> z ogrzewania wstępnego wsadu przy użyciu 100 % gazu ziemnego zgłoszono łącznie dla 12 punktów emisji. Stężenia wahają się od 0,07 mg/Nm<sup>3</sup> do 56 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 2 g/h do 208 g/h.

Kiedy zgłoszone maksymalne stężenie z ogrzewania wstępnego wsadu było związane z paliwami innymi niż 100 % gaz ziemny, 5 punktów emisji zgłosiło poziomy emisji o stężeniach od 92 mg/Nm<sup>3</sup> do 470 mg/Nm<sup>3</sup> i ładunkach emisji od 536 g/h do 1 900 g/h.

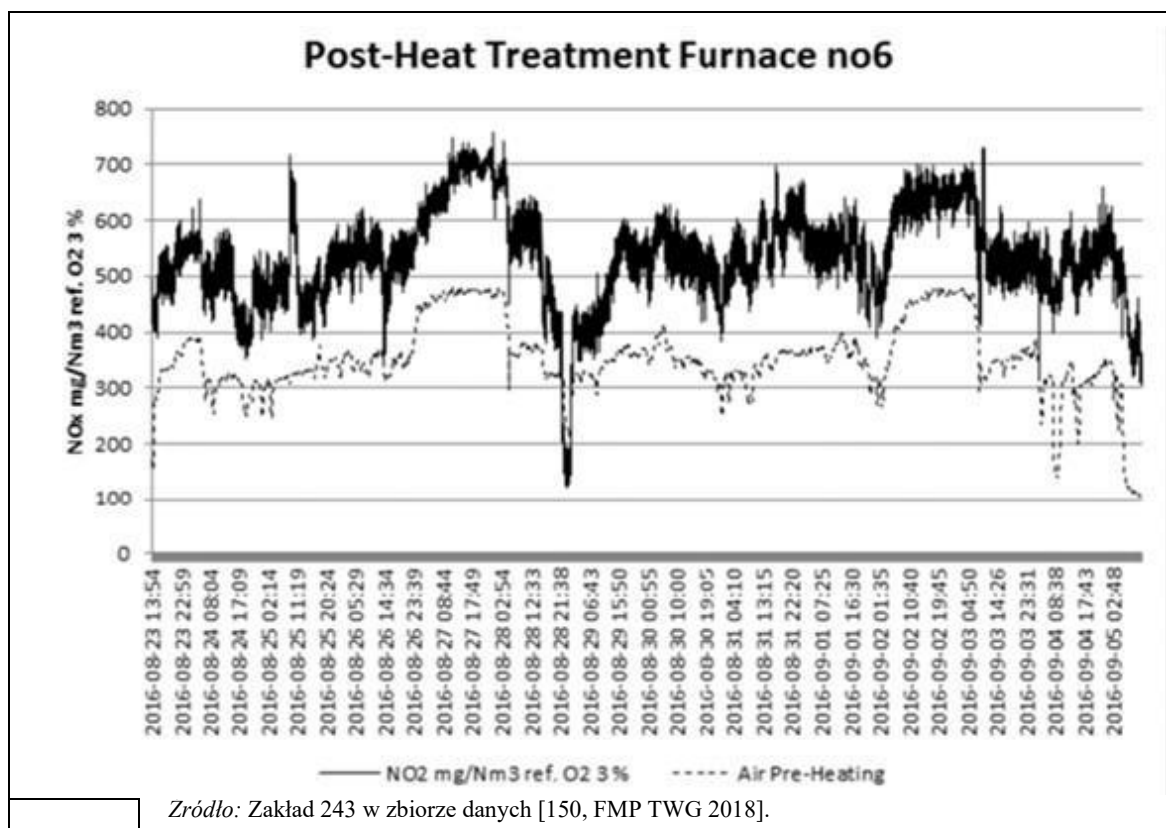
#### **2.3.5.2.3 Emisje NO<sub>x</sub>**

Na emisję NO<sub>x</sub> z procesów spalania może mieć wpływ kilka czynników, takich jak rodzaj paliwa, temperatura wstępnego podgrzewania powietrza, udział gorącego wsadu, konstrukcja pieca czy rodzaj palników. Niektóre typy palników, np. palniki sufitowe, mogą emitować mniej NO<sub>x</sub> niż palniki przednie lub boczne. Zastosowanie rekuperatorów lub systemów regeneracyjnych do wstępnego podgrzewania powietrza do spalania zwiększa sprawność cieplną pieca, ale może również prowadzić do wyższych emisji NO<sub>x</sub>.

#### ***Wpływ temperatury wstępnego podgrzewania powietrza***

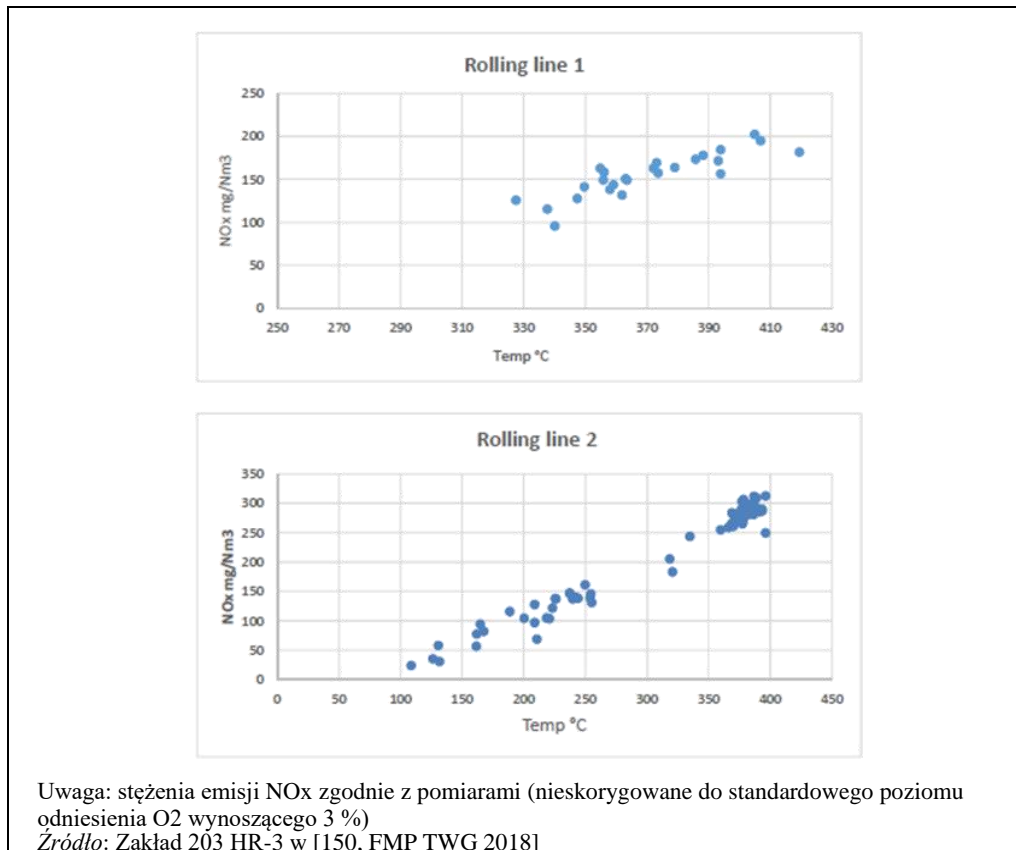
Na rysunku 2.41 przedstawiono przykład fluktuacji emisji NO<sub>x</sub> (wyrażonej w mg/Nm<sup>3</sup>) w odniesieniu

do temperatury wstępnego podgrzewania powietrza (wyrażonej w °C) dla pieca do ciągłej obróbki cieplnej w SSAB Oxelösund (piec 6, odpowiadający zakładowi/punktowi emisji 243 HR-3 w zbiorze danych). Wykres pokazuje, że obie krzywe przebiegają niemal równoległe, co sugeruje, że emisje NOx i temperatury wstępnego podgrzewania powietrza są powiązane. Zgodnie z opisem zakładu 243 HR, piec jest zwykle eksploatowany w temperaturze 300 °C, jednak poniższy wykres pokazuje temperatury podgrzewania powietrza wahające się od 300 °C do około 480 °C. W zbiorze danych dla tego punktu emisji w 2016 r. zgłoszono trzy stężenia emisji (490, 605 i 700 mg/Nm) odpowiadające pomiarom okresowym (wartości średnie w okresie pobierania próbek, przy czym czas pobierania próbek wynosił od 11 do 24 godzin). W latach 2014 i 2015 zgłoszone stężenia emisji NOx wynosiły od 400 mg/Nm<sup>3</sup> do 630 mg/Nm<sup>3</sup>. [150, FMP TWG 2018].



Rysunek 2.41: Emisje NOx i temperatura wstępnego podgrzewania powietrza dla pieca do obróbki cieplnej w SSAB Oxelösund, Szwecja

Informacje dotyczące wpływu temperatury wstępnego podgrzewania powietrza na stężenia emisji NOx zostały dostarczone dla włoskiego zakładu ze zbioru danych (Feralpi Siderurgica - Zakład 203 HR), który dostarczył rysunki przedstawiające ciągły monitoring temperatury wstępnego podgrzewania powietrza i stężeń emisji NOx dla dwóch różnych linii walcowniczych [210, IT 30-05-2019, 2019]. Wyniki przedstawiono na rysunku 2.42. W przypadku tych pomiarów stężenia emisji NOx nie są skorygowane do standardowego poziomu odniesienia O2 wynoszącego 3 %, średnie stężenie O2 zmierzone na kominie mieściło się w zakresie od 10 % do 15 %.

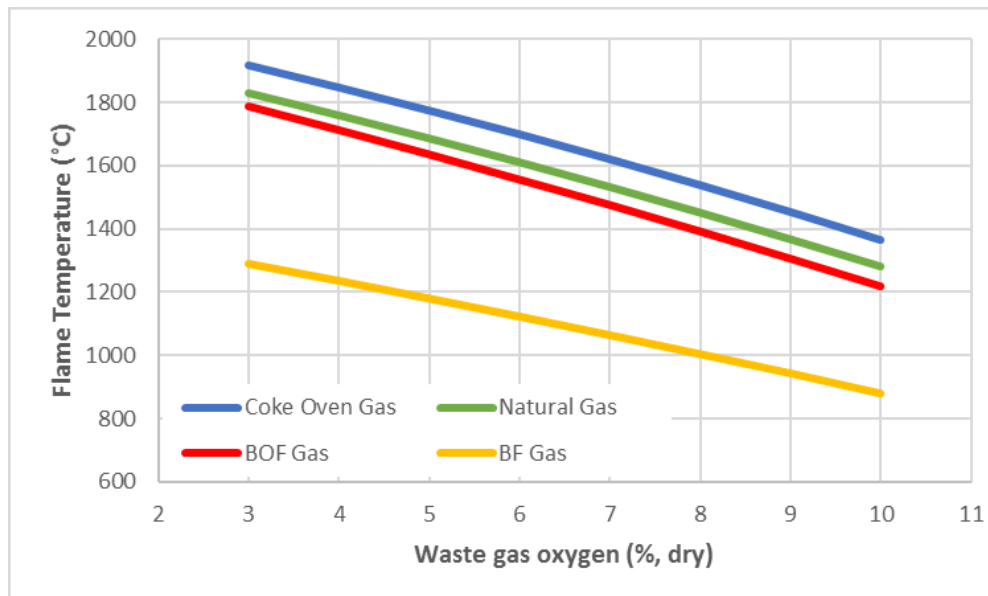


Rysunek 2.42: Emisje NOx i temperatura podgrzewania powietrza

Dodatkowe informacje na temat wpływu wstępnego podgrzewania powietrza na emisje NOx można znaleźć w punkcie 8.8.2.9.

### ***Wpływ temperatury płomienia***

Kolejnym ważnym czynnikiem mogącym wpływać na generowanie NOx w procesach spalania jest wzrost temperatury płomienia, który może skutkować zwiększoną emisją NOx (generowanie termicznego NOx). Temperatura płomienia zależy od składu i rodzaju paliw, które są używane w piecu. Rysunek 2.43 poniżej wyraźnie pokazuje różne temperatury płomienia dla gazu ziemnego i innych gazów procesowych w hutnictwie żelaza i stali. Najwyższą temperaturę płomienia (około 1 900 °C przy 3 % O2) uzyskuje się przy 100 % COG, podczas gdy najniższą temperaturę płomienia (około 1 300 °C przy 3 % O2) obserwuje się przy 100 % gazie wielkopieczowym.



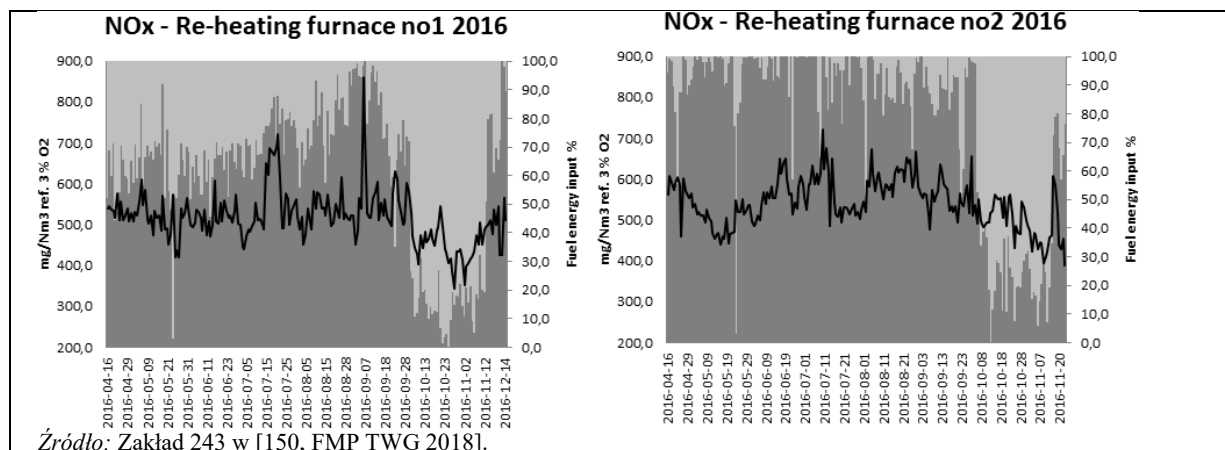
Zródło: [193, EUROFER, 2019].

Rysunek 2.43: Wpływ rodzaju paliwa na temperaturę płomienia

### Wpływ rodzaju paliwa

Zawartość azotu w paliwie może mieć wpływ na generowanie NO<sub>x</sub> z paliwa. IS BREF [194, COM 2013] podaje zawartość azotu jako N<sub>2</sub> w COG pomiędzy 1,5 vol-% a 6,0 vol-%. Dane przedstawione w LCP BREF [195, COM 2017] wskazują na zawartość NH<sub>3</sub> na poziomie 0-48 mg/Nm<sup>3</sup> w COG. Informacje przedstawione przez EUROFER opisują COG jako "paliwo o niskiej zawartości azotu", zawierające śladowe ilości NH<sub>3</sub>. [EUROFER 26-11-2019]

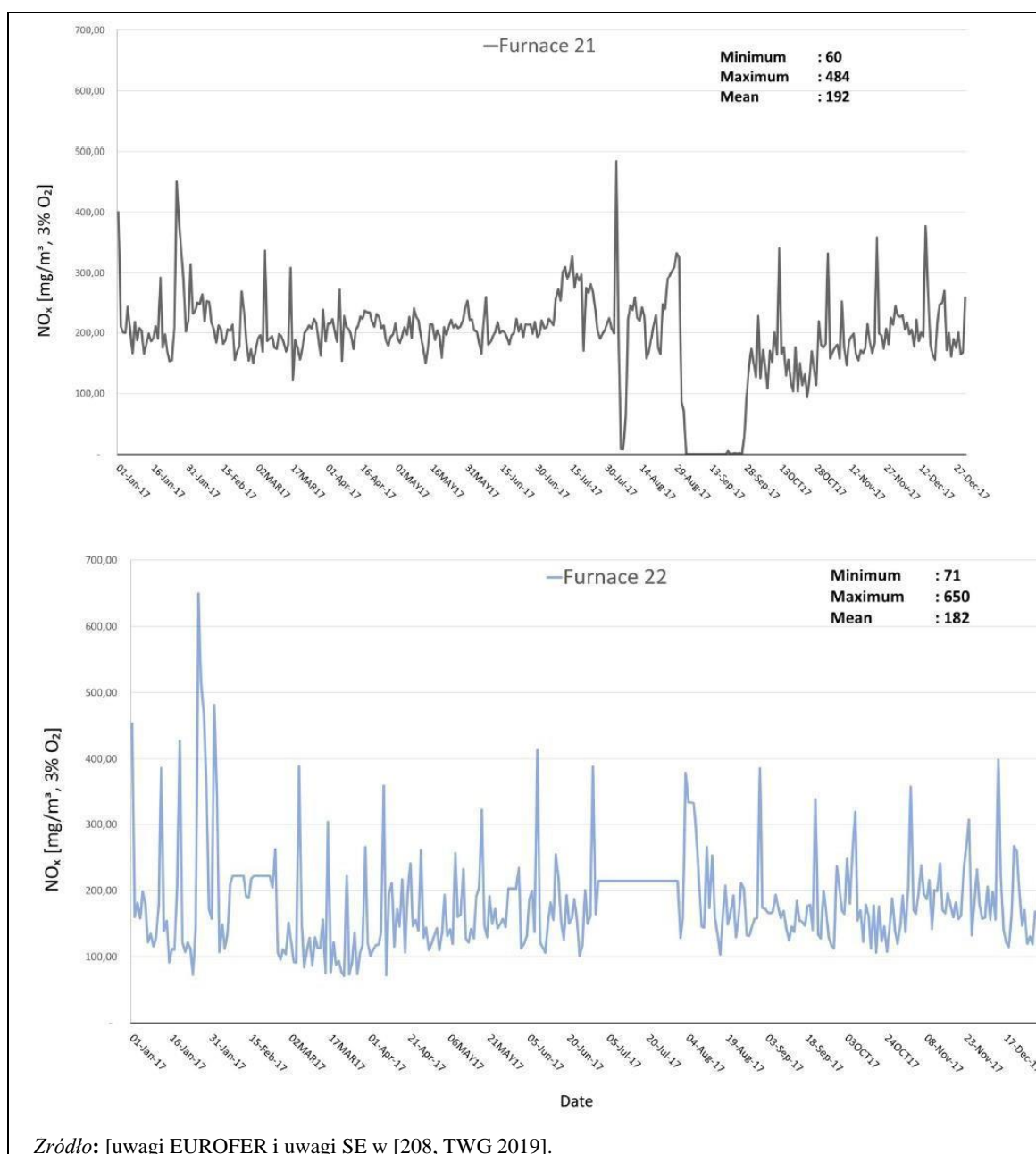
Na Rysunku 2.44. przedstawiono zmienność stężeń emisji NO<sub>x</sub> dla dwóch pieców grzewczych typu przepychowego w SSAB (odpowiadających zakładowi/punktowi emisji 243 HR-1 w zbiorze danych) w funkcji rodzaju stosowanego paliwa. W tym zakładzie stosowane są mieszanki COG (przedstawione w kolorze ciemnoszarym) i ciężkiego oleju opałowego (HFO - przedstawione w kolorze jasnoszarym). Ogólnie rzecz biorąc, oba piece wykorzystują COG jako paliwo podstawowe, uzupełnione niewielkimi ilościami HFO. Choć w krótkich okresach wykorzystywany był wysoki udział HFO. Zgodnie z zebranymi danymi, w obu piecach stosuje się wstępne podgrzewanie powietrza (piec 1: 318 °C; piec 2: 245 °C). Danym przedstawionym na tych rysunkach nie towarzyszą informacje o okresie uśredniania stężeń emisji NO<sub>x</sub> ani dotyczące rzeczywistej zmienności temperatury wstępnego podgrzewania powietrza (która mogła się zmieniać w ciągu roku 2016).



Rysunek 2.44: Stężenia emisji NO<sub>x</sub> w funkcji rodzaju paliw stosowanych w piecu grzewczym (COG i HFO)

Stężenia emisji NO<sub>x</sub> w zakładach FMP mogą zmieniać się w czasie, np. w zależności od zmienności składu paliwa i/lub stosowanej mieszanki paliw, zwłaszcza w przypadku stosowania gazów IS. Na poniższych rysunkach przedstawiono przykłady wahań emisji NO<sub>x</sub> w czasie.

Na rysunku 2.45 przedstawiono zmienność emisji NO<sub>x</sub> w ciągu roku dla pieców typu przepychowego (piece 21 i 22, Tata Steel IJmuiden (odpowiadające zakładowi/punktowi emisji 110 HR2-1 w zbiorze danych - połączony komin dla dwóch pieców). Dla wykresu nie podano informacji o okresie uśredniania; jednak emisje NO<sub>x</sub> zgłoszone dla tego punktu emisji w latach 2014, 2015 i 2016 mieściły się w zakresie od 180 mg/Nm<sup>3</sup> do 290 mg/Nm<sup>3</sup>, jako średnie miesięczne. Udział COG w roku sprawozdawczym wahał się od 44 % do 54 %, jako średnia roczna. Zakład poinformował o stosowaniu 20 % udziału gorącego załadunku w temperaturze 160 °C, oraz o temperaturze wstępnego podgrzewania powietrza 350 °C dla pieców typu przepychowego.





Rysunek 2.45: Stężenia emisji NO<sub>x</sub> mierzone w sposób ciągły dla pieców przepychowych w Tata Steel IJmuiden (Zakład 110 HR2-1) pokazujące fluktuacje NO<sub>x</sub> w ciągu roku.

Tata Steel IJmuiden przedstawiła kolejne przykłady, pokazane na rysunku 2.46, fluktuacji emisji NO<sub>x</sub> dla swoich dwóch pieców pokrocznych o numerach 23 i 24 (odpowiadających zakładowi/punktowi emisji 110 HR2-2 w zbiorze danych - komin kombinowany dla dwóch pieców). Dla wykresu nie podano informacji o okresie uśredniania, jednak emisje NO<sub>x</sub> zgłoszone dla tego punktu emisji za lata 2014, 2015 i 2016 mieściły się w zakresie od 144 mg/Nm<sup>3</sup> do 303 mg/Nm<sup>3</sup>, jako średnie miesięczne. Udział COG w roku sprawozdawczym wahał się od 62 % do 72 %, jako średnia roczna. Zakład zgłosił wykorzystanie 20 % udziału gorącego doładowania w temperaturze 160 °C i temperatury wstępnego podgrzewania powietrza 450 °C w piecach pokrocznych.



Rysunek 2.46: Stężenia emisji NO<sub>x</sub> mierzone w sposób ciągły w dwóch piecach pokrocznych z Tata Steel IJmuiden (Zakład 110 HR2-2) pokazujące fluktuacje NO<sub>x</sub> w ciągu roku.

### Podsumowanie stężeń emisji NO<sub>x</sub> w zbiorze danych FMP

Wszystkie dane zgłoszone w zbiorze danych FMP dotyczące emisji NOx do powietrza z podgrzewania wsadu (ogrzewanie wstępne, ogrzewanie pośrednie i dogrzewanie) z użyciem 100 % gazu ziemnego przedstawiono na Rysunku 2.55, Rysunku 2.56 i Rysunku 2.57. Ogółem dane dotyczące ogrzewania wstępnego wsadu zgłoszono dla 121 punktów emisji, przy stężeniach emisji od 10 mg/Nm<sup>3</sup> do 1 370 mg/Nm<sup>3</sup> i ładunkach emisji od 22 g/h do 83 000 g/h. Dane z pośredniego ogrzewania wsadu zgłoszono w odniesieniu do 13 punktów emisji, przy stężeniach emisji od 30 mg/Nm<sup>3</sup> do 429 mg/Nm<sup>3</sup> i ładunkach emisji od 80 g/h do 7 600 g/h. Dane z dogrzewania wsadu zgłoszono w odniesieniu do 53 punktów emisji, przy stężeniach emisji wynoszących od 11 mg/Nm<sup>3</sup> do 433 mg/Nm<sup>3</sup> i ładunkach emisji wynoszących od 16 g/h do 19 000 g/h.

Zgłoszone dane dotyczące emisji NOx do powietrza z ogrzewania wsadu (ogrzewanie wstępne, ogrzewanie pośrednie i ogrzewanie wtórne) dla paliw innych niż 100 % gaz ziemny przedstawiono na Rysunku 2.58.

W przypadku ogrzewania wstępnego wsadu zgłoszono dane dla 71 punktów emisji, przy czym stężenia emisji wynosiły od 91 mg/Nm<sup>3</sup> do 1 314 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji - od 1 917 g/h do 106 000 g/h. W dwóch punktach emisji zgłoszono stężenia emisji NOx z pośredniego ogrzewania wsadu przy wykorzystaniu 100 % LPG. W tym przypadku zgłoszone stężenia emisji wynosiły 780 mg/Nm<sup>3</sup> i 990 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji wynosiły odpowiednio 435 g/h i 850 g/h.

Poziomy emisji z ogrzewania wstępnego materiału wsadowego zgłoszono dla 10 punktów emisji, przy czym stężenia emisji wynosiły od 104 mg/Nm<sup>3</sup> do 2 222 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 324 g/h do 5 700 g/h.

Tabela 2.11 podsumowuje zgłoszone zakresy stężeń i poziomów obciążenia emisji NOx do powietrza z dogrzewania surowców do produkcji wyrobów płaskich, jak również z podgrzewania surowców bez wstępnego podgrzewania powietrza i z podgrzewaniem powietrza.

Tabela 2.11: Zakresy emisji NOx do powietrza z ogrzewania surowców dla wyrobów płaskich, z i bez wstępnego podgrzewania powietrza

	Ponowne podgrzewanie		Pośrednik		Po rozgrzaniu	
	Gaz ziemny					
	mg/Nm <sup>3</sup>	g/h	mg/Nm <sup>3</sup>	g/h	mg/Nm <sup>3</sup>	g/h
<b>Produkty płaskie</b>	78-1 360	230-38 500	10-30	58-80	80-390	230-4 720
Bez wstępnego podgrzewania powietrza	140	1 232	10-30	58-80	NI	NI
Z podgrzewaniem powietrza (T<450°C)	135-1 360	230-38 500	NI	NI	80-390	230-4 720
Z podgrzewaniem powietrza (450°C < T < 600°C)	78-330	431-12 500	NI	NI	NI	NI
Z podgrzewaniem powietrza (T>600°C)	130-185	1 150-3 900	NI	NI	NI	NI
<b>Paliwa inne niż 100 % gazu ziemnego</b>						
<b>Produkty płaskie</b>	61-1 066	282-106 000	NI	NI	103-1 400	940-5 700
Bez wstępnego podgrzewania powietrza	61-413	282-324	NI	NI	NI	NI
Z podgrzewaniem powietrza (T<450°C)	160-860	1 918-106 000	NI	NI	103-700	940-5 700
Z podgrzewaniem powietrza T (450°C < T < 600°C)	91-1 066	7 100-36 000	NI	NI	NI	NI
Z podgrzewaniem powietrza (T>600°C)	NI	NI	NI	NI	417-1 400	1 790-2 800
NI: Brak informacji Źródło: [150, FMP TWG 2018].						

Dodatkowe liczby przedstawiające zgłoszone dane dotyczące emisji NO<sub>x</sub> do powietrza z ogrzewania materiału wsadowego (ogrzewanie wstępne, ogrzewanie pośrednie i dogrzewanie wtórne) przy uwzględnieniu rodzaju stosowanego paliwa, wstępnego podgrzewania powietrza i docelowej temperatury materiału wsadowego wychodzącego z pieca zostały podsumowane w punkcie 2.3.5.4 i obejmują:

- Rys. 2.59 i rys. 2.60: Emisje NO<sub>x</sub> do powietrza z ogrzewania produktów płaskich przy paliwie 100 % gazu ziemnego i paliwie innym niż 100 % gazu ziemnego, odpowiednio.
- Rysunek 2.61. i Rysunek 2.62: Emisje NO<sub>x</sub> do powietrza z ogrzewania materiału wsadowego bez wstępnego podgrzewania powietrza odpowiednio dla paliwa 100 % gazu ziemnego i paliwa innego niż 100 % gazu ziemnego.
- Rysunek 2.63, Rysunek 2.64 i Rysunek 2.65: Emisje NO<sub>x</sub> do powietrza z ogrzewania materiału wsadowego dla paliwa 100 % gazu ziemnego, z uwzględnieniem temperatury wstępnego podgrzewania powietrza i docelowej temperatury materiału wsadowego na wyjściu z pieca.
- Rysunek 2.66: Emisje NO<sub>x</sub> do powietrza z ogrzewania wstępnego i dogrzewania wsadu dla paliwa innego niż 100 % naturalne, w tym temperatura wstępnego podgrzewania powietrza i docelowa temperatura wsadu wychodzącego z pieca.

#### **2.3.5.2.4 Emisja CO**

Zgłoszone dane dotyczące emisji CO do powietrza z podgrzewania wsadu (ogrzewanie wstępne, ogrzewanie pośrednie i ogrzewanie wtórne) dla paliwa 100% gaz ziemny przedstawiono na Rysunku 2.67 i Rysunku 2.68.

W przypadku ogrzewania wstępnego wsadu przedstawiono dane dotyczące łącznie 74 punktów emisji, przy czym stężenie emisji CO wynosiło od 0,5 mg/Nm<sup>3</sup> do 1 416 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji - od 6 g/h do 14 160 g/h. W przypadku pośredniego ogrzewania wsadu przedstawiono dane dotyczące łącznie 9 punktów emisji, przy czym stężenie emisji CO wynosiło od 9 mg/Nm<sup>3</sup> do 1 394 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji - od 53 g/h do 6 400 g/h. W przypadku ogrzewania wstępnego wsadu zgłoszono dane dotyczące łącznie 25 punktów emisji, przy czym stężenie emisji wynosiło od 3 mg/Nm<sup>3</sup> do 2 450 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji - od 2 g/h do 2 450 g/h.

Zgłoszone dane dotyczące emisji CO do powietrza z ogrzewania wsadu (ogrzewanie wstępne, ogrzewanie pośrednie i ogrzewanie wtórne) dla paliwa innego niż 100% gaz ziemny przedstawiono na Rysunku 2.69. Dane zgłoszono łącznie dla 37 punktów emisji, ze stężeniami emisji od 1 mg/Nm<sup>3</sup> do 741 mg/Nm<sup>3</sup> i ładunkami emisji od 38 g/h do 24 680 g/h. Nie zgłoszono żadnych danych z pośredniego ogrzewania wsadu. W przypadku ogrzewania wsadu dostępne były dane dotyczące łącznie 8 punktów emisji, wykazujące stężenia emisji w zakresie od 10 mg/Nm<sup>3</sup> do 15 000 mg/Nm<sup>3</sup> i ładunki emisji od 26 g/h do 69 000 g/h.

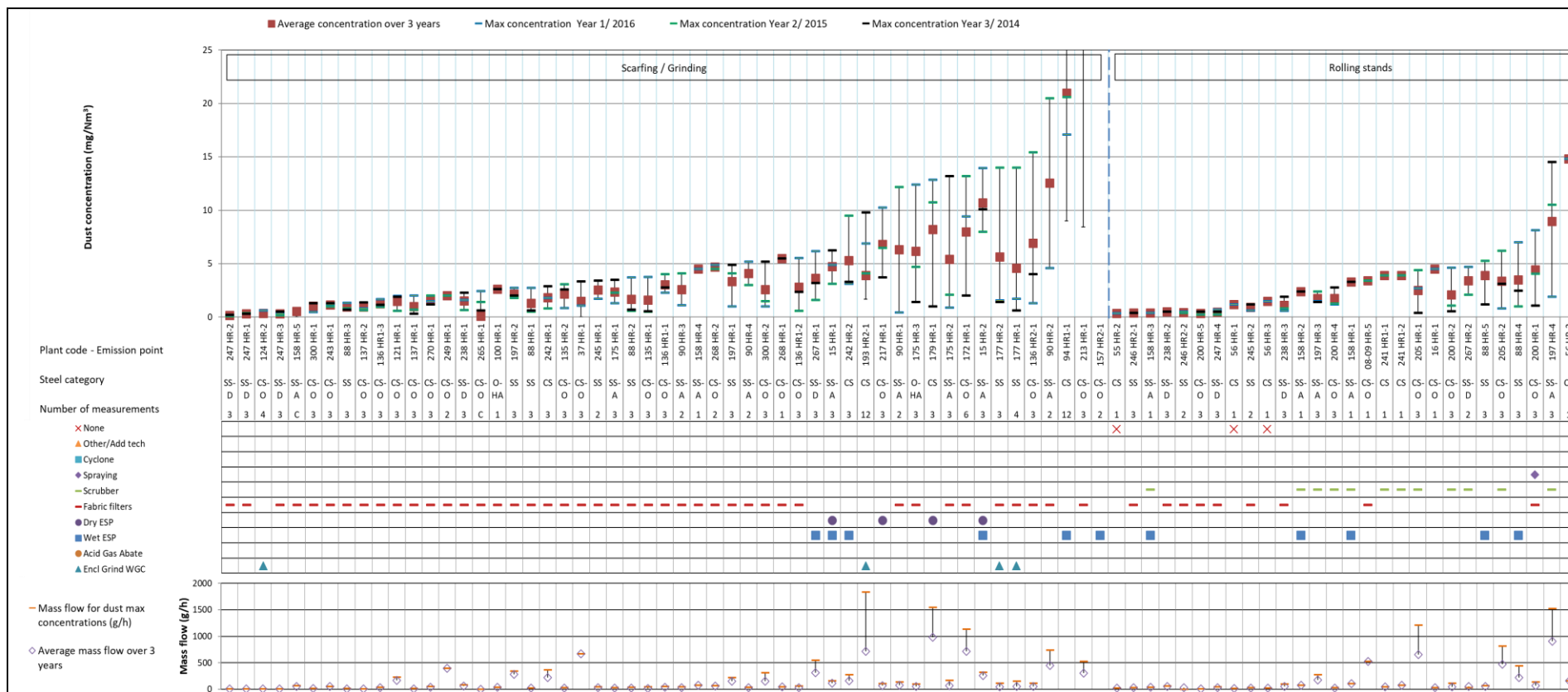
#### **2.3.5.3 Emisje do powietrza z wytrawiania**

Dane zgłoszone w zbiorze danych FMP dotyczące emisji do powietrza z wytrawiania przy produkcji stali wytrawianej i olejowanej na gorąco (HRPO) można znaleźć w odpowiedniej sekcji dotyczącej walcowania na zimno (patrz punkt 3.3.5.3).

#### **2.3.5.4 Rysunki z poziomami emisji do powietrza**

Przedstawione tu dane liczbowe dotyczące emisji do powietrza składają się z kilku części. Górna część rysunku zawsze pokazuje maksymalne stężenie dla każdego z trzech lat sprawozdawczych oraz średnią wartość uzyskaną w okresie sprawozdawczym. W przypadku procesów spalania wykreślone wartości stężenia zawsze odnoszą się do poziomu odniesienia tlenu wynoszącego 3 %. Pomiarzy zgłoszone bez podania informacji o zmierzonym poziomie tlenu lub składzie użytego paliwa nie są brane pod uwagę.

Poniżej osi x zamieszczono dodatkowe informacje kontekstowe, takie jak kod punktu emisji, rodzaj wyrobów stalowych i kategoria stali, liczba pomiarów dokonywanych każdego roku oraz stosowane kandydatury BAT. W dolnej części rysunku można również podać dodatkowe informacje, takie jak wartości przepływu masy, zarówno dla maksymalnego stężenia uzyskanego w okresie sprawozdawczym, jak i średniego przepływu masy w ciągu trzech lat sprawozdawczych. W przypadku danych liczbowych dotyczących ogrzewania wsadu systematycznie podaje się zmierzony referencyjny poziom tlenu dla maksymalnego stężenia uzyskanego przy 3 % O<sub>2</sub>. W przypadku procesów spalania podaje się również informacje o rodzaju stosowanego paliwa. Zazwyczaj dostępna jest liczba dla przypadków, w których wykorzystuje się 100 % gazu ziemnego, a dla paliw innych niż 100 % gazu ziemnego podaje się oddzielną liczbę, wyraźnie wskazując rodzaj zastosowanej mieszanki paliwowej (wyrażonej jako procent energii wejściowej). W przypadku danych liczbowych dotyczących emisji NO<sub>x</sub>, w dolnej części rysunku znajduje się dodatkowy wykres przedstawiający odpowiadające im emisje CO. We wszystkich przypadkach dane liczbowe są uporządkowane w kolejności rosnącej maksymalnych wartości stężenia dla 3 lat eksploatacji. objaśnienia skrótów użytych na wykresach w walcowaniu na gorąco można znaleźć w Słowniczku.

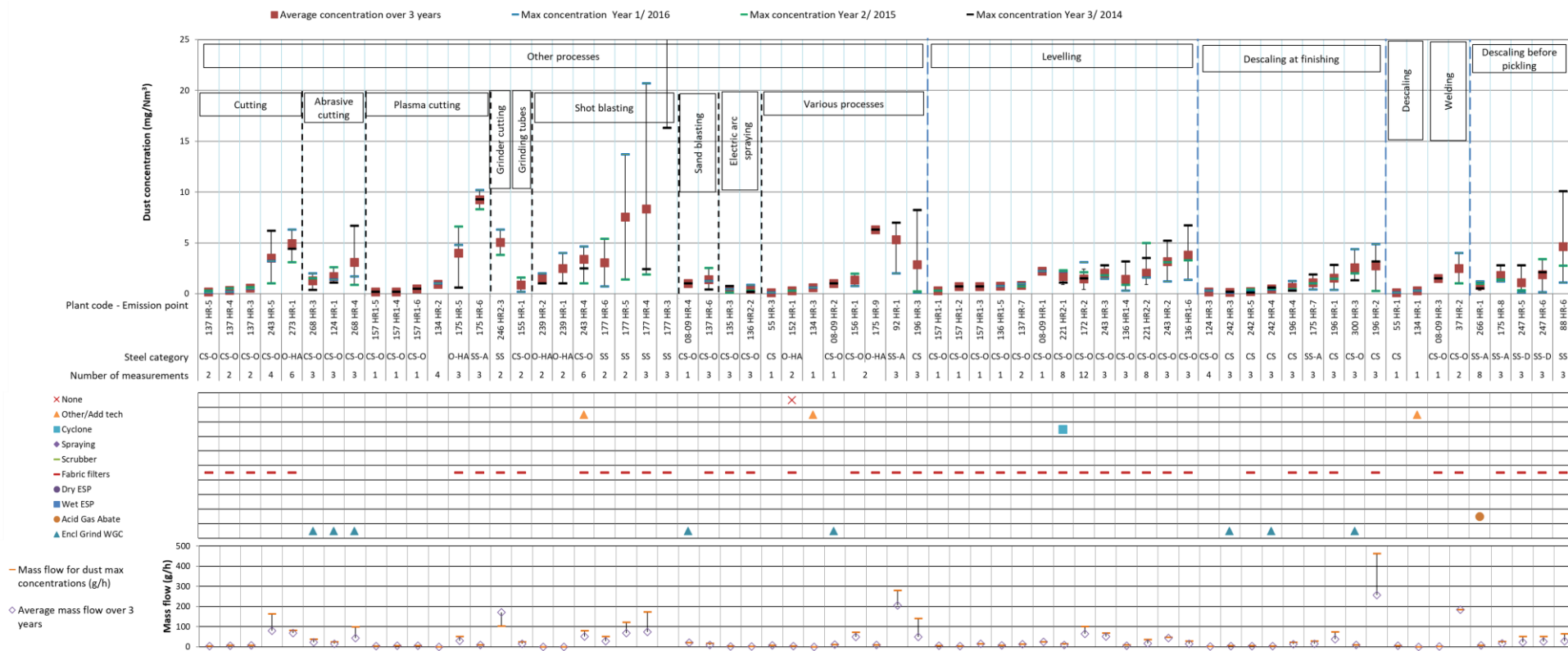


Wartości zbyt wysokie jak na skalę rysunku:

Kod zakładu - Emisja Punkt	Srednie stezenie w ciagu 3 lat (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maks. stezenie Rok 1/2016 (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maks. stezenie Rok 2/2015 (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maks. stezenie Rok 3/2014 (mg/Nm <sup>3</sup> )	Przeplyw pylu dla max. stezenia (g/h)	Sredni przeplyw masy w ciagu 3 lat (g/h)
94 HR1-1			50.7	41.6	7 446.2	3 930.2
213 HR-1		61.1	70.9	92.3		
157 HR2-1	66.8	76.0		57.6	8 987.6	7 692.4

Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 2.47: Emisje pyłów z obróbki mechanicznej, oczyszczania płomieniowego i spawania (w mg/Nm<sup>3</sup>) - Część 1 z 2

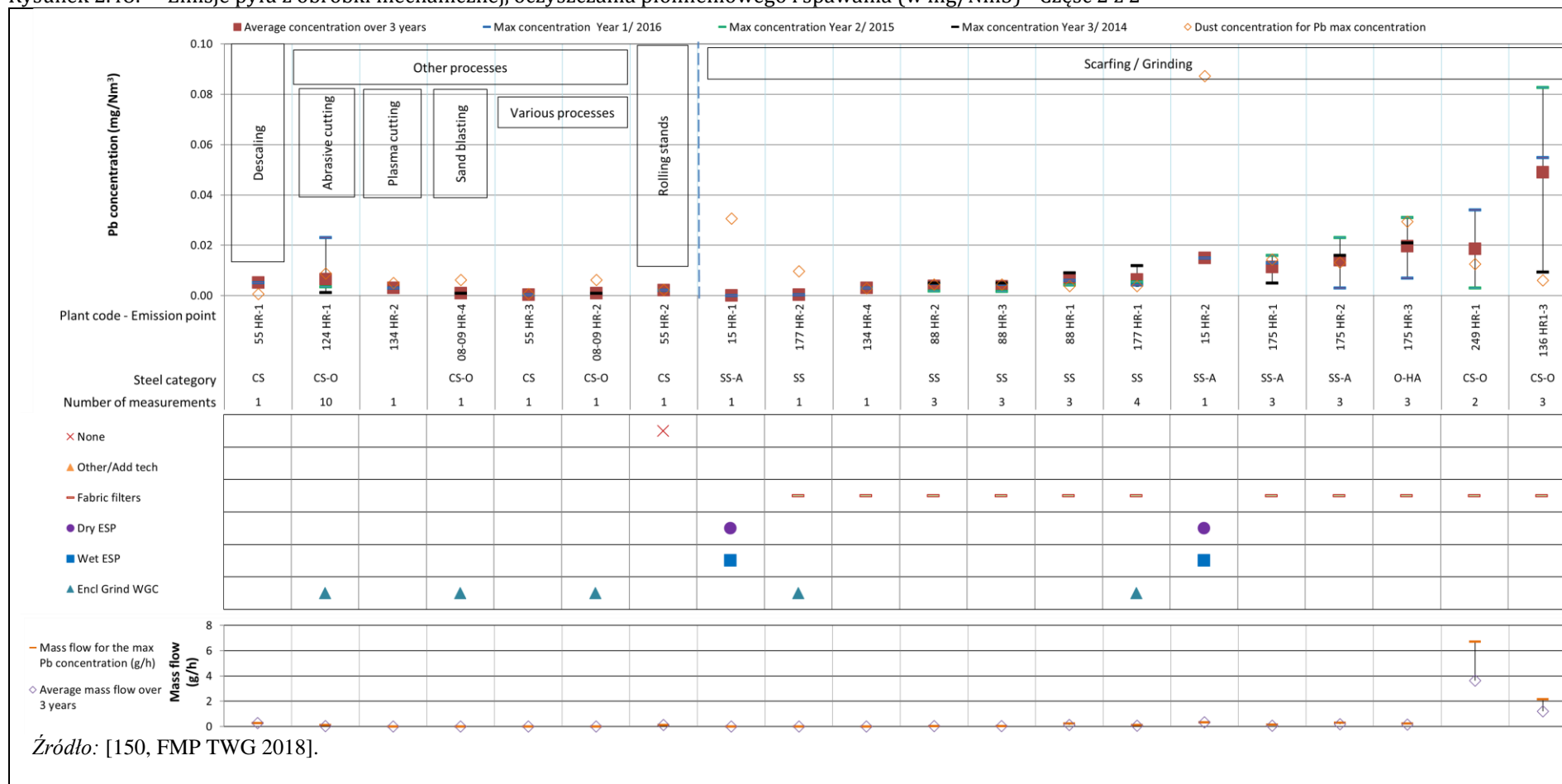


Wartości zbyt wysokie jak na skalę rysunku:

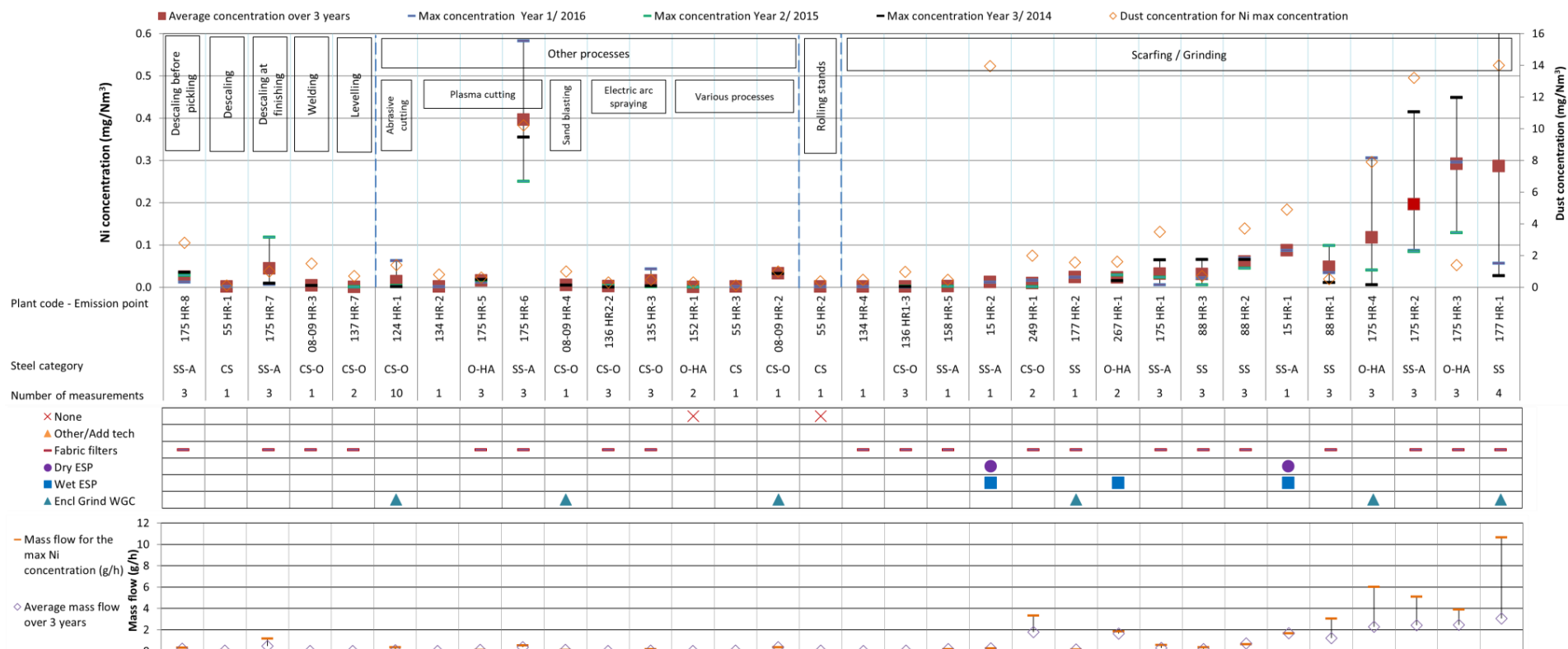
Kod zakładu - Emisja Punkt	Srednie stężenie w ciągu 3 lat (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maks. stężenie Rok 1/2016 (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maks. stężenie Rok 2/2015 (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maks. stężenie Rok 3/2014 (mg/Nm <sup>3</sup> )	Przepływ pyłu dla max. stężenia (g/h)	Sredni przepływ masy w ciągu 3 lat (g/h)
177 HR-3	156.7	118.3	335.5		2 683.7	1 216.5

Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 2.48: Emisje pyłu z obróbki mechanicznej, oczyszczania płomieniowego i spawania (w mg/Nm3) - Część 2 z 2



Rysunek 2.49: Emisje ołowiu z obróbki mechanicznej, oczyszczania płomieniowego i spawania (w mg/Nm3)



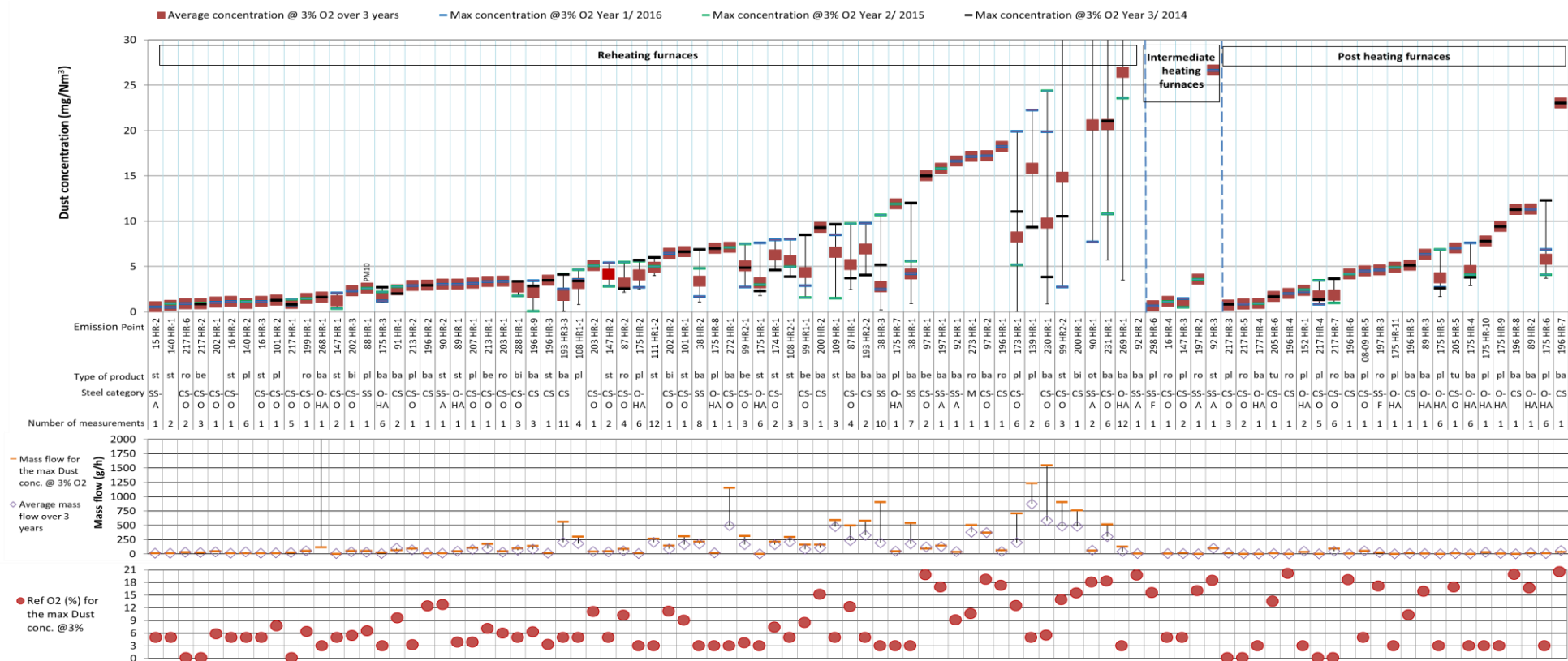
Wartości zbyt wysokie jak na skalę rysunku:

Kod zakładu - Punkt emisji	Srednia koncentracja w ciągu 3 lat (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maks. stężenie Rok 1/2016 (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maksymalne stężenie Rok 2/2015 (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maks. stężenie Rok 3/2014 (mg/Nm <sup>3</sup> )
177 HR-1			1.0	

Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 2.50: Emisje niklu z obróbki mechanicznej, oczyszczania płomieniowego i spawania (w mg/Nm<sup>3</sup>)



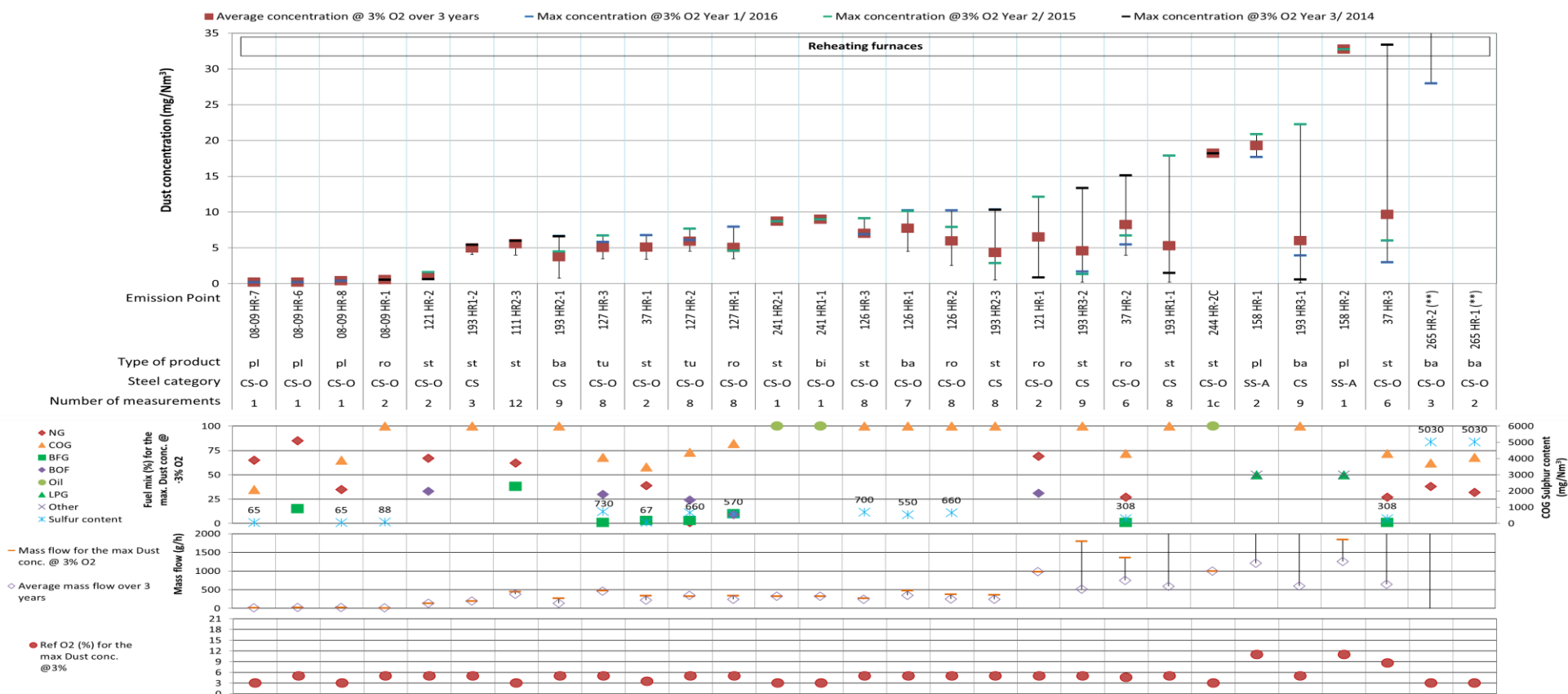


Wartości zbyt wysokie jak na skalę rysunku:

Roślina kod - Punkt emisji	Srednie stężenie w ciągu 3 lat (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maks. stężenie Rok 1/2016 (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maks. stężenie Rok 2/2015 (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maks. stężenie Rok 3/2014 (mg/Nm <sup>3</sup> )	Przeływ pyłu dla max. stężenia (g/h)	Sredni przepływ masy w ciągu 3 lat (g/h)
268 HR-1					2 758.0 <sup>(1)</sup>	<sup>(1)</sup> Przepływ masy odpowiada pomiarowi 64 mg/Nm <sup>3</sup> (Poziom O2 jest nieznan).
99 HR2-2			31.2		907.0	
200 HR-1	33.4		33.4		762.0	
90 HR-1			33.5			
231 HR-1		60.0				
269 HR-1		58.9		63.0		
92 HR-2	64.5	64.5				

Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 2.51: Emisje pyłu z ogrzewania materiału wsadowego (w mg/Nm<sup>3</sup> przy 3% tlenu) dla paliwa 100% gaz ziemny

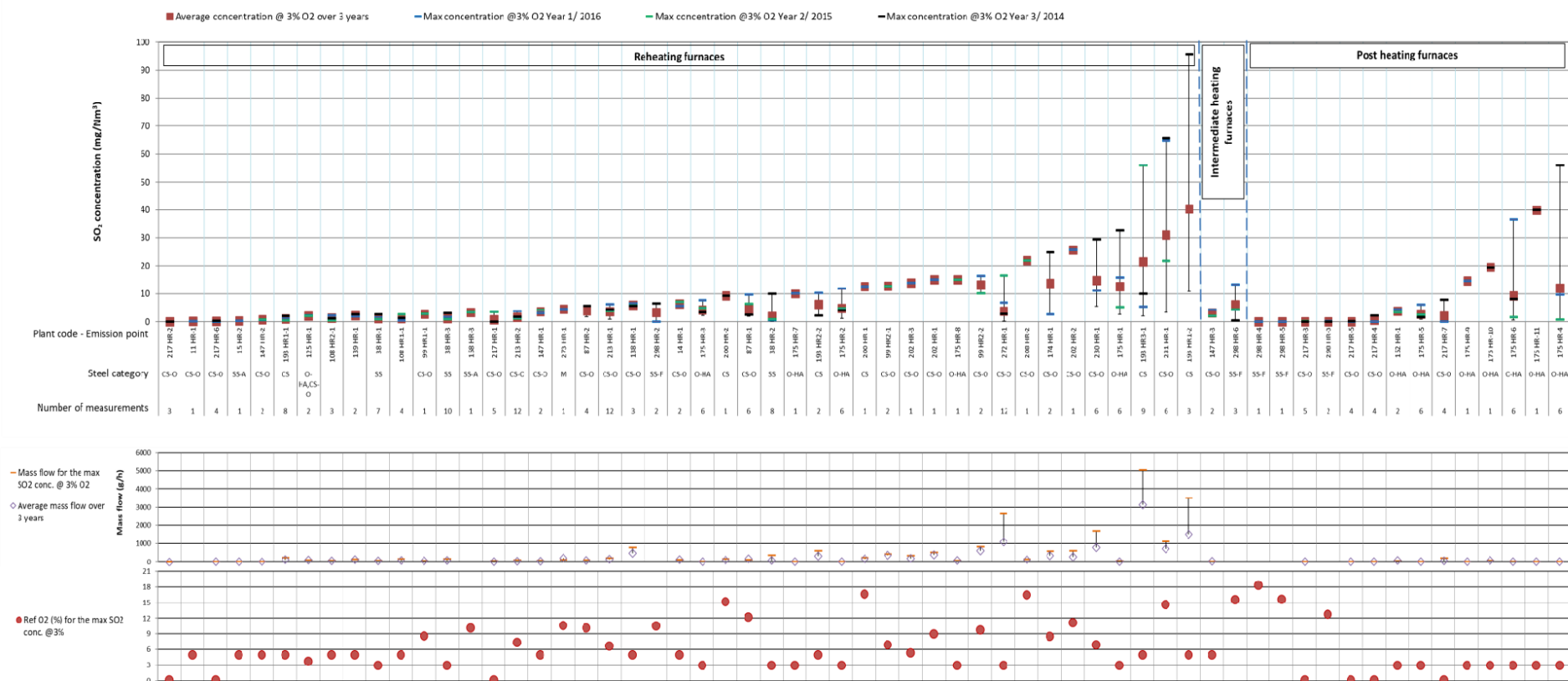


Wartości zbyt wysokie jak na skalę rysunku:

Kod zakładu - Emisja Punkt	Srednie stezenie w ciagu 3 lat (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maks. stezenie Rok 1/2016 (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maks. stezenie Rok 2/2015 (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maks. stezenie Rok 3/2014 (mg/Nm <sup>3</sup> )	Przeplyw pylu dla max. stezenia (g/h)	Sredni przeplyw masy w ciagu 3 lat (g/h)
193 HR-1					2 103.0	
158 HR-1					2 156.0	
193 HR3					2 012.0	
37 HR-3					2 300.0	
265 HR-2	51.7		68.0	59.0		8 315.0
265 HR-1	60.5		71.8	49.1	3 615.0	3 633.0

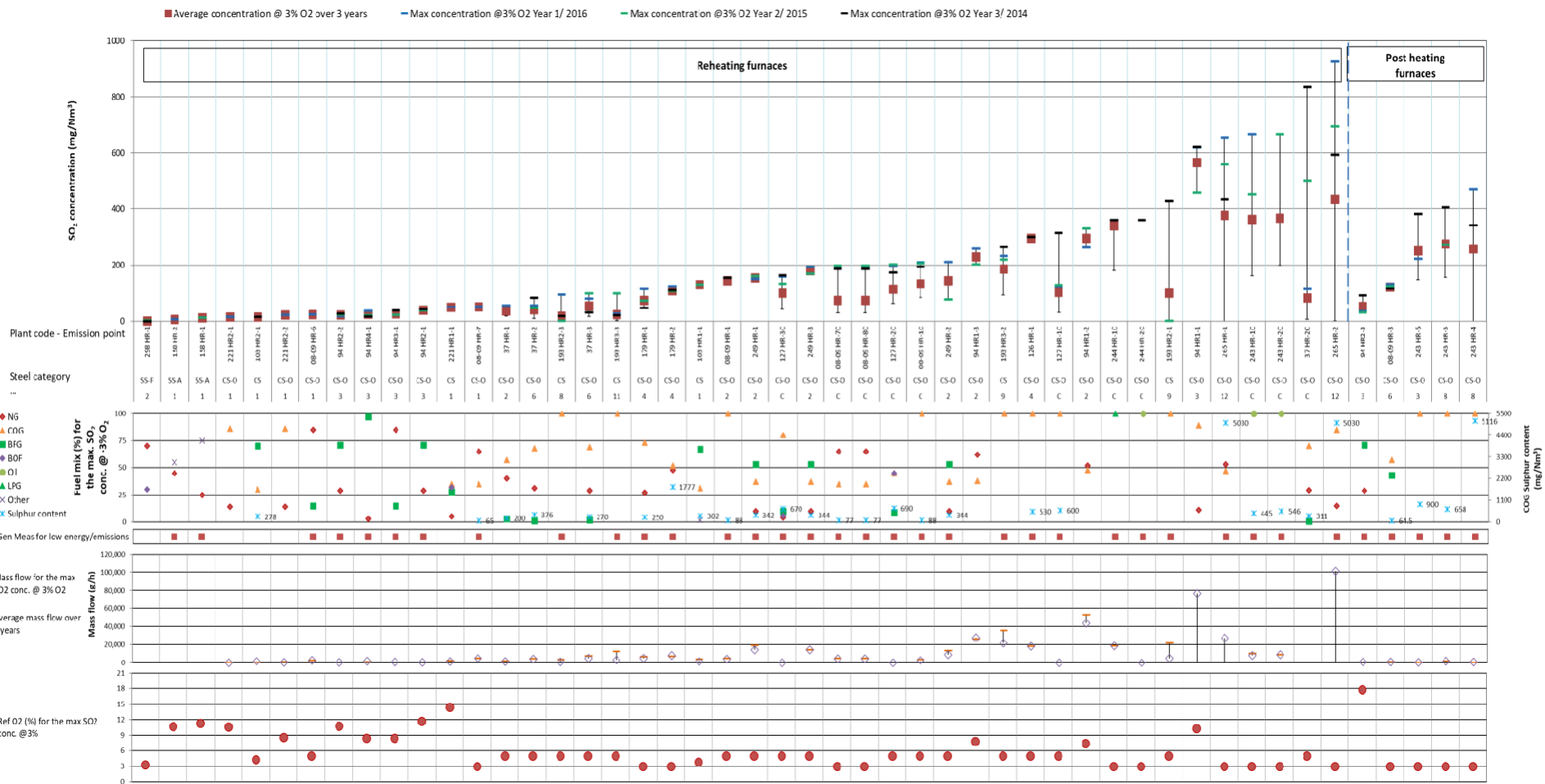
Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 2.52: Emisje pyłu z ogrzewania materiału wsadowego (w mg/Nm<sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu) w przypadku paliwa innego niż 100 % gazu ziemnego lub nieznanego paliwa



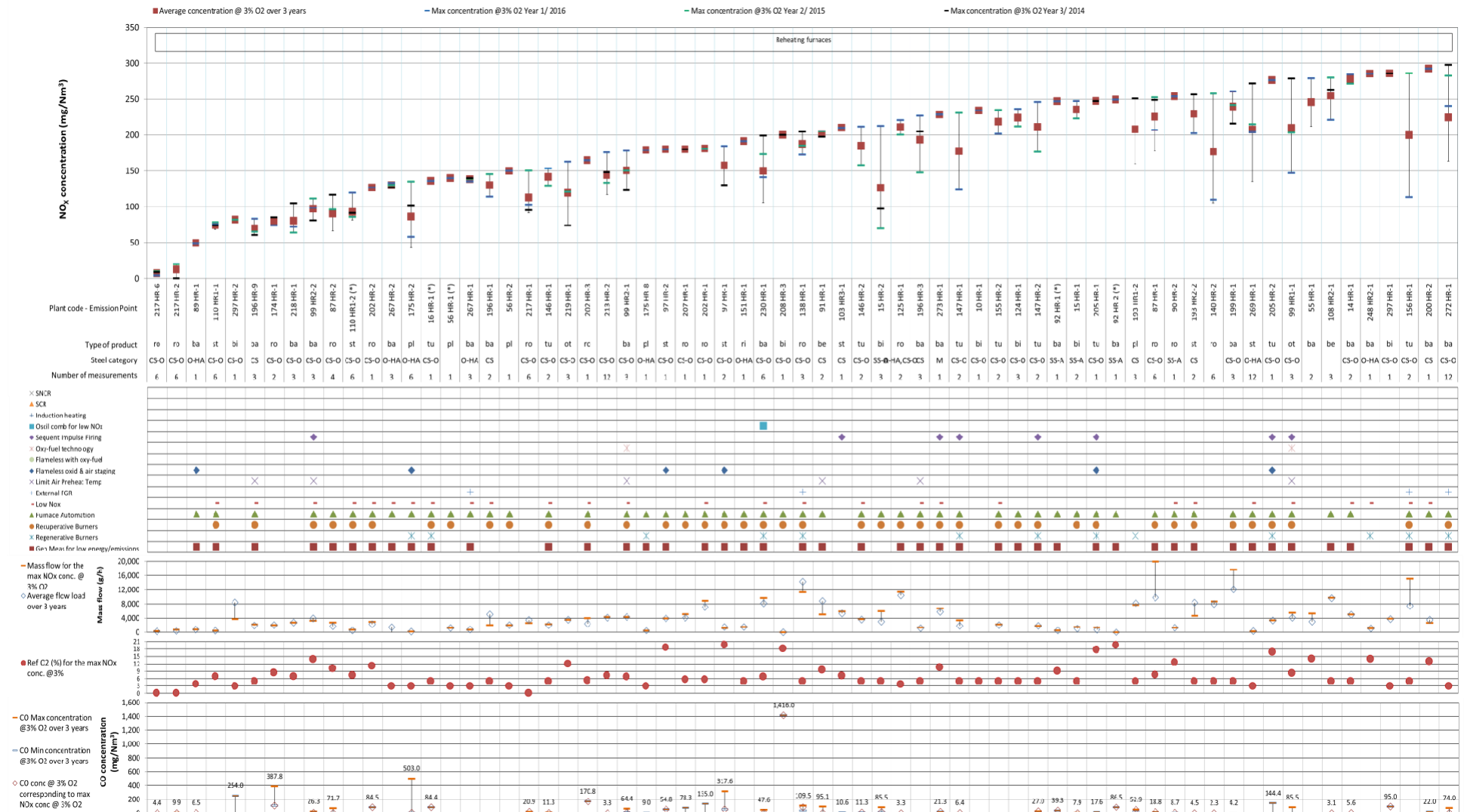
Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 2.53: Emisje SO<sub>2</sub> z ogrzewania materiału wsadowego (w mg/Nm<sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu) dla paliwa stanowiącego 100 % gazu ziemnego



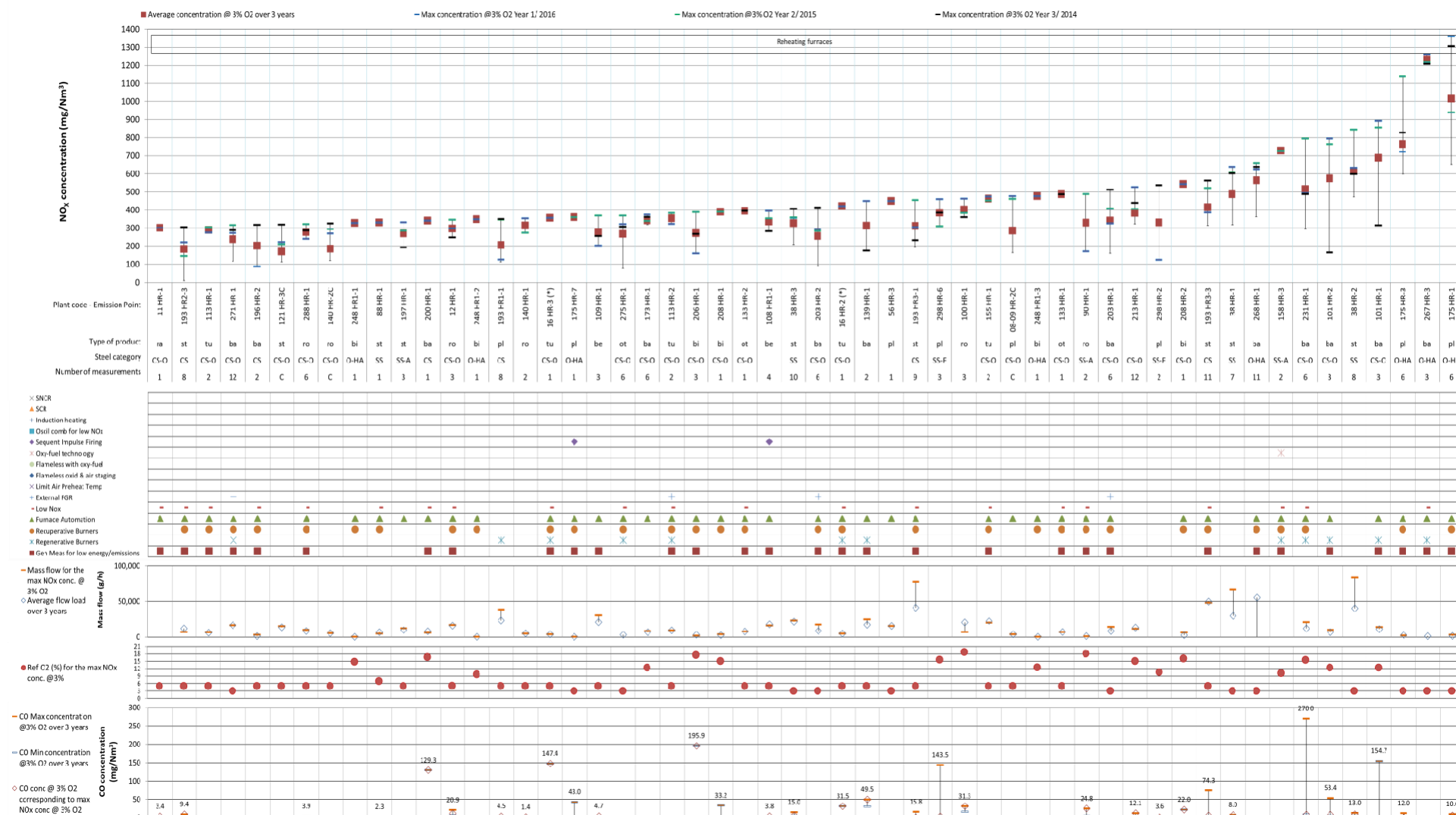
Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 2.54: Emisje SO<sub>2</sub> z ogrzewania surowców (w mg/Nm<sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu) dla paliwa innego niż 100 % gazu ziemnego



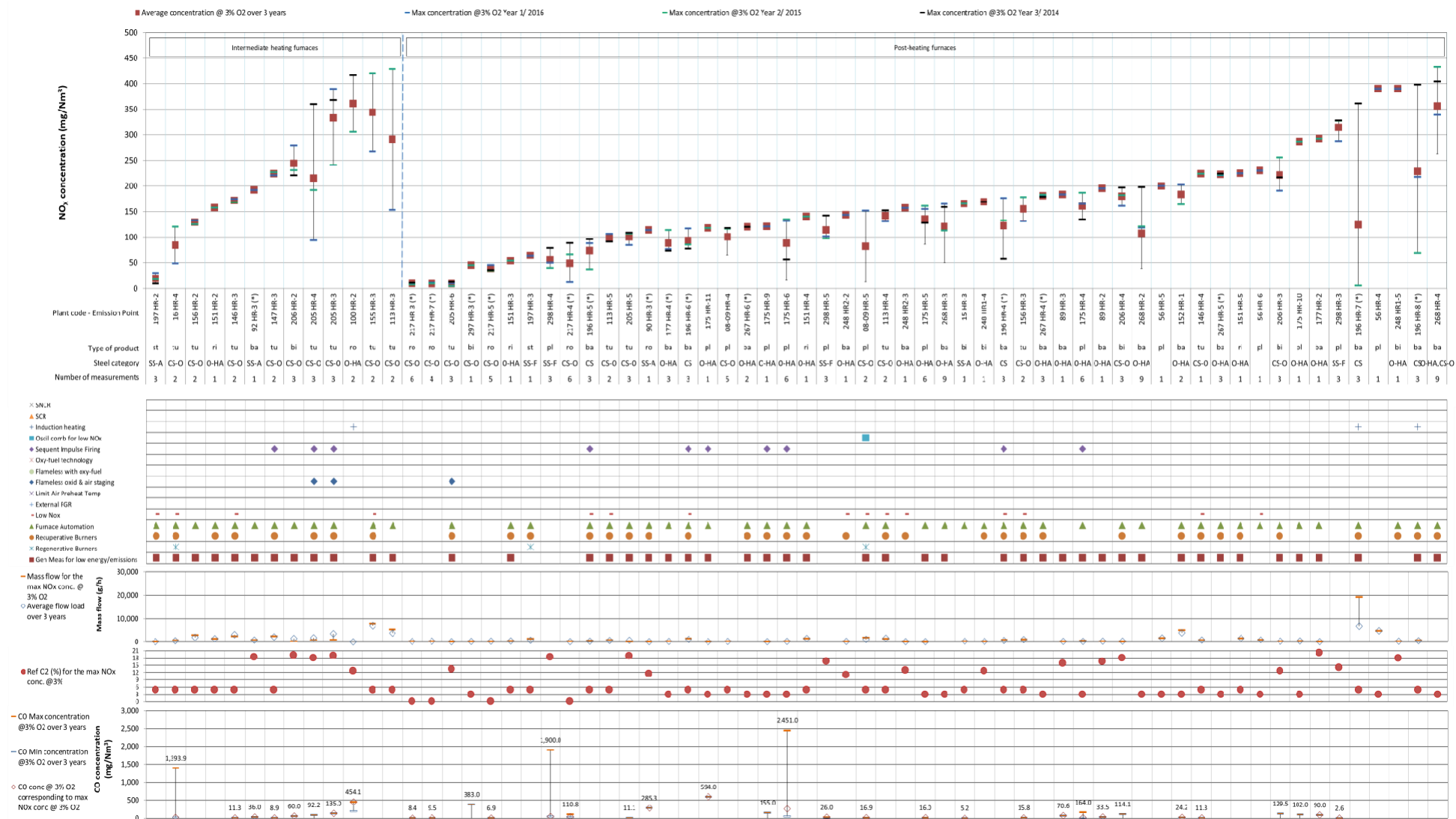
Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 2.55: Emisje NOx z ogrzewania wsadu (w mg/Nm3 przy 3 % tlenu) dla paliwa 100 % gaz ziemny - część 1 z 2



Źródło: [150, FMP TWG 2018].

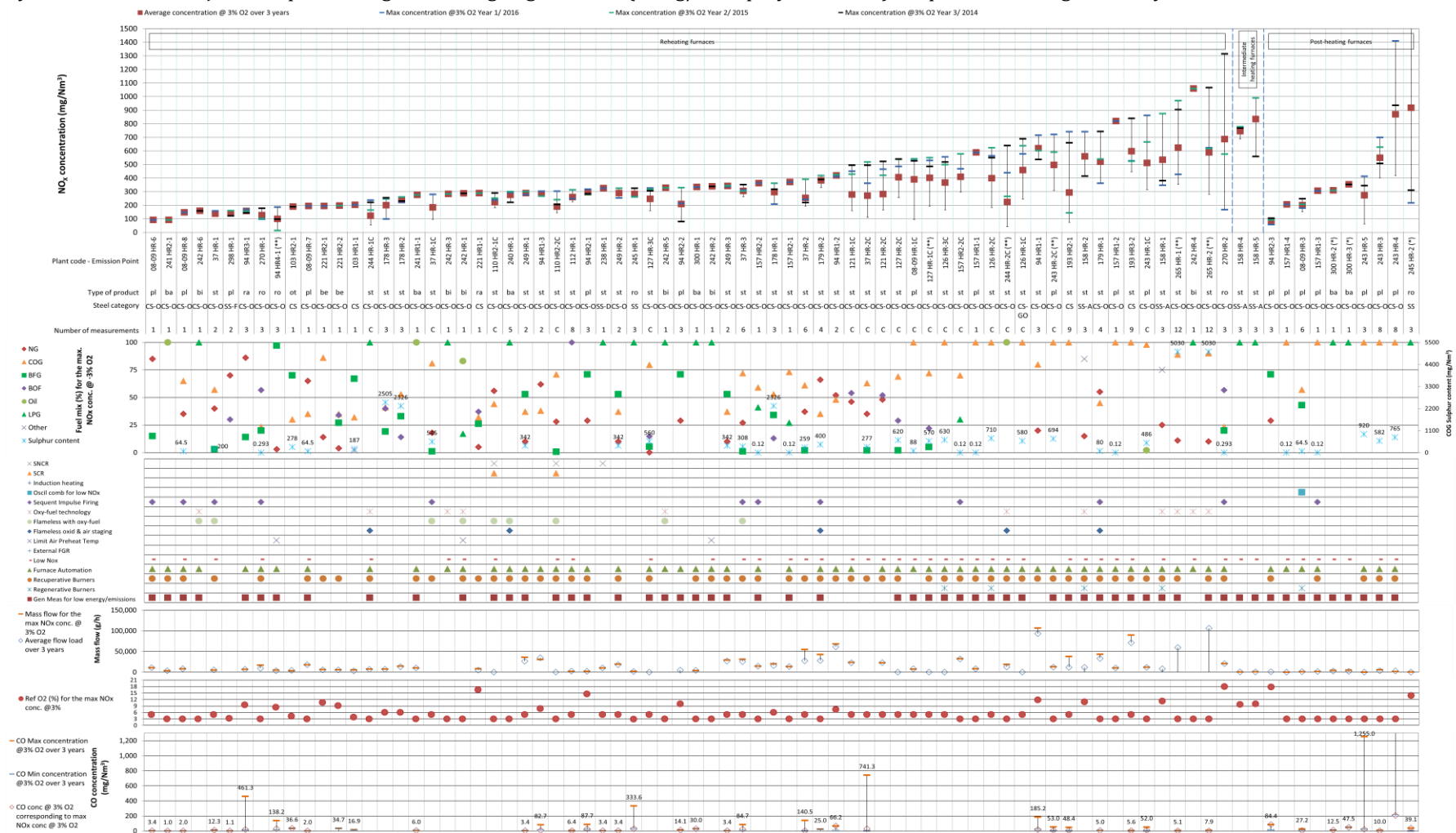
Rysunek 2.56: Emisje NOx z ogrzewania wsadu (w mg/Nm3 przy 3 % tlenu) dla paliwa 100 % gaz ziemny - część 2 z 2



Źródło: [150, FMP TWG 2018].



Rysunek 2.57: Emisje NOx z pośredniego i wtórnego ogrzewania (w mg/Nm3 przy 3 % tlenu) dla paliwa 100 % gaz ziemny

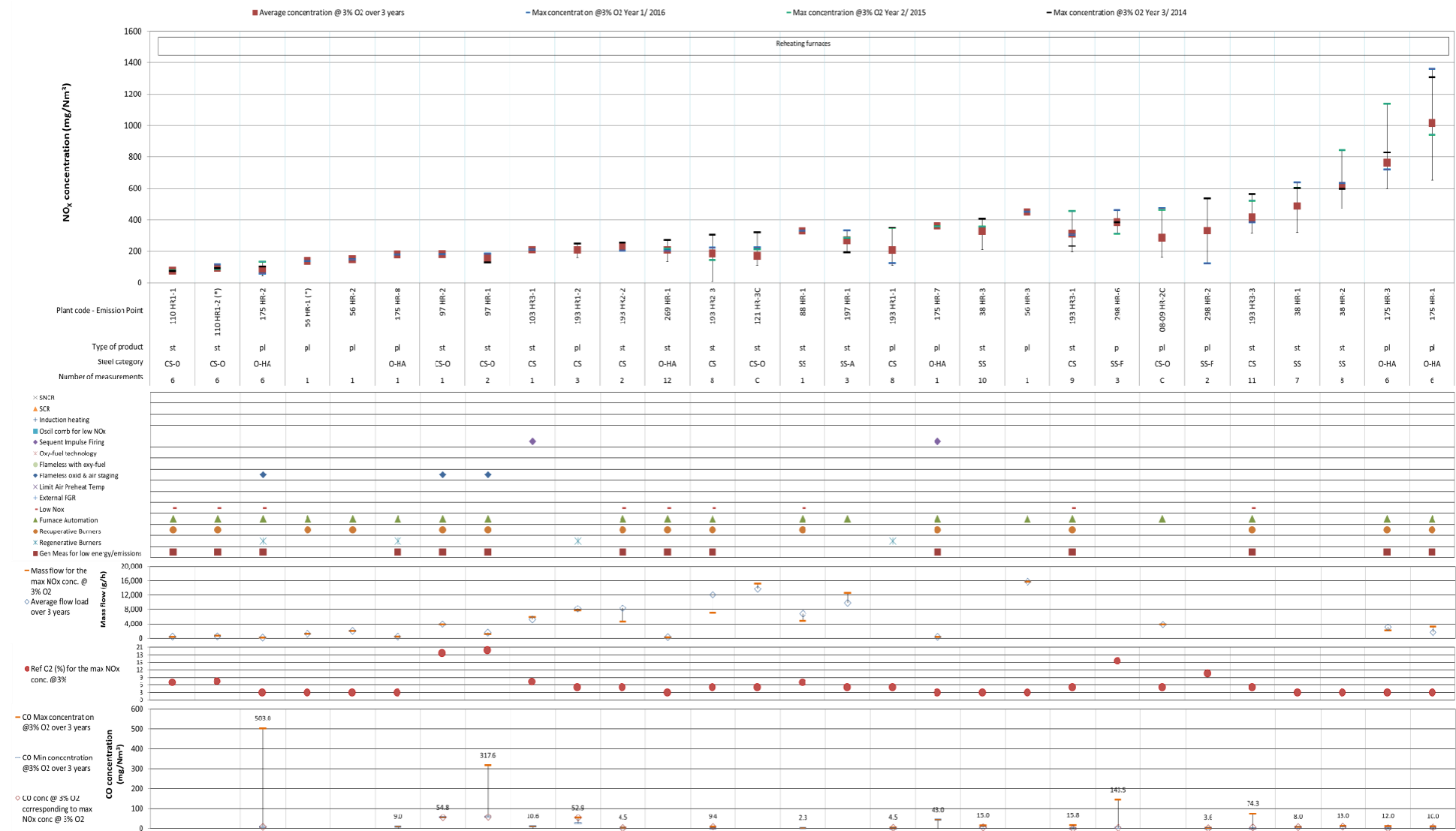


Wartości zbyt wysokie jak na skalę rysunku:

Kod zakładu - Emisja Punkt	Srednia koncentracja w ciągu 3 lat (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maks. stężenie Rok 1/2016 (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maksymalne stężenie Rok 2/2015 (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maks. stężenie Rok 3/2014 (mg/Nm <sup>3</sup> )	CO Maks. stężenie przy 3 % O2 przez 3 lata
243 HR-4					15 117
245 HR-2			2 222.5		

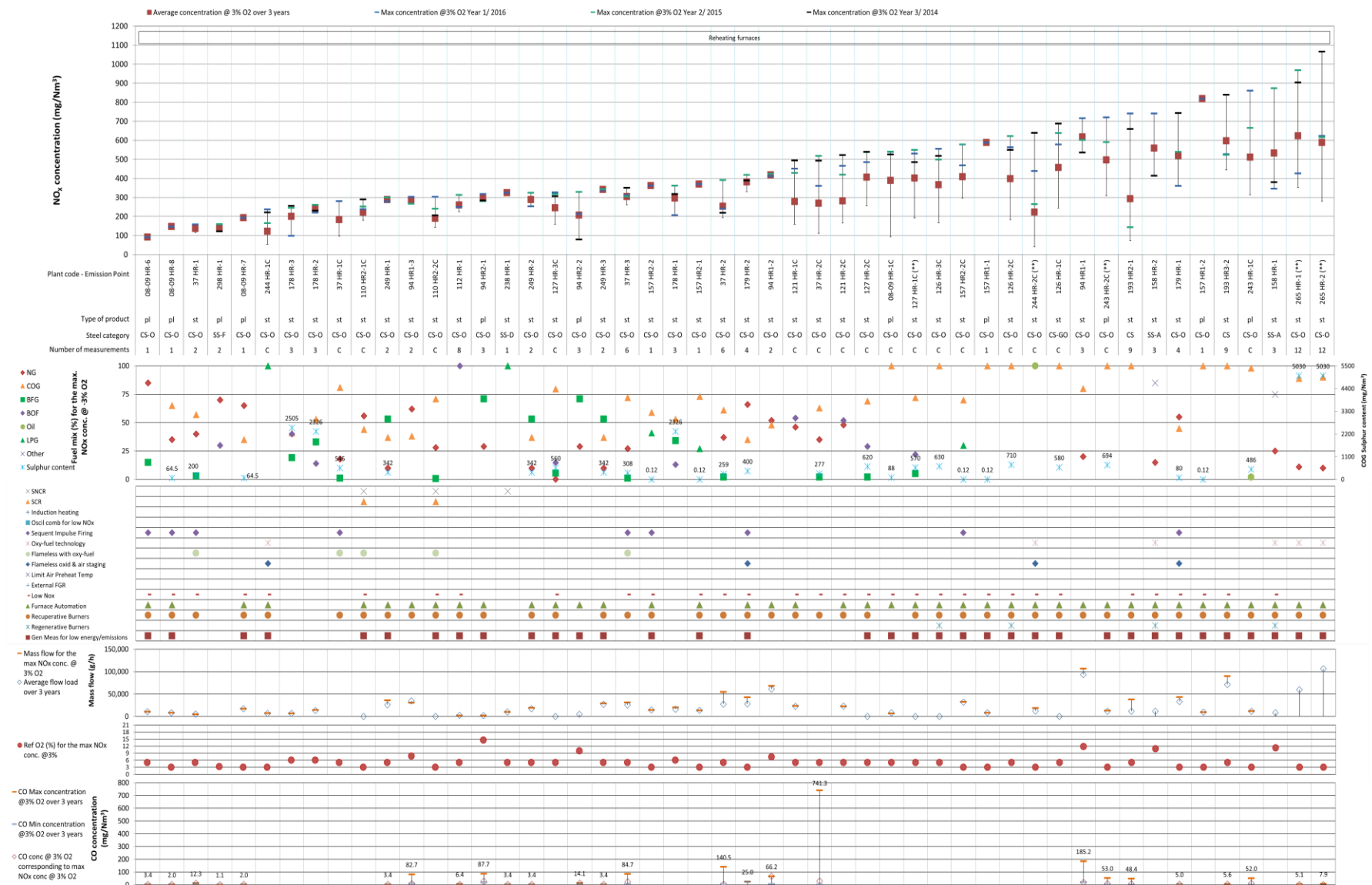
Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 2.58: Emisje NOx z pośredniego i wtórnego ogrzewania (w mg/Nm3 przy 3 % tlenu) dla paliw innych niż 100 % gazu ziemnego



Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 2.59: Emisje NOx z dogrzewania (w mg/Nm3 przy 3 % tlenu) dla paliwa 100 % gazu ziemnego do dogrzewania wyrobów płaskkich



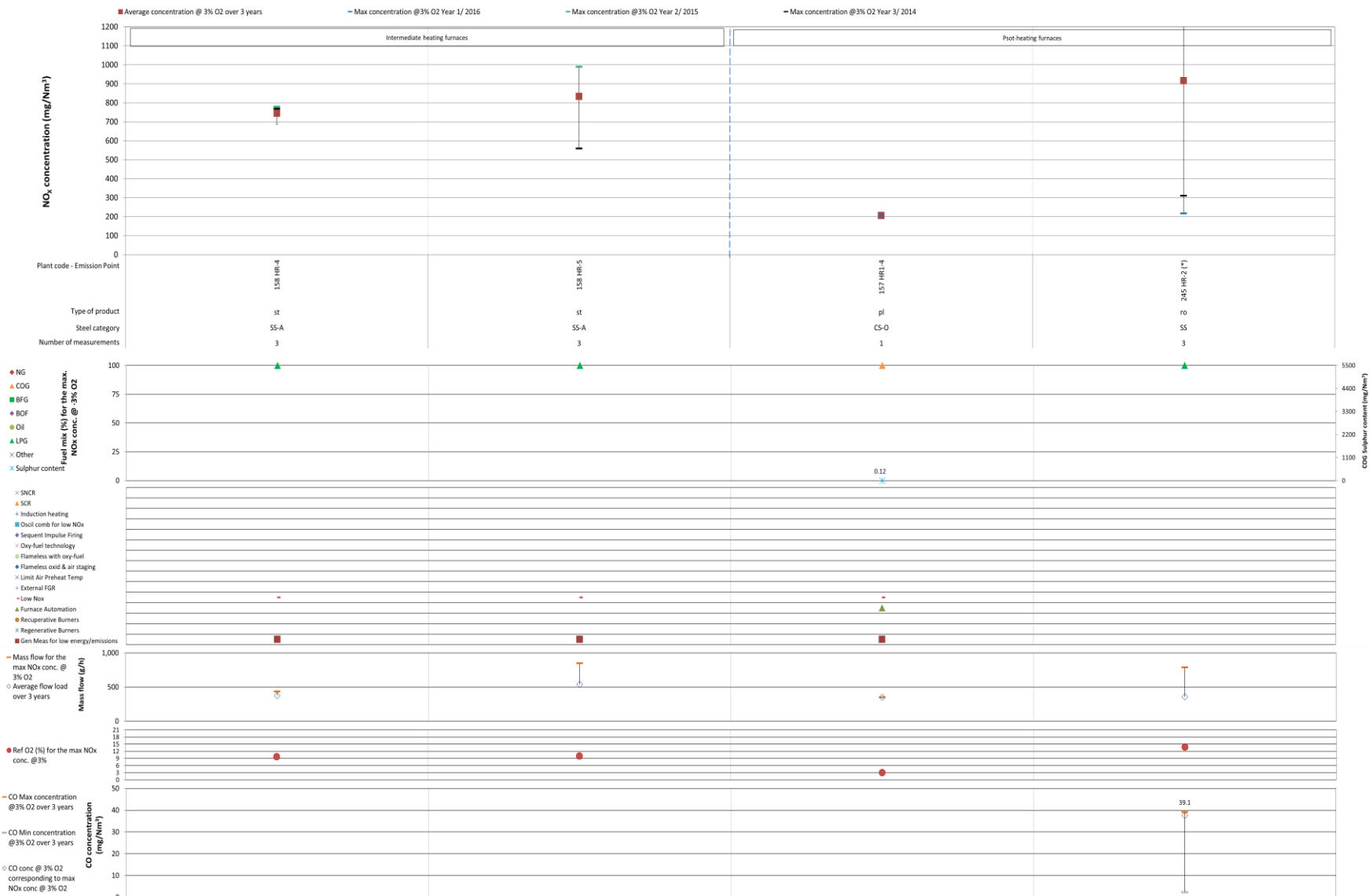
Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 2.60: Emisje NOx z dogrzewania (w mg/Nm3 przy 3 % tlenu) dla paliwa innego niż 100 % gaz ziemny do dogrzewania wyrobów płaskkich



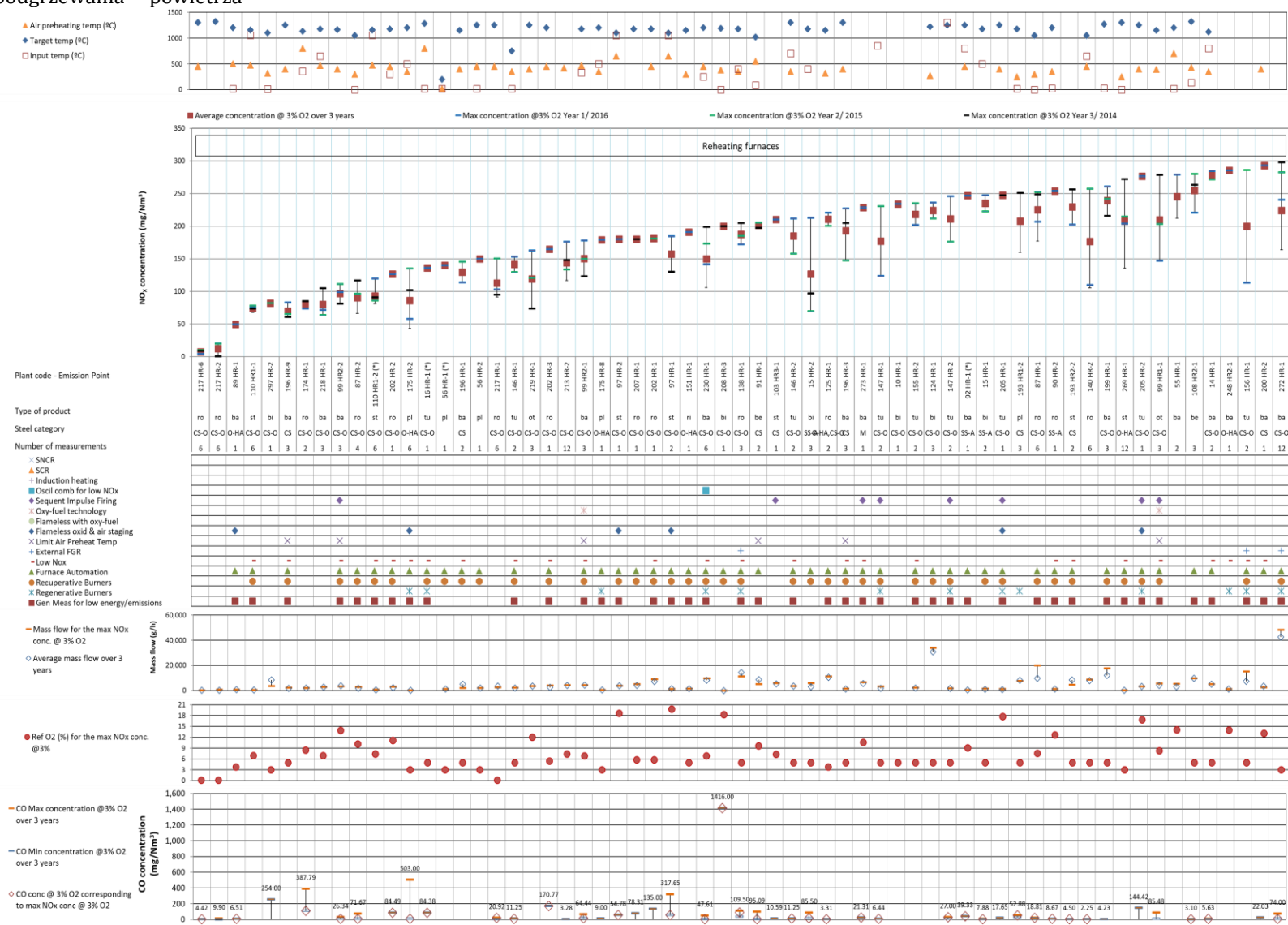
Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 2.61: Emisje NOx z ogrzewania, pośredniego i wtórnego (w mg/Nm3 przy 3 % tlenu) dla 100 % gazu ziemnego, bez wstępnego podgrzewania powietrza



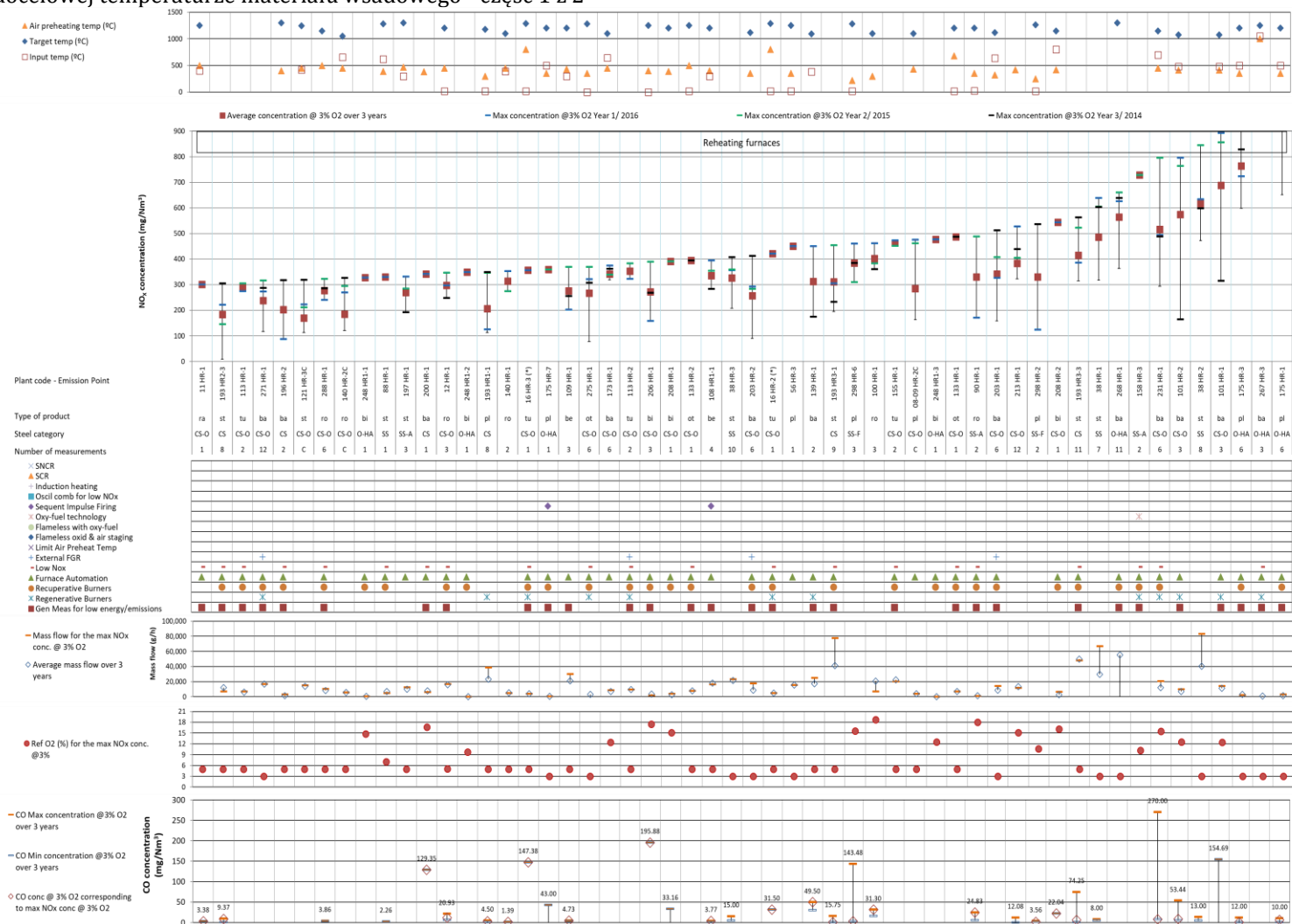
Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 2.62: Emisje NOx z ogrzewania, pośredniego i wtórnego (w mg/Nm3 przy 3 % tlenu) dla paliwa innego niż 100 % gazu ziemnego, bez wstępnego podgrzewania powietrza



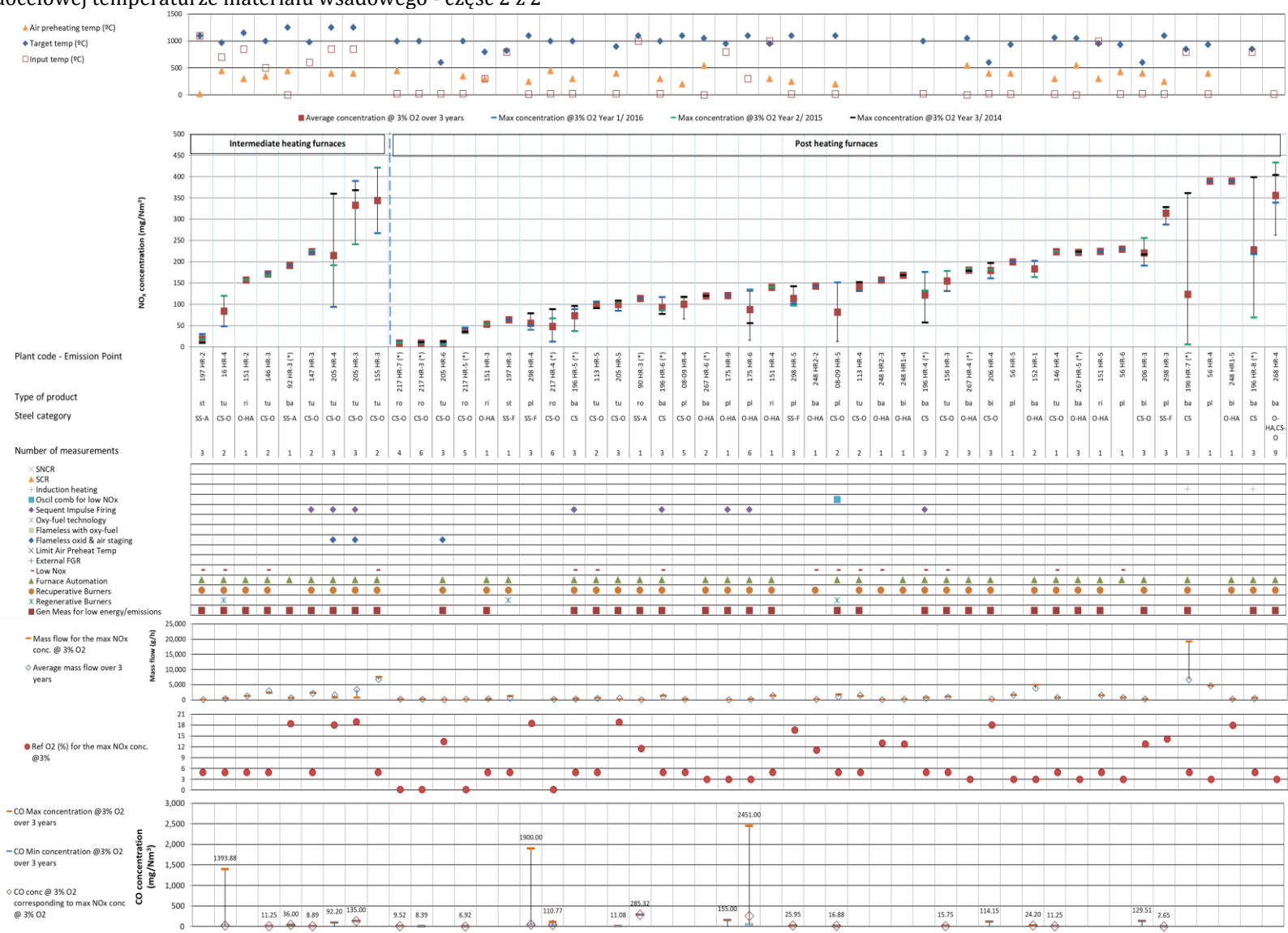
Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 2.63: Emisje NOx z dogrzewania (w mg/Nm3 przy 3 % tlenie) dla 100 % gazu ziemnego, przy temperaturze wstępnego podgrzewania powietrza i docelowej temperaturze materiału wsadowego - część 1 z 2



Źródło: [150, FMP TWG 2018].

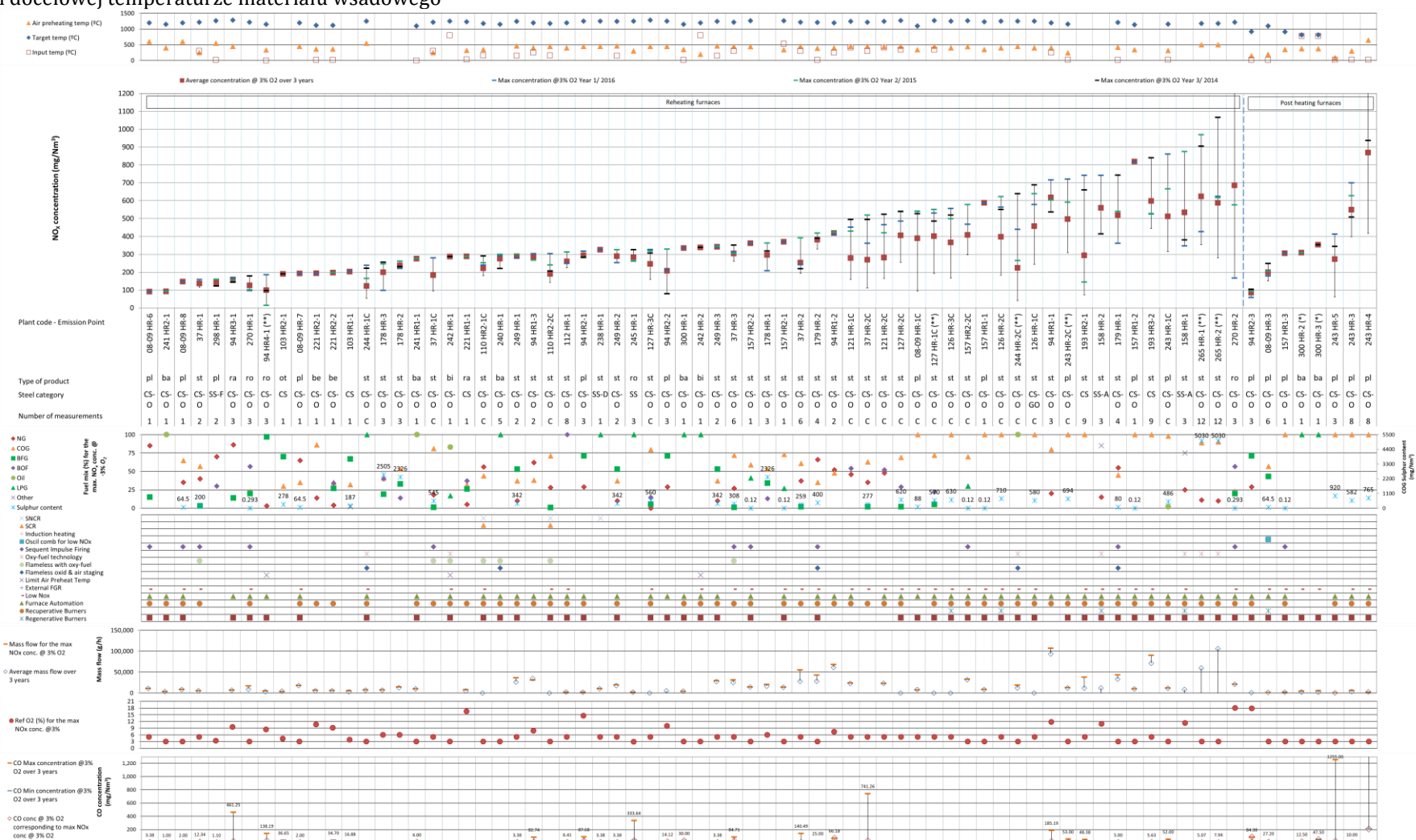
Rysunek 2.64: Emisje NOx z dogrzewania (w mg/Nm3 przy 3 % tlenu) dla 100 % gazu ziemnego, przy temperaturze wstępnego podgrzewania powietrza i docelowej temperaturze materiału wsadowego - część 2 z 2



Źródło: [150, FMP TWG 2018].



Rysunek 2.65: Emisje NOx z pośredniego i wtórnego ogrzewania (w mg/Nm3 przy 3 % tlenu) dla 100 % gazu ziemnego, przy temperaturze ogrzewania powietrza i docelowej temperaturze materiału wsadowego

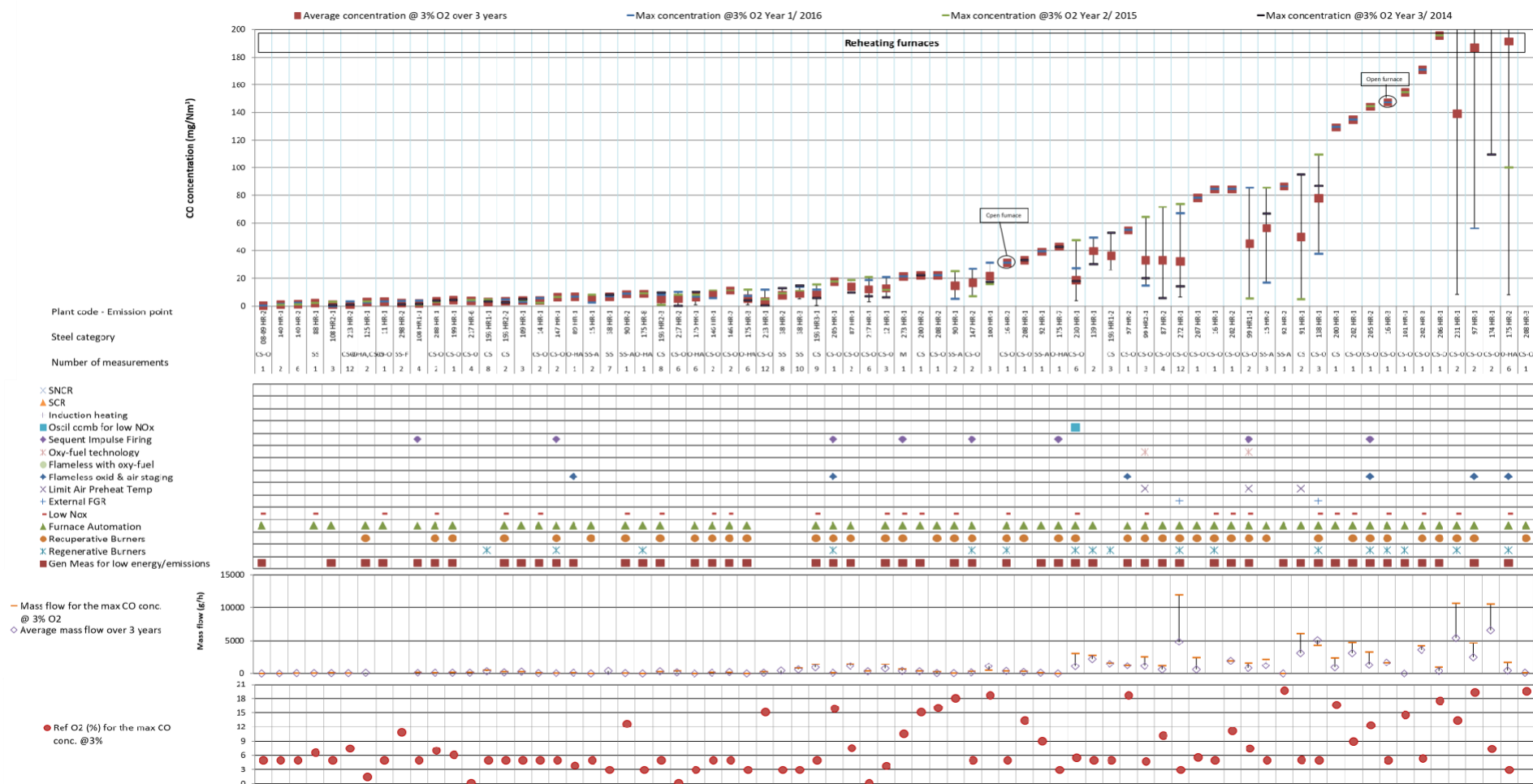


Wartości zbyt wysokie jak na skalę rysunku:

Kod zakładu - Emisja Punkt	Srednia koncentracja w ciągu 3 lat (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maks. stężenie Rok 1/2016 (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maksymalne stężenie Rok 2/2015 (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maks. stężenie Rok 3/2014 (mg/Nm <sup>3</sup> )	CO Maks. stężenie @ 3 % O2 ponad 3 lata
243 HR-4					15 117

Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 2.66: Emisje NOx z ogrzewania i dogrzewania (w mg/Nm<sup>3</sup> przy 3 % tlenu) dla paliwa innego niż 100 % gazu ziemnego, przy temperaturze wstępnego ogrzewania powietrza i docelowej temperaturze materiału wsadowego

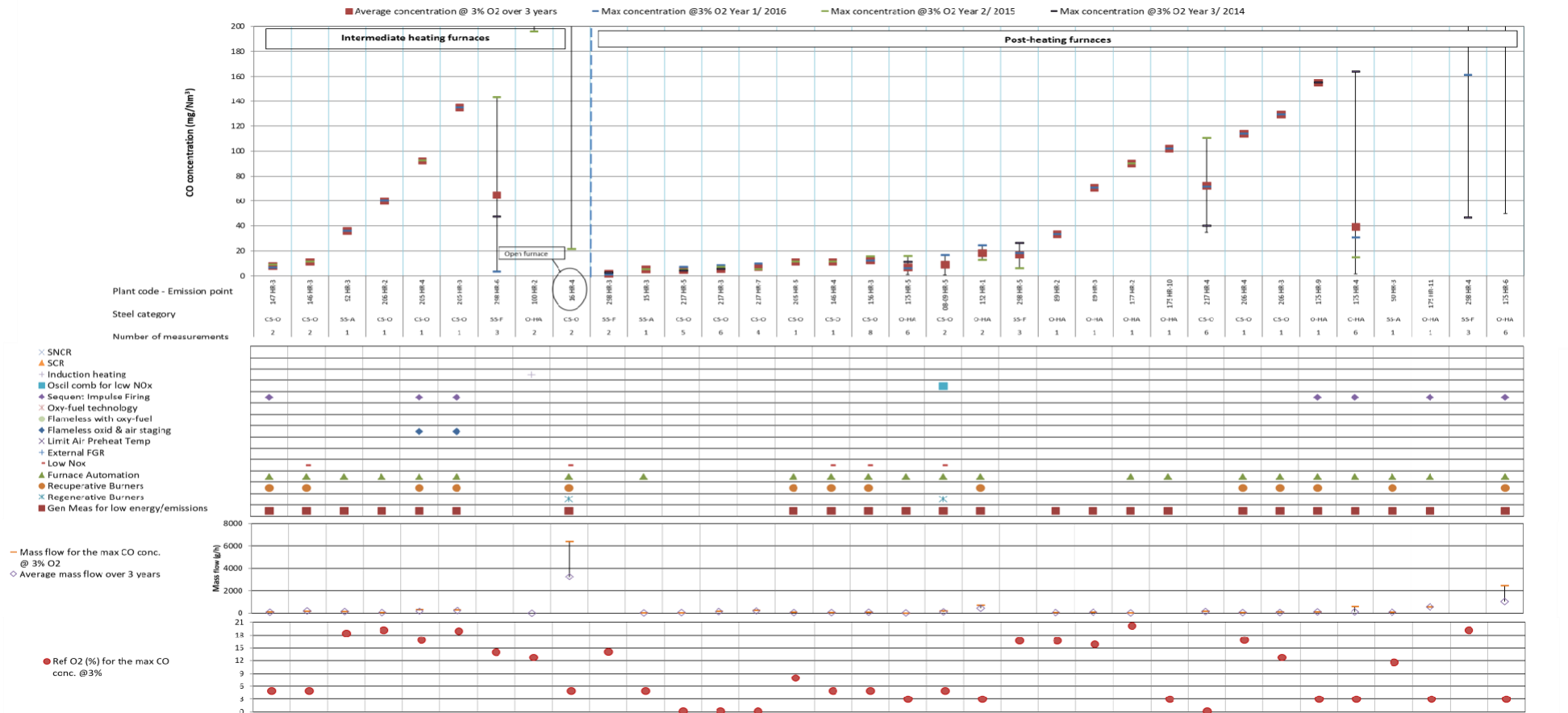


Wartości zbyt wysokie jak na skalę rysunku:

Kod zakładu - Punkt emisji	Srednia koncentracja w ciagu 3 lat (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maks. stezenie Rok 1/2016 (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maksymalne stezenie Rok 2/2015 (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maks. stezenie Rok 3/2014 (mg/Nm <sup>3</sup> )
231 HR-1			270.0	
97 HR-1	317.7			317.7
174 HR-1	248.7	387.8		
175 HR-2		484.0		503.0
208 HR-3	1 416.0			1 416.0

Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 2.67: Emisje CO z dogrzewania (w mg/Nm3 przy 3 % tlenu) dla paliwa 100 % gaz ziemny



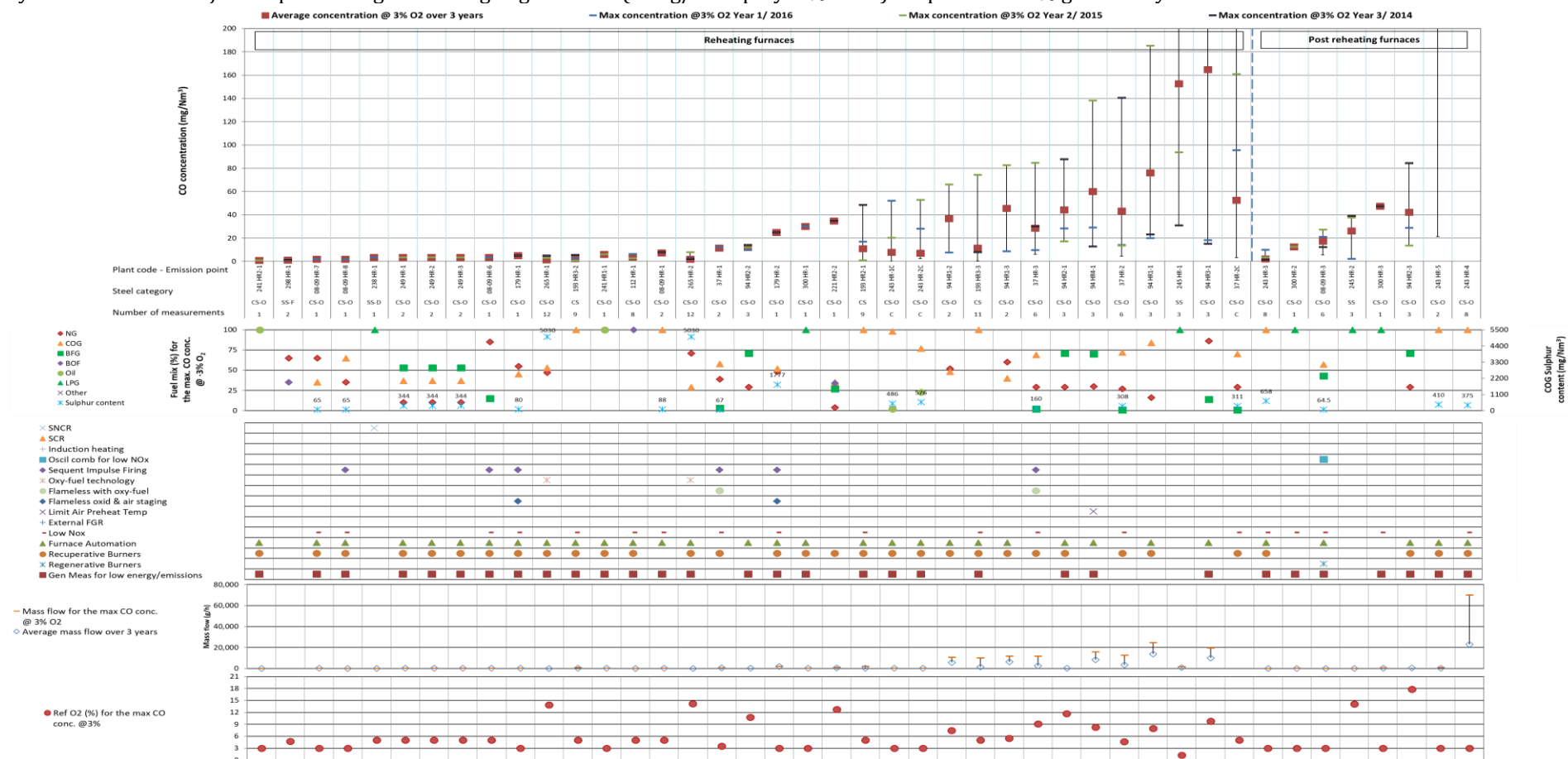
Wartości zbyt wysokie jak na skalę rysunku:

Kod zakładu - Punkt emisji	Srednia koncentracja w ciagu 3 lat (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maks. stezenie Rok 1/2016 (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maksymalne stezenie Rok 2/2015 (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maks. stezenie Rok 3/2014 (mg/Nm <sup>3</sup> )
100 HR-2	325.2			454.1
16 HR-4	707.6	1 393.9		
90 HR-3	285.3	285.3		
175 HR-11	594.0	594.0		1 416.0

298 HR-4	703.0		1,900.0	
175 HR-6	963.5	2 431.0		2 451.0

Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 2.68: Emisja CO z pośredniego i wtórnego ogrzewania (w mg/Nm<sup>3</sup> przy 3 % tlenu) dla paliwa 100 % gaz ziemny



Wartości zbyt wysokie jak na skalę rysunku:

Kod zakładu - Punkt emisji	Srednia koncentracja w ciagu 3 lat (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maks. stezenie Rok 1/2016 (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maksymalne stezenie Rok 2/2015 (mg/Nm <sup>3</sup> )	Maks. stezenie Rok 3/2014 (mg/Nm <sup>3</sup> )
245 HR-1		333.6		
94 HR3-1			461.3	

37 HR-2C				741.3
243 HR-5	638.2	1 255.0		
243 HR-4	5 286.3	8 261.3		1 5117.0

Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 2.69: Emisje CO z ogrzewania i dogrzewania (w mg/Nm<sup>3</sup> przy 3 % tlenu) dla paliwa innego niż 100 % gaz ziemny

### 2.3.6 Emisje do wody

Wszystkie dane związane z emisjami do wody z procesów walcowania na gorąco zostały przedstawione w sekcji 7.2.1 dokumentu, gdzie w formacie scalonym zaprezentowano dane liczbowe przedstawiające emisje do wody dla wszystkich sektorów.

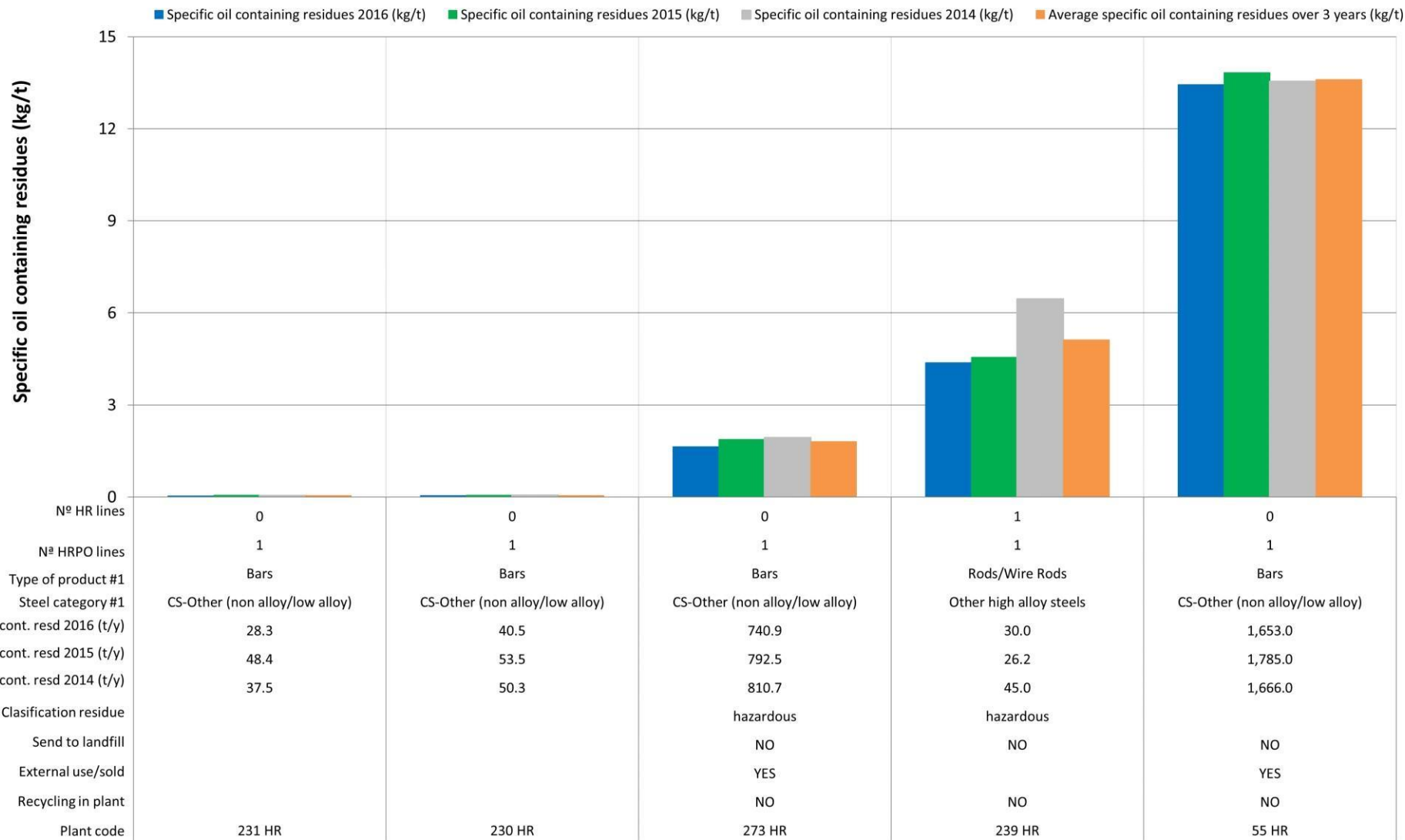
### 2.3.7 Pozostałości

W sumie tylko 5 zakładów podało dane o wytwarzaniu pozostałości zawierających olej, a 12 zakładów podało dane o wytwarzaniu zgorzeliny. Informacje te zestawiono na rysunku 2.70 i rysunku 2.71 odpowiednio. Tabela 2.12 poniżej zawiera informacje zgłoszone przez cztery zakłady na temat ilości generowanego pyłu z filtrów. Zgłoszone dane zostały również przedstawione na rysunku 2.72. Wszystkie liczby dotyczące pozostałości pokazują poziomy wytwarzania pozostałości w trzech latach eksploatacji, a także średnią roczną uzyskaną dla każdego zakładu walcowania na gorąco.

Tabela 2.12: Wytwarzanie specyficzne pyłu z filtrów (w kg/t)

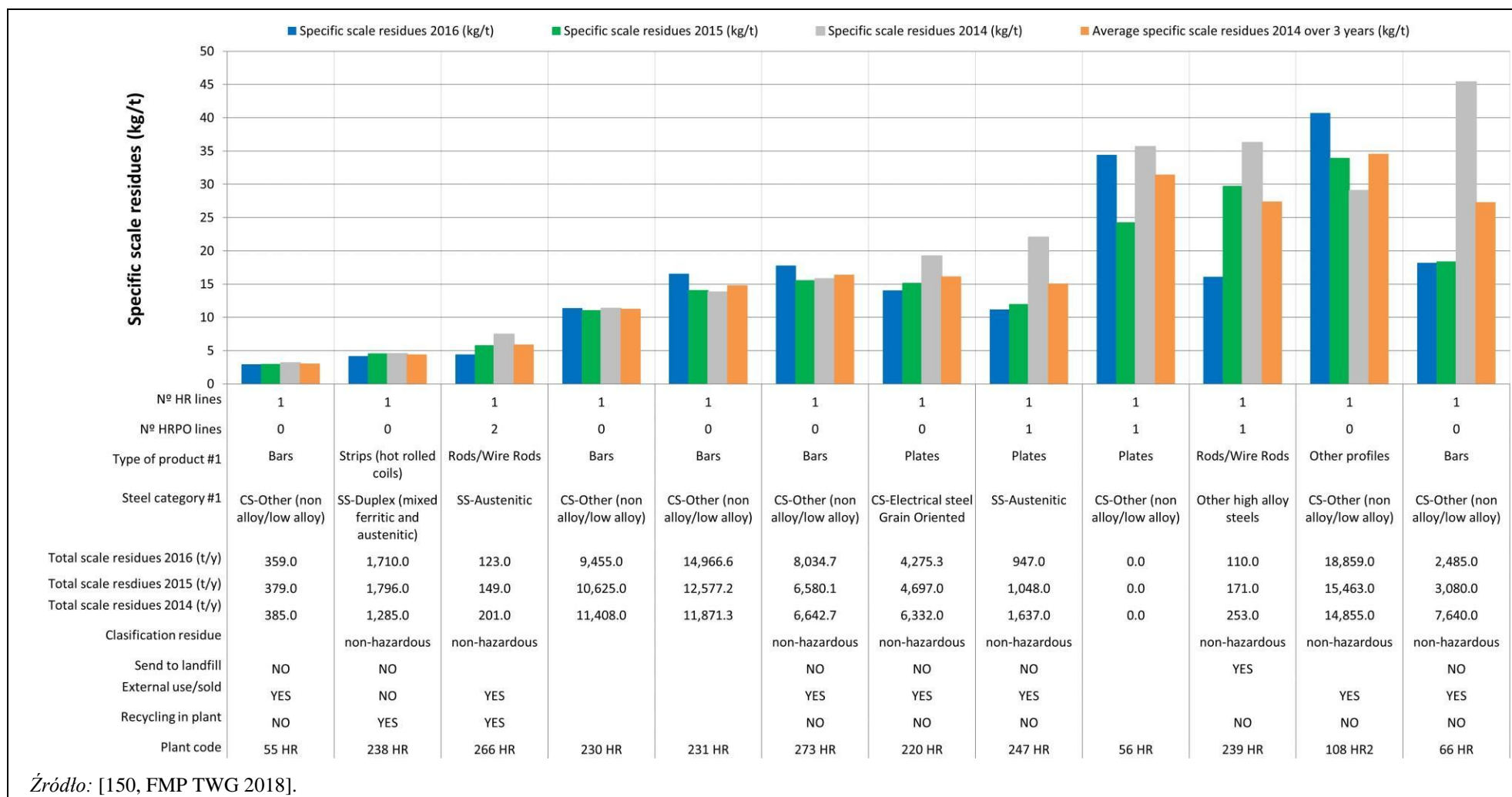
Kod zakładu	Wyrób stalowy	Gatunek stali	Ilość specyficzna pyłu z filtra (kg/t)				Recykling w zakładzie	ERZ kod	Klasyfikacja
			2016	2015	2014	Średnia z 3 lat			
56 HR	Płyty	CS-O	0.18	0.18	NI	0.18	NI	NI	NI
238 HR	Paski	SS-D	0.14	0.16	0.16	0.15	NIE	10 02 08	Non-niebezpieczny
247 HR	Płyty	SS-A SS-D	4.17	4.21	4.54	4.31	NIE	10 02 10	Non-niebezpieczny
273 HR	Bary	CS-O O-HA	0.40	0.40	0.37	0.39	TAK	10 02 08	Non-niebezpieczny

NI = brak informacji.  
CS-O = CS-other (non-alloy/low-alloy). SS-A = SS-Austenitic.  
SS-D = SS-Duplex.  
Źródło: [150, FMP TWG 2018].



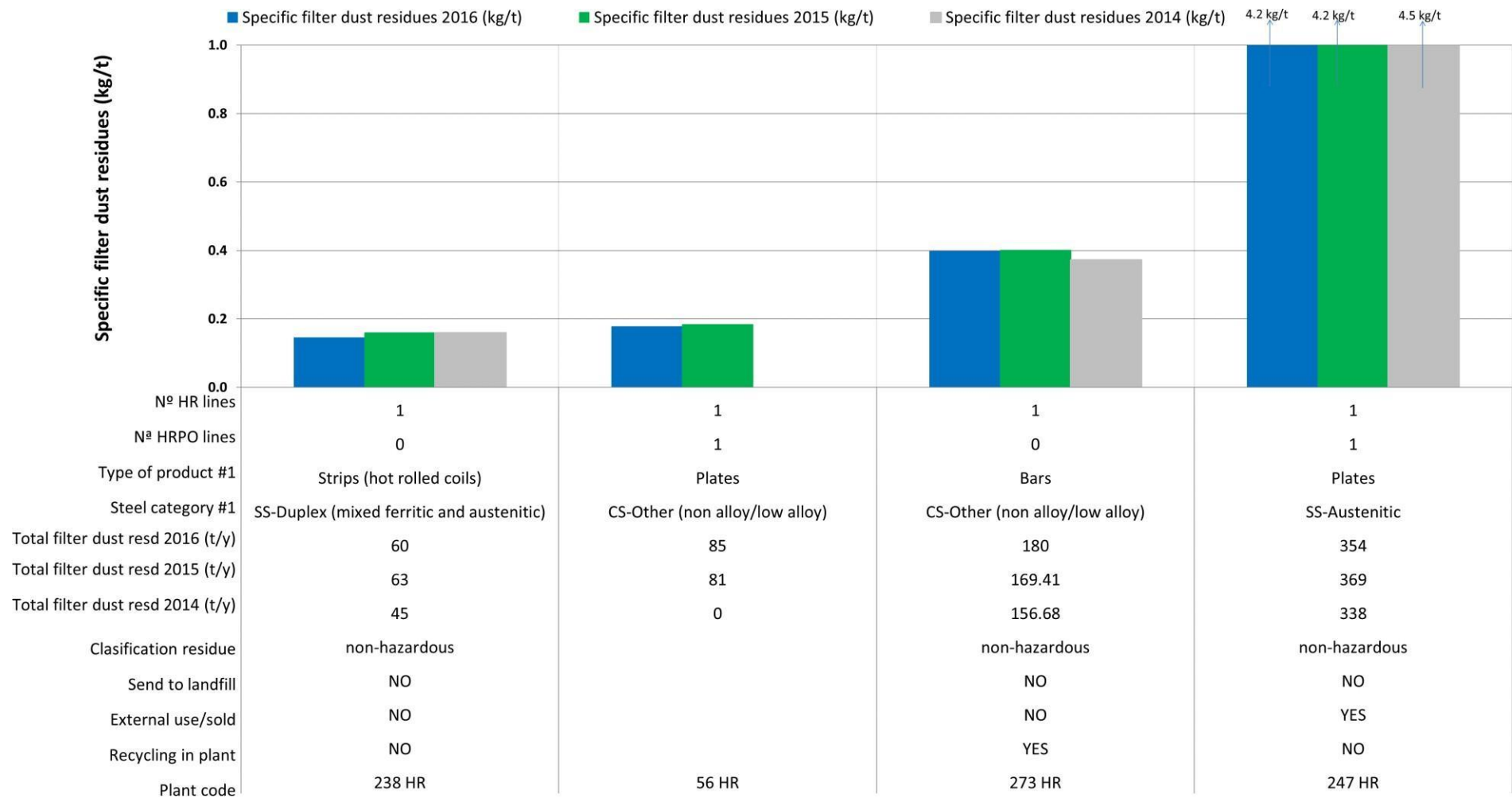
Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 2.70: Wytwarzanie specyficznych pozostałości zawierających olej (w kg/t)



Rysunek 2.71: Specyficzne wytwarzanie zgorzeli (w kg/t)





Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 2.72: Wytwarzanie specyficzne pyłu z filtrów (w kg/t)

## 2.4 Techniki do rozważenia przy określaniu BAT dla walcowania na gorąco

W niniejszej części opisano techniki (lub ich kombinacje) oraz związany z nimi monitoring, które uważa się za mogące zapewnić osiągnięcie wysokiego poziomu ochrony środowiska w działaniach objętych zakresem niniejszego dokumentu. Opisane techniki obejmują zarówno stosowaną technologię, jak i sposób, w jaki instalacje są projektowane, budowane, utrzymywane, eksploatowane i likwidowane.

Obejmuje ona systemy zarządzania środowiskiem, jak również techniki zintegrowane z procesami i techniki końcowe. Uwzględniono również zapobieganie powstawaniu odpadów i gospodarowanie nimi, w tym minimalizację odpadów i procedury recyklingu, a także techniki zmniejszające zużycie surowców, wody i energii poprzez optymalizację wykorzystania i ponowne użycie. Opisane techniki obejmują również zapobieganie lub ograniczanie środowiskowych skutków wypadków i incydentów. Obejmują one również zapobieganie lub ograniczanie emisji w innych niż normalne warunkach eksploatacji (takich jak operacje rozruchu i wyłączenia, wycieki, niesprawności, chwilowe przestoje i ostateczne zaprzestanie działalności).

W załączniku III do dyrektywy wymieniono szereg kryteriów określania BAT, a informacje zawarte w tym rozdziale będą dotyczyć tych rozważań. O ile to możliwe, standardowa struktura w tabeli 2.13 jest wykorzystywana do przedstawienia informacji na temat każdej techniki, aby umożliwić porównanie technik i ocenę pod kątem definicji BAT w dyrektywie.

Niniejszy rozdział nie musi stanowić wyczerpującego wykazu technik, które można zastosować w sektorze. Mogą istnieć lub zostać opracowane inne techniki, które można by uwzględnić przy określaniu BAT dla poszczególnych instalacji.

Tabela 2.13: Informacje dla każdej techniki

Nagłówki w obrębie sekcji	Rodzaj zawartych informacji
Opis	Krótki opis techniki z myślą o wykorzystaniu w konkluzjach BAT.
Opis techniczny	Bardziej szczegółowy, a zarazem zwięzły opis techniczny z zastosowaniem, w zależności od potrzeb, równań chemicznych lub innych, obrazów, schematów i wykresów przepływu.
Korzyści dla środowiska	Główne potencjalne korzyści dla środowiska, jakie można uzyskać dzięki wdrożeniu techniki (w tym zmniejszone zużycie energii; zmniejszone emisje do wody, powietrza i ziemi; oszczędności surowców; a także wzrost wydajności produkcji, zmniejszenie ilości odpadów itp.)

<p>Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne</p>	<p>Rzeczywiste i specyficzne dla zakładu dane dotyczące wyników (w tym poziomy emisji, poziomy zużycia - surowców, wody, energii - oraz ilości wytworzonych pozostałości/odpadów) z dobrze funkcjonujących instalacji/zakładów (w odniesieniu do środowiska jako całości) stosujących daną technikę wraz z odpowiednimi informacjami kontekstowymi.</p> <p>Wszelkie inne przydatne informacje dotyczące następujących pozycji:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. sposób projektowania, eksploatacji, konserwacji, kontroli i likwidacji techniki;</li> <li>2. kwestie monitorowania emisji związane z wykorzystaniem tej techniki;</li> <li>3. wrażliwość i trwałość techniki;</li> <li>4. zagadnienia dotyczące zapobiegania wypadkom.</li> </ol>
--	--

	<p>Podkreśla się powiązania między nakładami (np. charakterem i ilością surowców i paliwa, energii, wody) a wynikami (emisjami, pozostałościami/odpadami, produktami), w szczególności tam, gdzie jest to istotne dla poprawy zrozumienia różnych wpływów na środowisko i ich wzajemnego oddziaływania, na przykład tam, gdzie dokonano kompromisu między różnymi wynikami, tak że nie można jednocześnie osiągnąć pewnych poziomów efektywności środowiskowej.</p> <p>Dane dotyczące emisji i zużycia są w miarę możliwości opatrzone szczegółami dotyczącymi odpowiednich warunków eksploatacji (np. procent pełnego wykorzystania mocy produkcyjnych, skład paliwa, pominięcie techniki (ograniczania emisji), włączenie lub wyłączenie innych niż normalne warunków eksploatacji, warunki odniesienia), metod pobierania próbek i metod analitycznych oraz prezentacji statystycznej (np. średnie krótko- i długoterminowe, maksima, zakresy i rozkłady).</p> <p>Podaje się informacje na temat warunków/okoliczności utrudniających wykorzystanie techniki (redukcji emisji) w pełnym zakresie lub powodujących konieczność całkowitego lub częściowego pominięcia techniki (redukcji emisji) oraz środków podjętych w celu przywrócenia pełnej zdolności (redukcji emisji).</p>
--	---

<p>Efekty krzyżowe</p>	<p>Istotne negatywne skutki dla środowiska wynikające z wdrożenia techniki, umożliwiające porównanie technik w celu oceny wpływu na środowisko jako całości. Może to obejmować takie zagadnienia jak:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• zużycie i charakter surowców oraz wody;</li> <li>• zużycie energii i przyczynianie się do zmian klimatu;</li> <li>• potencjał niszczenia ozonu w stratosferze;</li> <li>• potencjał tworzenia ozonu fotochemicznego;</li> <li>• zakwaszenie wynikające z emisji do powietrza;</li> <li>• obecność cząstek stałych w powietrzu atmosferycznym (w tym mikrocząstek i metali);</li> <li>• eutrofizacja gruntów i wód wynikająca z emisji do powietrza lub wody;</li> <li>• potencjał niszczenia tlenu w wodzie;</li> <li>• trwałe/toksyczne/bioakumulacyjne składniki (w tym metale);</li> <li>• wytwarzanie pozostałości/odpadów;</li> <li>• ograniczenie możliwości ponownego wykorzystania lub recyklingu pozostałości/odpadów;</li> <li>• wytwarzanie hałasu i/lub zapachu;</li> <li>• zwiększone ryzyko wypadków.</li> </ul> <p>Należy wziąć pod uwagę dokument referencyjny dotyczący ekonomii i efektów cross-mediowych (ECM).</p>
<p>Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania</p>	<p>Wskazuje się, czy technika może być stosowana w całym sektorze. W przeciwnym razie wskazuje się główne ogólne ograniczenia techniczne dotyczące stosowania techniki w ramach sektora. Mogą to być:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wskazanie rodzaju zakładów lub procesów w ramach sektora, do których nie można zastosować danej techniki;</li> <li>• ograniczenia do realizacji w pewnych ogólnych przypadkach, uwzględniając np: <ul style="list-style-type: none"> <li>- czy dotyczy to nowego czy istniejącego zakładu, biorąc pod uwagę</li> </ul> </li> </ul>
	<p>uwzględniać czynniki związane z modernizacją (np. dostępność miejsca) oraz interakcje z już zainstalowanymi technikami;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- wielkość instalacji, pojemność lub współczynnik obciążenia;</li> <li>- ilość, rodzaj lub jakość wytwarzanego produktu;</li> <li>- rodzaj stosowanego paliwa lub surowca;</li> <li>- dobrostan zwierząt;</li> <li>- warunki klimatyczne.</li> </ul> <p>Ograniczenia te są wskazane wraz z uzasadnieniem.</p> <p>Ograniczenia te nie mają być listą możliwych warunków lokalnych, które mogłyby wpłynąć na możliwość zastosowania techniki dla pojedynczego zakładu.</p>

Aspekty ekonomiczne	<p>Informacje na temat kosztów (kapitał/inwestycja, koszty operacyjne i koszty utrzymania, w tym szczegółowe informacje na temat sposobu ich obliczenia/szacowania) oraz wszelkich możliwych oszczędności (np. zmniejszone zużycie surowców lub energii, opłaty za odpady, skrócony czas zwrotu w porównaniu z innymi technikami) lub przychodów lub innych korzyści, w tym szczegółowe informacje na temat sposobu ich obliczenia/szacowania.</p> <p>Dane dotyczące kosztów najlepiej podawać w euro (EUR). Jeśli dokonuje się przeliczenia z innej waluty, podaje się dane w walucie oryginalnej i rok, w którym dane zostały zebrane. Do ceny/kosztów sprzętu lub usługi dołącza się rok, w którym została ona zakupiona.</p> <p>W celu przedstawienia kosztów technik podano informacje o rynku dla tego sektora.</p> <p>Uwzględniono informacje dotyczące zarówno nowo wybudowanych, zmodernizowanych, jak i istniejących zakładów. Powinno to umożliwić ocenę, w miarę możliwości, ekonomicznej żywotności techniki dla danego sektora oraz możliwych ograniczeń ekonomicznych jej zastosowania.</p> <p>Można podać informacje dotyczące efektywności kosztowej techniki (np. w EUR na masę zlikwidowanego zanieczyszczenia) i związane z nią założenia do jej obliczenia.</p> <p>W odniesieniu do aspektów ekonomicznych i kosztów monitorowania uwzględniono odpowiednio dokument referencyjny dotyczący ekonomii i efektów krzyżowych (ECM) oraz sprawozdanie referencyjne dotyczące monitorowania emisji do powietrza i wody z instalacji IED (ROM).</p>
Cel wdrożenia	<p>W stosownych przypadkach przedstawiono szczególne warunki lokalne, wymogi (np. przepisy prawne, środki bezpieczeństwa) lub czynniki wyzwalające o charakterze środowiskowym (np. zwiększona wydajność, lepsza jakość produktu, zachęty ekonomiczne - np. dotacje, ulgi podatkowe), które były motorem lub bodźcem do wdrożenia techniki do chwili obecnej.</p> <p>Ten podrozdział powinien być bardzo krótki i wykorzystywać listę wypunktowaną.</p>
Przykładowe zakłady	<p>Odniesienie do zakładu(-ów), w którym(-ych) technika została wdrożona i z którego(-ych) informacje zostały zebrane i wykorzystane przy pisaniu sekcji. Wskazanie stopnia, w jakim technika jest stosowana w UE lub na świecie.</p>
Bibliografia	<p>Literatura lub inne materiały referencyjne (np. książki, raporty, opracowania), które zostały wykorzystane przy pisaniu sekcji i które zawierają bardziej szczegółowe informacje na temat danej techniki. Jeżeli materiał referencyjny składa się z wielu stron, należy odnieść się do odpowiedniej strony (stron) lub sekcji (sekcji).</p>

W rozdziale 8 omówiono techniki ogólne (tzn. takie, które są powszechnie stosowane), które mogą mieć zastosowanie również do ciągłego powlekania ogniowego. Techniki te zwykle nie są powtarzane w tym rozdziale, chyba że udostępniono informacje specyficzne dla tego sektora.

## 2.4.1 Oczyszczanie powierzchni wsadu i kondycjonowanie wsadu

### 2.4.1.1 Oczyszczanie płomieniowe w pomieszczeniach zamkniętych (inne niż

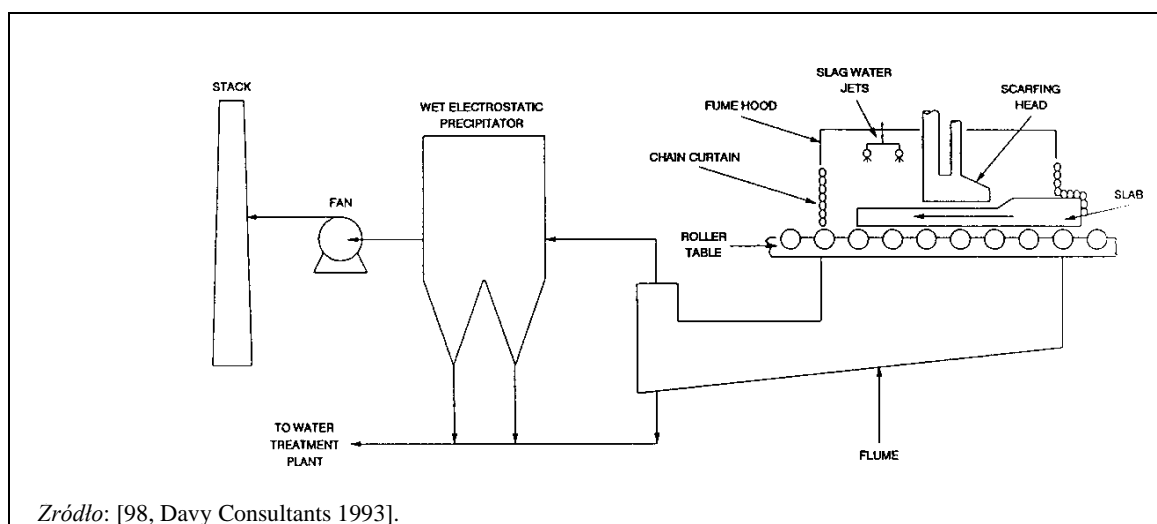
## ręczne) połączone z odsysaniem powietrza i oczyszczaniem gazów odlotowych

### Opis

Czynności związane z oczyszczaniem płomieniowym (innym niż ręczne) są wykonywane w całkowicie zamknięciu (np. pod zamkniętymi wyciągami), a powietrze jest odciągane. Gazy odlotowe są oczyszczane za pomocą elektrofiltrów (suchych lub mokrych) lub filtrów tkaninowych.

### Opis techniczny

Jak pokazano na Rysunku 2.73, oczyszczanie płomieniowe odbywa się w szczelnie zamkniętym wyciągu, który przechwytuje dymy i pyły generowane przez płomień paliwowo-tlenowy. Odpadowe powietrze jest oczyszczane przez **suche** lub **mokre elektrofiltry** lub **filtry tkaninowe**. Zebrany pył jest poddawany wewnętrznemu recyklingowi w ramach zintegrowanej huty lub usuwany przez uprawnione firmy. Do usuwania żużlu z kondycjonowanej powierzchni stosuje się strumień wody. Zużyta woda i żużel są zbierane w korycie pod stołem rolkowym i przekazywane do uzdatniania wody.



Rys. 2.73: Arkusz przepływowy ograniczania powstawania szram (przykład z mokrą EP)

### Korzyści dla środowiska

Zmniejszona emisja pyłu do powietrza.

### Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

#### ArcelorMittal Ghent

Instalacja do oczyszczania płomieniowego znajduje się w specjalnym budynku (wymiary 32 m x 18 m x 9 m) z izolowanymi akustycznie ścianami bocznymi, co prowadzi do maksymalnego poziomu hałasu 85 dBA w odległości 1 m. Opary są wychwytywane w czterech narożnikach dachu. Cała instalacja pracuje w trybie ssania z przepływem zasysającym 200 000 m<sup>3</sup> /h. Zasysanie jest sterowane automatycznie w zależności od miejsca, w którym odbywa się oczyszczanie płomieniowe (dwie trzecie dymów jest zasysane nad obszarem roboczym). Powietrze wylotowe jest oczyszczane przez filtry tkaninowe o powierzchni filtracyjnej 3 576 m<sup>2</sup>, co prowadzi do stężenia pyłu na wylocie w wysokości 5-10 mg/Nm<sup>3</sup> (ciągły pomiar optyczny w kominie).

#### Liberty Speciality Steels UK

Instalacja do oczyszczania płomieniowego znajduje się wewnątrz walcowni i jest umieszczona pod okapem z odciąganiem w kierunku mokrego systemu ESP (jak opisano na Rysunku 2.29). Osłona zapobiega niezorganizowanej emisji pyłu i jest wyposażona w natryski wodne. Kurtyny łańcuchowe umieszczone na wlocie i wylocie okapu maksymalnie ograniczają wodę rozpylaną w okapie. Emisja pyłu mieści się zwykle w zakresie 5-10 mg/m<sup>3</sup>. [184, EUROFER 2018].

Ponieważ opary powstające w procesie oczyszczania są bardzo korozyjne, konserwacja jest istotną

kwestią dla dobrego funkcjonowania jednostek oczyszczania. Zaleca się regularną kontrolę elektrod elektrofiltru i związanych z nimi części wewnętrznych w celu zbadania korozji. Jeśli opary są bardzo mokre, stosowanie filtrów workowych może być problematyczne. [36, Hot Rolling Shadow Group 1999].

Tabela 2.14: Osiągalne poziomy emisji dla emisji pyłów z operacji oczyszczania płomieniowego

Zastosowana technika ograniczania emisji	Stężenia zgłoszone w okresie 3 lat - (mg/Nm <sup>3</sup> )					Liczba pomiarów
	Średnia	Mediana	90. percentyl	Min.	Max.	
Filtr tkaninowy	3.9	2.2	6.3	0.08	46.8	43
Mokre ESP	30.5	21	57.6	3.7	66.8	3
Mokre ESP + suche ESP	7.7	-	-	4.7	10.7	2
Mokre ESP + filtr tkaninowy	3.6	-	-	1.8	5.3	2

Źródło: [150, FMP TWG 2018].

#### **Efekty krzyżowe**

- Zwiększone zużycie energii.
- Generowanie odpadów / pyłu filtracyjnego lub szlamu, który jest zbierany.
- Wytworzone odpady można zmniejszyć poprzez wewnętrzny recykling.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

- Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.
- Nie dotyczy ręcznego oczyszczania płomieniowego.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Zapobieganie emisjom ulotnym. [36, Hot Rolling Shadow Group 1999].

#### **Przykładowe zakłady**

ArcelorMittal Ghent, ArcelorMittal Aviles, Liberty Speciality Steels UK. 121 HR, 172 HR, 179 HR, 249 HR, 265 HR

#### **Bibliografia**

[184, EUROFER 2018] [36, Hot Rolling Shadow Group 1999] [150, FMP TWG 2018]

#### **2.4.1.2 Szlifowanie w zamkniętych pomieszczeniach połączone z odsysaniem powietrza i oczyszczaniem gazów odlotowych**

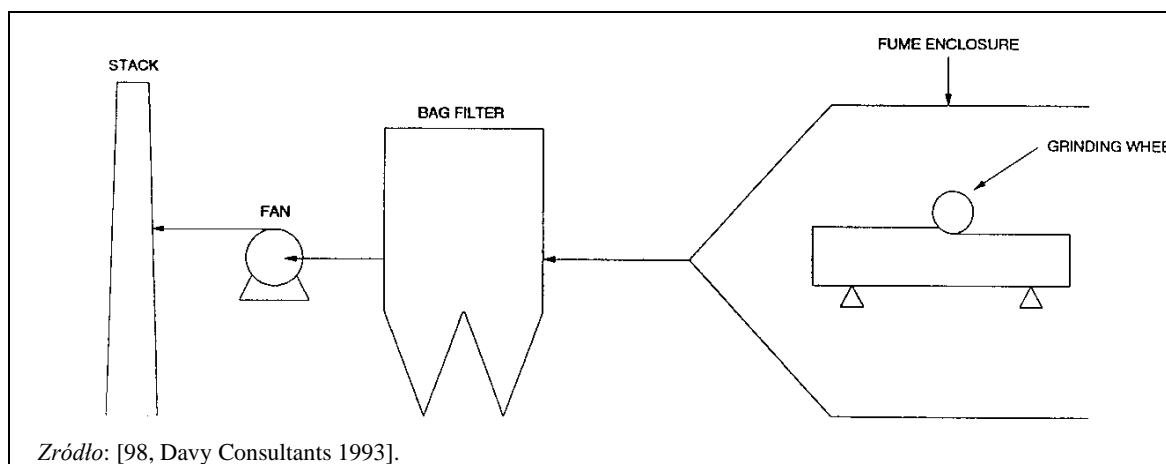
#### **Opis**

Operacje szlifowania są wykonywane w całkowitym zamknięciu (np. pod zamkniętymi wyciągami), a powietrze jest odciągane i oczyszczane za pomocą filtrów tkaninowych.

#### **Opis techniczny**

Szlifierka służy do rektyfikacji powierzchni kęsisk. Pył powstający podczas szlifowania jest zbierany i wytrącany w filtrze tkaninowym (rysunek 2.74). Szlifowanie maszynowe może być prowadzone w dźwiękoszczelnych obudowach. Jednostka redukcji emisji jest samodzielna lub znajduje się w warsztacie. Zebrany pył jest poddawany wewnętrznemu recyklingowi w zintegrowanych hutach lub

usuwany przez uprawnione firmy. Wióry szlifierskie są zbierane oddzielnie i mogą być bezpośrednio przetwarzane jako złom w zakładzie BOF. [184, EUROFER 2018].



Rysunek 2.74: Arkusz przepływów redukcji szlifowania

Rysunek 2.75 przedstawia typową szlifierkę w walcowni Tata Steel składającą się z kamienia szlifierskiego, osłony ssącej i filtra tkaninowego. Taka instalacja umożliwia usunięcie 2-5 mm powierzchni kęsiska. [184, EUROFER 2018].



Rysunek 2.75: Szlifierka wyposażona w system oczyszczania gazów odlotowych w Tata Steel IJmuiden

#### ***Korzyści dla środowiska***

- Zmniejszona emisja pyłu do powietrza.
- Hałas jest zredukowany.

#### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Osiągalne stężenia emisji pyłu z zamkniętych instalacji i szlifowania przedstawiono w tabeli 2.14.

#### **Tata Steel IJmuiden**

Szlifierka jest maszyną wolnostojącą zainstalowaną w 2013 roku i usytuowaną w otwartym budynku. Maszyna jest wyposażona w materiał izolacyjny w celu zmniejszenia emisji hałasu. W celu redukcji hałasu podejmowane są dodatkowe środki kontroli, takie jak obudowanie maszyny i izolacja ścian. Szlifierka posiada układ wydechowy z filtrem tkaninowym. Przepływ systemu oczyszczania spalin wynosi 12 000 Nm<sup>3</sup> /h. Poziom emisji pyłu wynosi < 1 mg/Nm<sup>3</sup>. Wióry szlifierskie (około 98 % zawartości żelaza) są poddawane recyklingowi w zakładzie BOS, natomiast pył jest poddawany recyklingowi w spiekalni. [184, EUROFER 2018].



## SSAB Oxelösund

Szlifierka służąca do rektyfikacji powierzchni kęsisk wyposażona jest w filtry tkaninowe, a przepływ systemu oczyszczania gazów odlotowych wynosi 60 000 m<sup>3</sup> /h. Po oczyszczeniu gazów odlotowych poziom emisji pyłu na kominie wylotowym wynosi < 2 mg/Nm<sup>3</sup>. Emisja pyłu jest mierzona za pomocą triboelektrycznego monitora pyłu. Wychwycony pył i wióry szlifierskie są zawracane do wielkiego pieca w celu brykietowania. [184, EUROFER 2018].

### ***Efekty krzyżowe***

- Zwiększone zużycie energii.
- Generowanie odpadów / pyłu filtracyjnego, który jest zbierany.
- Odpady można zmniejszyć poprzez wewnętrzny recykling.
- Wytwarzanie wiórów szlifierskich i pyłu filtracyjnego, który jest zbierany i poddawany recyklingowi.

### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Generalnie nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

### ***Cel wdrożenia***

- Zapobieganie emisjom ulotnym. [36, Hot Rolling Shadow Group 1999].
- Poprawa jakości kęsisk.
- Redukcja kosztów w zakładach kondycjonowania powierzchni kęsisk.

### ***Przykładowe zakłady***

- Tata Steel IJmuiden.
- Acerinox Europa.
- SSAB Oxelösund.
- 124 HR, 158 HR, 175 HR, 177 HR, 197 HR, 243 HR, 247 HR, 248 HR1, 300 HR [150, FMP TWG 2018].

### ***Bibliografia***

[184, EUROFER 2018] [36, Hot Rolling Shadow Group 1999] [150, FMP TWG 2018]

#### **2.4.1.3 Komputerowo wspomaganą kontrolą jakości (CAQC)**

### ***Opis***

Jakość kęsisk jest kontrolowana przez komputer, który pozwala na dostosowanie warunków odlewania w celu zminimalizowania wad powierzchniowych i umożliwia ręczne szalowanie tylko uszkodzonych obszarów, zamiast szalowania całej płyty.

### ***Opis techniczny***

Wspomagana komputerowo kontrola jakości jest stosowana do poprawy jakości produkcji w procesie ciągłego odlewania, redukując w ten sposób wady powierzchniowe wyrobu walcowanego. Model komputerowy obserwuje i kontroluje warunki odlewania w oparciu o różne pomiary peryferyjne. Każda zmiana w parametrach operacyjnych (roboczych) prowadzi do nowego zadanego nastawienia maszyny na proces optymalnego odlewania. Zmiany warunków odlewania, które nie mogą być korygowane przez pętlę regulacyjną i które mogą prowadzić do wad powierzchniowych, są rozpoznawane i wizualizowane przez system tak, że położenie możliwej wady jest dobrze znane. W następstwie tego możliwe jest selektywne (ręczne) oczyszczanie płomieniowe wadliwych obszarów zamiast automatycznego oczyszczania płomieniowego całego kęsiska płaskiego.

### ***Korzyści dla środowiska***

- Redukcja emisji do atmosfery i odpadów powstających w procesie oczyszczania płomieniowego, ponieważ możliwe jest selektywne oczyszczanie płomieniowe.

- Zużycie energii na proces oczyszczania płomieniowego jest zredukowane.
- Zwiększona jakość powierzchni.
- Zmniejszenie ilości złomu.

### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

W tabeli 2.15 porównano dane operacyjne dotyczące liczby i rodzajów operacji oczyszczania płomieniowego wymaganych w dwóch zakładach odlewania kęsisk płaskich, wyposażonych w CAQC i bez niego.

Tabela 2.15: Porównanie ilości oczyszczania płomieniowego z i bez CAQC

	<b>Bez CAQC</b>	<b>Z CAQC</b>
Oczyszczanie maszynowe	32 %	9 %
Kontrola i selektywna obróbka skrawaniem	68 %	8 %
Bez inspekcji, bez skrawków	NI	83 %
Uwaga: NI = brak informacji. Źródło: [50, Rentz et al. 1998].		

### ***Efekty krzyżowe***

Brak informacji.

### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Dotyczy tylko zakładów z ciągłym odlewaniem.

### ***Aspekty ekonomiczne***

Zgłoszono jedynie bardzo ograniczone dane dotyczące aspektów ekonomicznych.

Jedno źródło podało koszty inwestycyjne w wysokości 4 mln EUR (dane z 1999 r.) [103, Van Roosbroeck, 1999]; natomiast inne podało oszczędności w wysokości 5 USD na tonę stali (dane z 1999 r.) [16, AT, member TWG, 1999] w związku z wdrożeniem CAQC.

### ***Cel wdrożenia***

- Poprawa jakości produktu walcowanego na gorąco i zwiększenie wydajności.
- Zmniejszenie kosztów kondycjonowania kęsisk płaskich [16, AT, member TWG, 1999].

### ***Przykładowe zakłady***

- VA Stahl Linz, Austria.
- ArcelorMittal Eisenhüttenstadt, Niemcy.
- 121 HR, 172 HR

### ***Bibliografia***

[36, Hot Rolling Shadow Group 1999] [103, Van Roosbroeck, 1999] [16, AT, TWG member, 1999] [150, FMP TWG 2018].

## **2.4.1.4 Obcinanie krawędzi lub przycinanie trapezowych kęsisk płaskich**

### ***Opis***

Trapezowe kęsiska płaskie są walcowane w specjalnych warunkach, gdzie trapezowe kęsisko płaskie jest eliminowane przez obcinanie krawędzi (np. za pomocą automatycznej kontroli szerokości lub prasy sortującej) lub przez przycinanie.

### ***Opis techniczny***

Do trapezowych kęsisk płaskich zamiast obcinania płomieniowego stosowane jest walcowanie przy

specjalnym nastawieniu walcarki do walcowania na gorąco. Klin jest eliminowany albo przez technologię krawędziowania (automatyczna regulacja szerokości albo prasa kalibrująca) albo przez okrawanie podczas późniejszego cięcia nożycami taśm gorących

#### ***Korzyści dla środowiska***

Unika się emisji i odpadów, które normalnie powstają podczas cięcia płomieniowego.

#### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

#### ***Efekty krzyżowe***

Brak informacji.

#### ***Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania***

Może nie mieć zastosowania do kęsisk produkowanych z wlewków. Dotyczy tylko nowych zakładów i dużych modernizacji zakładów.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

#### ***Cel wdrożenia***

Brak informacji.

#### ***Przykładowe zakłady***

Zakłady 37, 106 i 197 stosują tę technikę. [150, FMP TWG 2018]

#### ***Bibliografia***

[150, FMP TWG 2018].

### **2.4.1.5 Cięcie wzdłużne kęsisk płaskich**

#### ***Opis***

Kęsiska płaskie (często odlewane w wielu szerokościach) są cięte przed walcowaniem na gorąco za pomocą urządzeń do cięcia, walcowania szczelinowego lub palników obsługiwanych ręcznie lub zamontowanych na maszynie.

#### ***Opis techniczny***

W przeszłości cięcie kęsisk płaskich było zwykle stosowane w celu zwiększenia wydajności odlewania ciągłego. W przypadku wąskich taśm końcowych stosowano praktykę odlewania w podwójnej szerokości, ponieważ wydajność odlewni była mniej więcej podwójna (choć nie dokładnie podwójna, ponieważ ze względów jakościowych konieczne było niekiedy zmniejszenie prędkości odlewania dla szerszych wyrobów w odlewaniu ciągłym). W procesie odlewania ciągłego nastąpił znaczny postęp w postaci znacznego wzrostu średnich prędkości odlewania, co w większości przypadków doprowadziło do wyparcia odlewania wielokrotnej szerokości. Jednakże, innym przykładem przycinania kęsisk płaskich jest ponowne przydzielenie niektórych kęsisk na nowe zamówienie końcowe, w dwóch konkretnych przypadkach: albo kęsiska zostały wyprodukowane w nadmiarze w określonej szerokości i jedynym sposobem ponownego przydzielenia tych kęsisk jest znalezienie zamówienia końcowego na węższą szerokość, albo kęsiska zostały zdeklasowane z powodów jakościowych i jedynym sposobem ponownego przydzielenia ich jest znalezienie zamówienia końcowego na węższą szerokość. Ta praktyka przycinania kęsisk w celu ponownego przydziału prowadzi do wzrostu efektywności materiałowej, ponieważ jeśli nie jest możliwe ponowne przydzielenie takich kęsisk płaskich, są one cięte na małe kawałki i bezpośrednio przetwarzane w konwertorze stalowni (zakład BOF). Samo cięcie może być realizowane na maszynie do cięcia płyt lub ręcznie. Istnieje również możliwość przetwarzania tego samego produktu na podwójnej szerokości w tym samym czasie na odlewni i na walcowni gorącej taśm. W tym konkretnym przypadku (stosunkowo rzadkim), cięcie odbywa się po walcowaniu na gorąco, kiedy jeden krąg macierzysty i szeroki staje się dwoma kręgami wąskimi.

W odniesieniu do drogi wlewka, praktyka odlewania w wielu szerokościach nie istnieje. Możliwość cięcia wzdłużnego kęsisk płaskich pozostaje bardzo ograniczona, ponieważ istnieje jedynie możliwość dostosowania ostatecznej docelowej szerokości podczas przekształcania wlewka w płytę w walcowni slabbingowej, która jest preferowana pod względem wydajności materiałowej [225, EUROFER 2021].

### ***Korzyści dla środowiska***

Zapobiega się emisjom i odpadom powstającym w wyniku korekcji kęsisk trapezowych.

### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Dane operacyjne dla techniki cięcia wzdłużnego kęsisk płaskich są podane poniżej:

- zużycie gazu: 1,6 Nm<sup>3</sup> /t płyta;
- zużycie tlenu: 2,7 Nm<sup>3</sup> /t płyta;
- utrata plastyczności: 1,4-3,0 % masy kęsiska płaskiego, w zależności od wymiarów kęsiska płaskiego [16, AT, TWG member, 1999].

### ***Efekty krzyżowe***

Dodatkowe zużycie energii [16, AT, TWG member, 1999].

### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Może nie mieć zastosowania do kęsów produkowanych z wlewków.

### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

### ***Cel wdrożenia***

Wyższa wydajność odlewu jak w przypadku odlewu podwójnego lub potrójnego [16, AT, TWG member, 1999].

### ***Przykładowe zakłady***

121 HR, 172 HR, 173 HR, 247 HR [150, FMP TWG 2018].

### ***Bibliografia***

[150, FMP TWG 2018] [16, AT, TWG member, 1999] [225, EUROFER 2021]

## **2.4.2 Piece grzewcze i piece do obróbki cieplnej**

### **2.4.2.1 System zarządzania gazami procesowymi**

#### ***Opis***

System zarządzania gazami procesowymi umożliwia kierowanie gazów procesowych z produkcji żelaza i stali i/lub gazu bogatego w CO z produkcji żelazochromu do pieców grzewczych i/lub obróbki cieplnej, w zależności od ich dostępności. Wybierane są gazy technologiczne z produkcji żelaza i stali o niskiej średniej zawartości pyłu i popiołu oraz niskiej średniej zawartości siarki i niskim potencjale tworzenia NO<sub>x</sub>.

#### ***Opis techniczny***

System zarządzania gazami procesowymi:

W przypadku zintegrowanej huty, system zarządzania gazami procesowymi umożliwia kierowanie gazów powstających w wyniku obróbki żelaza i stali i/lub bogatych w CO gazów z produkcji żelazochromu do pieców grzewczych i/lub pieców do obróbki cieplnej w celu optymalizacji korzystnego wykorzystania tych gazów.

Cele te zostały uszeregowane jako:

1. wewnętrzne wykorzystanie potencjału grzewczego gazów w procesach produkcji stali;
2. minimalizacja wykorzystania gazu ziemnego i innych paliw jako paliw pomocniczych we wzbogacaniu gazów procesowych oraz jako paliw spalanych samodzielnie;
3. rozsądne wykorzystanie gazów do produkcji pary i/lub energii elektrycznej, dzięki czemu energia nie jest marnowana przez spalanie;
4. minimalizacja zużycia gazu opałowego poprzez techniki zintegrowane z procesem;
5. unikanie importu energii elektrycznej.

#### Gazy powstałe w procesie produkcji żelaza i stali

Trzy główne gazy technologiczne w przemyśle hutniczym (np. gaz COG, BFG i BOF) mają różne składy chemiczne i właściwości (np. wartość opałową) i są zużywane w całej hucie do wielu celów, w zależności od właściwości gazu i jego dostępności pod względem produkcji i lokalizacji w danym miejscu. Dodatkowe informacje dotyczące składu chemicznego i charakterystyki tych trzech gazów procesowych oraz ich wykorzystania w ramach huty zintegrowanej można znaleźć w dokumencie LCP BREF (pkt 7.3). [195, COM 2017].

Gazy technologiczne mogą być mieszane przed dostarczeniem do pieców do ponownego nagrzewania i obróbki cieplnej w celu zrównoważenia niektórych różnic i wzbogacenia gazu wielkopiecowego w celu poprawy wartości opałowej. Gazy procesowe mogą być również uzupełniane paliwami pomocniczymi (np. gazem ziemnym lub paliwami płynnymi) w celu zapewnienia ciągłości dostaw. [190, AT 31-5-17, 2017].

Jakość (wartość opałowa i skład) oraz objętość poszczególnych gazów znacznie się różnią, a czynniki te mają wpływ na to, gdzie paliwa te mogą być efektywnie wykorzystane. Podstawowym celem zarządzania energią w przemyśle stalowym jest efektywna dystrybucja i wykorzystanie gazów procesowych. Warunki lokalne (układ zakładu) mogą dodatkowo ułatwić to zadanie. Biorąc pod uwagę różne konfiguracje hut zintegrowanych, każdy zakład definiuje własny system zarządzania energią w sposób najbardziej odpowiedni dla całego zakładu. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

Gdy gazy technologiczne z hutnictwa żelaza i stali są używane samodzielnie lub w połączeniu z gazami pomocniczymi (np. gaz ziemny, LPG) w piecach grzewczych i piecach do obróbki cieplnej FMP, gazy są oczyszczane w celu zapewnienia niskiej średniej zawartości pyłu i popiołu oraz niskiej średniej zawartości siarki.

Procesy stosowane w przygotowaniu gazów procesowych w hutnictwie żelaza i stali przed ich wykorzystaniem zostały krótko podsumowane poniżej i można je znaleźć również w IS BREF. [194, KOM 2013].

#### ● COG

Siarka zawarta w gazie koksowniczym jest głównym źródłem emisji SO<sub>2</sub> z pieców grzewczych i dogrzewających. Zgodnie z konkluzjami BAT zawartymi w IS BREF [194, COM 2013], BAT polega na zmniejszeniu zawartości siarki w COG poprzez odsiarczanie przy użyciu następujących technik:

1. odsiarczanie przez systemy absorpcyjne;
2. odsiarczanie tlenowe na morko.

Stężenia resztkowe siarkowodoru (H<sub>2</sub>S) związane z BAT, określone jako średnie dobowe, wynoszą < 300-1 000 mg/Nm<sup>3</sup> w przypadku stosowania techniki 1 powyżej (wyższe wartości są związane z wyższymi temperaturami otoczenia, a niższe z niższymi temperaturami otoczenia) oraz < 10 mg/Nm<sup>3</sup> w przypadku stosowania techniki 2 powyżej. [BAT 48 w 194, COM 2013].

Zintegrowane huty stali w Europie stosują, jako wymóg minimalny, technikę I odsiarczania gazu płynnego i powinny dążyć do wdrożenia techniki II w celu osiągnięcia najlepszych wyników w zakresie ochrony środowiska. W przypadku COG "niska zawartość siarki" oznacza domyślnie, że COG dostarczany do zakładu FMP został odsiarczony zgodnie z BAT 48 IS BREF, najlepiej techniką II. Odsiarczony COG nie jest uznawany za paliwo o niskiej zawartości siarki, jednak może być

wykorzystywany jako paliwo, o ile emisje z zakładów FMP mieszczą się w zakresie BAT-AEL określonym w konkluzjach BAT. [234, uwagi Pre-FD 2021].

- **Gaz BF i BOF**

Gaz BF i BOF zawierają niskie stężenie siarki. Jednakże oczyszczanie tych gazów jest prowadzone w celu zmniejszenia emisji pyłów. Dzięki zastosowaniu BAT do oczyszczania gazów BF i BOF, poziomy  $< 10$  mg pyłu/Nm<sup>3</sup> można osiągnąć dla gazu BF i  $< 10-30$  mg pyłu/Nm<sup>3</sup> dla gazu BOF przy użyciu technik suchego odpylania (np. elektrofiltr) dla nowych i istniejących zakładów lub  $< 50$  mg pyłu/Nm<sup>3</sup> przy zastosowaniu technik mokrego odpylania (np. mokry elektrofiltr lub skrubler) dla istniejących zakładów. [BAT 75 w 194, COM 2013].

- **Gaz bogaty w CO z produkcji żelazochromu**

Żelazochrom jest produkowany z rudy chromitu i żelaza w zamkniętym piecu z łukiem krytym lub w zamkniętym procesie z pyłem plazmowym. Procesy te opisano bardziej szczegółowo w dokumencie NFM BREF (zob. pkt 8.1.1). Gazy spalinowe z zamkniętego pieca łukowego zanurzonego w wodzie są zwykle oczyszczane za pomocą mokrej płuczki Venturiego, w której emisje cząstek stałych zmniejsza się z 35-45 g/m<sup>3</sup> do 50-100 mg/Nm<sup>3</sup>. Pozostałe cząstki stałe są dalej usuwane za pomocą filtra spiekane, pozostawiając w oczyszczonych spalinach mniej niż 1 mg/Nm<sup>3</sup>. Powstający gaz jest bogaty w tlenek węgla, a "gaz bogaty w CO" powstający w zamkniętym piecu łukowym zanurzonym zawiera około 75- 90 % CO, 2-15 % H<sub>2</sub>, 2-10 % CO<sub>2</sub>, 2-5 % N<sub>2</sub> i  $< 5$  % H<sub>2</sub>O [201, Niemela et al., 2004]. Podczas spalania tego gazu wartość opałowa gazu bogatego w CO wynosi około 243 GJ/h [201, Niemela et al., 2004], dlatego też istnieje wartość w odzyskiwaniu wartości opałowej tego gazu produkowanego przy produkcji żelazochromu i wykorzystaniu go jako paliwa w sąsiednich zakładach. Można tego dokonać w walcowniach gorących i/lub zimnych pod warunkiem, że znajdują się one w pobliżu zakładu produkcji żelazochromu. W tym celu technika e) BAT 150 w NFM BREF określa, że bogate w CO spaliny powstające w procesach produkcji żelazochromu za pośrednictwem zamkniętego pieca z łukiem krytym lub w zamkniętym procesie pyłu plazmowego mogą być wykorzystywane jako paliwo w sąsiednich zakładach pod warunkiem, że istnieje zapotrzebowanie na to paliwo i jest to ekonomicznie opłacalne. [196, KOM 2017].

### ***Korzyści dla środowiska***

Efektywne wykorzystanie zasobów energetycznych.

### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

### ***Efekty krzyżowe***

W odniesieniu do tworzenia NO<sub>x</sub> poszczególne gazy spalinowe wykazują odmienne zachowanie. Przykładowo, wyższe emisje NO<sub>x</sub> obserwuje się w przypadku dużego udziału COG w mieszance paliwowej stosowanej w piecu.

Istnieją dwie przyczyny, dla których emisja NO<sub>x</sub> jest wyższa w przypadku gazu koksowniczego: wyższa temperatura płomienia i azot w paliwie. Skład spalin jest związany z temperaturą płomienia. Metan (gaz ziemny) spala się stosunkowo wolno w porównaniu z paliwami o wysokiej zawartości H<sub>2</sub> (np. gaz koksowniczy), które mają tendencję do szybszego spalania i wyższego poziomu emisji NO<sub>x</sub>. Rodzaj palnika powinien być odpowiedni do dostępnego paliwa (paliw). [87, EUROFER 1998] NO<sub>x</sub> z paliwa wynika z utleniania amoniaku i azotu organicznego zawartego np. w COG. Ze względu na stosunkowo wysokie ilości amoniaku i azotu organicznego w COG, powstaje NO<sub>x</sub> paliwowy. Ilość paliwowego NO<sub>x</sub> jest związana z oczyszczaniem COG; wyższe poziomy amoniaku w oczyszczonym COG skutkują wyższą emisją NO<sub>x</sub>. [194, COM 2013], [195, COM 2017], [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

W przypadku gazu bogatego w CO z produkcji żelazochromu, gaz ten wykazuje bardzo niską zawartość siarki, ale generuje znacznie wyższą temperaturę płomienia (około 2 120 °C) w porównaniu z propanem lub gazem ziemnym (około 1 960 °C), potencjalnie powodując wyższe termiczne emisje NO<sub>x</sub>.

### ***Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania***

Stosuje się tylko wtedy, gdy dostępne są gazy z procesu produkcji żelaza i stali i/lub gaz bogaty w CO z produkcji żelazochromu.

### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

### ***Cel wdrożenia***

Poprawa efektywności energetycznej.

### ***Przykładowe zakłady***

Szeroko stosowany do gazów procesowych w hutnictwie żelaza i stali.

Z zebranych danych wynika, że jedna walcownia na zimno (tj. Zakład 158 CR) i jedna walcownia na gorąco (tj. Zakład 158 HR) wykorzystują bogate w CO spaliny powstające w zakładzie produkcji żelazochromu, zgodnie z konkluzjami NFM BAT.

### ***Bibliografia***

[195, KOM 2017] [194, KOM 2013], 2012] [186, EUROFER 10-7-18, 2018] [190, AT 31-5-17, 2017] [196, COM 2017] [150, FMP TWG 2018] [201, Niemela et al., 2004].

## **2.4.2.2 Optymalna konstrukcja drzwi pieca**

### ***Opis***

Minimalizacja strat ciepła z tytułu otwierania drzwi pieca, np. poprzez zastosowanie kilku podnoszonych segmentów zamiast jednego w piecach z ciągłym dogrzewaniem.

### ***Opis techniczny***

W konwencjonalnych (jednosegmentowych) drzwiach załadowniczych pieca obok materiału wsadowego pozostają szczeliny, przez które wydostają się gazy piecowe lub zasysane jest powietrze do pieca. Powoduje to nie tylko niekontrolowane emisje (ulotne), ale również utratę gazów odlotowych, które w przeciwnym razie mogłyby zostać wykorzystane do wstępnego podgrzania powietrza do spalania. W ten sposób zmniejsza się sprawność rekuperacji. W przypadku przedostawania się powietrza do pieca zwiększa się tworzenie kamienia, co ma negatywny wpływ na jakość płyt i wydajność produkcji. [184, EUROFER 2018].

### **Drzwi do ładowania**

Najnowocześniejsze piece są wyposażone w drzwi zasypowe składające się z kilku pojedynczych, podnoszonych segmentów. Szerokość segmentów odpowiada długości wsadu w rozsądnych odstępach czasu. Odpowiednio do tego można częściowo otworzyć drzwi załadownicze pieca i zmniejszyć szczeliny obok wsadu. [184, EUROFER 2018]

W zakładzie referencyjnym konstrukcja drzwi pieca składa się z szeregu pojedynczych drzwi pojedynczych (np. 64 drzwi na szerokości 15,6 m), które mogą być opuszczane na refraktor po lewej i prawej stronie wsadu. [128, Münch, 1997].

Wszystkie segmenty są podnoszone razem, a gdy część płyty przejdzie przez drzwi, wszystkie segmenty są opuszczane. Te, które znajdują się obok płyty, zamykają szczelinę. Pozostałe przesuwały się nad płytą i opadają po jej wejściu do pieca. [184, EUROFER 2018]

W przypadku pieców z paleniskiem rolkowym drzwi są modyfikowane specjalną kurtyną, która przesuwa się po powierzchni na gorze płyty. [184, EUROFER 2018].

### **Drzwi rozładunkowe**

Po stronie wyładowniczej fundamentalne znaczenie ma zapewnienie szczelności i skutecznej izolacji termicznej. Najnowocześniejsze piece są wyposażone w półprzewodnikowe suche drzwi wyładownicze, składające się z jednego lub dwóch elementów. Zoptymalizowane drzwi wyładownicze zapobiegają stratom ciepła do wnętrza pieca, poprawiają jednorodność temperaturą dogrzewanych produktów i umożliwiają lepszą kontrolę nadmiaru powietrza. Do pieca nie jest zasysane powietrze ingresowe, co zapobiega powstawaniu kamienia i poprawia jakość spalania. [184, EUROFER 2018].

### ***Korzyści dla środowiska***

Zmniejszone zużycie energii.

### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Zmiana konstrukcji drzwi pieca (piec z belką kroczącą) spowodowała wzrost temperatury wstępnego nagrzewania powietrza (rekuperacja) o 60 °C przy zmniejszeniu zużycia energii o 0,05 GJ/t. [128, Münch, 1997].

### ***Efekty krzyżowe***

Nie są znane żadne negatywne skutki dla innych mediów.

### ***Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania***

Dotyczy tylko nowych zakładów i dużych modernizacji zakładów.

### ***Aspekty ekonomiczne***

Wyższa złożoność techniczna i nakłady finansowe muszą być rozsądne w porównaniu z harmonogramem ładowania. Rozwiązanie techniczne musi być dostępne u dostawcy pieca. [218, EUROFER 2020]

### ***Cel wdrożenia***

Oszczędność energii.

### ***Przykładowe zakłady***

ArcelorMittal Bremen, ArcelorMittal Ghent, Thyssenkrupp Steel Europe AG.

### ***Bibliografia***

[184, EUROFER 2018] [128, Münch, 1997].

## **2.4.2.3 System palnika regeneracyjnego**

### ***Opis***

Palniki regeneracyjne składają się z dwóch palników pracujących na przemian i zawierających złoża materiałów ogniotrwałych lub ceramicznych. Podczas pracy jednego palnika, ciepło spalin jest absorbowane przez materiały ogniotrwałe lub ceramiczne drugiego palnika, a następnie wykorzystywane do wstępnego podgrzania powietrza do spalania.

### ***Opis techniczny***

Szczegółowy opis techniczny znajduje się w punkcie 8.5.4.3.

### ***Korzyści dla środowiska***

- Zmniejszone zużycie energii.
- Zmniejszenie całkowitej objętości gazów spalinowych.

### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Przykład:

Zakład w Wielkiej Brytanii eksploatujący piec pokroczny do nagrzewania rur różnej wielkości z miękkiej stali (o średnicy do 200 mm i długości do 15 m) od stanu zimnego do 1050 °C, zmienił opalanie na palniki regeneracyjne. 44 stare palniki opalane gazem ziemnym i z mieszaniem w dyszach zostały zastąpione 12 parami palników regeneracyjnych. Równocześnie zmodyfikowano profil stropu (sklepienia) dla poprawienia kontroli strefy i obiegu gorącego gazu. W wyniku modyfikacji instalacji jednostkowe zużycie energii zmalało z typowego 3,55 GJ/t do 1,7 GJ/t, dając 52 % oszczędność paliwa. Potencjał produkcyjny wzrósł o 14 %. Nakłady inwestycyjne zwróciły się w okresie krótszym niż 3 lata. [74, ETSU - b 1993].

### **Zalety i wady palników regeneracyjnych:**

Mogą występować wyższe emisje NO<sub>x</sub> (typowa wartość wynosi 350 mg/Nm<sup>3</sup>), ale w połączeniu z niższym zużyciem energii i mniejszą ilością gazów odpadowych, jednostkowa emisja NO<sub>x</sub> (w g/tonę stali) jest porównywalna z jednostkowym poziomem emisji osiąganym przy innych systemach. [87, EUROFER 1998].



Wadą systemów regeneracyjnych jest ich wrażliwość na pył. Jeśli proces grzania generuje znaczące ilości pyłu, to przepuszczalność wkładów ceramicznych w regeneratorze maleje bardzo szybko i w następstwie tego wkłady ceramiczne muszą być wymieniane konsekwentnie. Ta pozycja wydaje się być mało znaczącym problemem w piecach grzewczych hut. [87, EUROFER 1998].

Palniki regeneracyjne są zazwyczaj większe niż palniki klasyczne. Z tego powodu ograniczona przestrzeń może być przeszkodą dla instalowania palników regeneracyjnych w istniejących urządzeniach. Do dziś nie było możliwe zastosowanie systemów regeneracyjnych dla palników stropowych. [87, EUROFER 1998].

System regeneracyjny mógłby być rozważany przy budowie nowych pieców grzewczych w takich przypadkach, gdzie z powodu konfiguracji zakładu musi być ograniczona długość pieca grzewczego. W ten sam sposób wzrost wydajności produkcyjnej istniejącego pieca jest możliwy przez zainstalowanie systemu regeneracyjnego bez zwiększania długości pieca (która w większości przypadków jest ustalona). [87, EUROFER 1998].

System ten jest szczególnie interesujący dla procesów nieprzelotowych, ponieważ procesy nieprzelotowe najczęściej nie obejmują strefy podgrzewania. W piecach przelotowych wyposażonych w system centralnego rekuperatora podobna sprawność cieplna jest osiągnięta za pomocą długiej nieogrzewanej (ogrzewanie wstępne) strefy, gdzie ciepło gazów spalinowych jest przekazywane zimnemu wsadowi przez konwekcję. 80 % sprawność cieplna pieca jest możliwa do osiągnięcia. [87, EUROFER 1998].

Wdrożenie w istniejących piecach może być trudne, ponieważ oba palniki jednego zestawu muszą być zainstalowane naprzeciwko siebie. Wpływa to na ciśnienie w piecu, dlatego konieczny jest nowy system/model regulacji ciśnienia w piecu. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

Zastosowanie gazu technologicznego stanowi wyzwanie, ponieważ systemy palników regeneracyjnych są wrażliwe na gromadzenie się pyłu. W przypadku stosowania gazu koksowniczego z palnikami regeneracyjnymi w spalinach znajdują się kwaśne wydaliny, które mogą powodować korozję na zaworach przełączających i innych urządzeniach. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

Tabela 2.16: Typowo osiągalne redukcje dla systemów regeneracyjnych

Systemy regeneracyjne	Redukcja [%]	
	NOx	Energia <sup>1</sup>
	50	40
Uwaga: Źródło danych [EUROFER HR]. Bazą jest piec o rocznej wydajności 1,5 mln t, opalany gazem ziemnym ze standardowymi palnikami i bez podgrzewania powietrza. Koszty inwestycji mogą być specyficzne dla miejsca (pomieszczenie do dyspozycji, konfiguracja istniejącego pieca, ilość palników bocznych i dolnych)		
<sup>1</sup> W procentach, oszczędność energii jest odzwierciedlona przez redukcję w emisjach SO <sub>2</sub> , CO i CO <sub>2</sub>		

### **Efekty krzyżowe**

- Zmniejszone zużycie paliwa ma pozytywny wpływ na emisję SO<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub>.
- Wyższy poziom utrzymania z potencjalnym wzrostem MTBF (Mean Time Between Failure). [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

### **Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania**

Ma ogólne zastosowanie w ramach ograniczeń związanych z koniecznością kontroli emisji NOx.

### **Aspekty ekonomiczne**

Wyższe koszty inwestycyjne (układ regeneracyjny, droższe palniki) mogą być zrekompensowane korzyściami wynikającymi ze skrócenia długości pieca (nowa instalacja) i zwiększenia efektywności wykorzystania paliwa. [87, EUROFER 1998].

### **Cel wdrożenia**

Poprawa efektywności energetycznej.

#### **Przykładowe zakłady**

126 HR, 138 HR, 139 HR, 147 HR, 158 HR, 174 HR, 175 HR, 197 HR, 205 HR, 230 HR, 231 HR HR, 246 HR2, 248 HR2. [150, FMP TWG 2018].

#### **Bibliografia**

[73, ETSU 1993] [74, ETSU - b 1993] [186, EUROFER 10-7-18, 2018] [87, EUROFER 1998] [150, FMP TWG 2018].

### **2.4.2.4 Rekuperator i palniki rekuperacyjne**

#### **Opis**

Palniki rekuperacyjne wykorzystują różne rodzaje rekuperatorów (np. wymienniki ciepła o konstrukcji radiacyjnej, konwekcyjnej, kompaktowej lub promiennikowej) do bezpośredniego odzyskiwania ciepła ze spalin, które następnie wykorzystywane jest do wstępnego podgrzania powietrza do spalania.

#### **Opis techniczny**

Szczegółowy opis techniczny znajduje się w punkcie 8.5.4.3.

#### **Korzyści dla środowiska**

- Zmniejszone zużycie paliwa/energii.
- Zmniejszona ilość gazów odlotowych.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

W porównaniu z systemami spalania zimnego powietrza można oczekiwać, że rekuperatory pozwolą na uzyskanie oszczędności energii w wysokości około 30 %. Połączenie rekuperatora z palnikiem o niskiej zawartości NO<sub>x</sub> może spowodować zmniejszenie zużycia energii o 25 % przy jednoczesnym zmniejszeniu emisji NO<sub>x</sub> o 50 %. Palnik rekuperacyjny może osiągnąć redukcję NO<sub>x</sub> do 30 % i zmniejszyć zużycie energii o 25 %. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

Tabela 2.17: Typowo osiągalne redukcje i dane dotyczące kosztów dla rekuperatorów i palników rekuperacyjnych

	Redukcja [%]	
	NO <sub>x</sub>	Energia <sup>1</sup>
<b>Rekuperator o niskiej zawartości NO<sub>x</sub> (2<sup>nd</sup> generacja)</b>	50	25
<b>Palnik rekuperacyjny</b>	30	25

Uwagi: Źródło: [EUROFER HR]. Podstawą jest piec o rocznej wydajności 1,5 Mt opalany gazem ziemnym ze standardowymi palnikami i bez podgrzewania powietrza. Koszty inwestycji mogą być uzależnione od lokalizacji (dostępne pomieszczenie, układ istniejącego pieca, liczba palników bocznych i dolnych).

<sup>1</sup> W ujęciu procentowym redukcji energii odpowiada redukcja emisji SO<sub>2</sub>, CO i CO<sub>2</sub>

#### **Efekty krzyżowe**

- Stężenie emisji NO<sub>x</sub> wzrasta wraz ze wzrostem temperatury powietrza do spalania. Przy poziomie temperatury powietrza osiąganym za pomocą centralnego rekuperatora zwykle nie oczekuje się prawie żadnego wzrostu emisji NO<sub>x</sub>. W przeciwnym razie wstępne podgrzewanie powietrza do spalania prowadzi do mniejszego zużycia paliwa i do mniejszego ładunku towarowego NO<sub>x</sub> (mg) (pomimo niewielkiego wzrostu stężenia NO<sub>x</sub>). [186, EUROFER 10-7-18, 2018].
- Zmniejszone zużycie energii ma pozytywny wpływ na ładunek SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub> ze względu na zmniejszony przepływ gazów odlotowych. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

#### **Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania**

Ma ogólne zastosowanie w ramach ograniczeń związanych z koniecznością kontroli emisji NOx.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Zwiększenie efektywności energetycznej i zmniejszenie zużycia paliwa. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

#### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

#### **Bibliografia**

[36, Hot Rolling Shadow Group 1999] [186, EUROFER 10-7-18, 2018] [150, FMP TWG 2018]

### **2.4.2.5 Technologia tlenowo-paliwowa**

#### **Opis**

Powietrze do spalania zastępowane jest w całości lub częściowo przez czysty tlen.

#### **Opis techniczny**

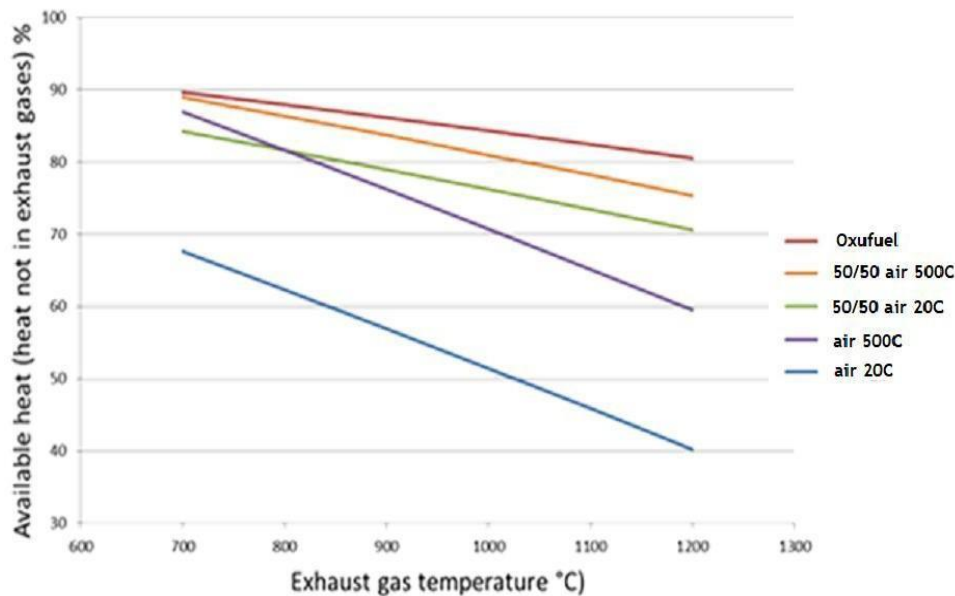
Dogrzewanie płyt stalowych jest bardzo energochłonnym procesem, w którym do osiągnięcia wymaganych wysokich temperatur wykorzystuje się paliwa gazowe lub ciekłe o wysokiej wartości opałowej. Gdy w procesie spalania wykorzystywane jest standardowe powietrze, duże ilości azotu dostają się do pieców i są podgrzewane przez spalanie paliwa w wysokiej temperaturze przed wydaleniem do atmosfery, co powoduje znaczne straty energii i podwyższoną emisję NOx. Przy zastosowaniu technologii oxy-fuel powietrze do spalania składające się w 78 % z azotu i w 21 % z tlenu jest zastępowane przez tlen (o czystości  $\geq 90$  %). [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

Przedstawiono trzy równania stechiometryczne ilustrujące różne przypadki spalania metanu przy (i) spalaniu powietrznym, (ii) spalaniu czystym tlenem oraz (iii) spalaniu mieszanym z 50-procentowym wzbogaceniem powietrza do spalania w tlen.

- Spalanie w normalnym powietrzu z 21 % O<sub>2</sub> i 78 % N<sub>2</sub>:  $\text{CH}_4 + 2 (\text{O}_2 + 3,76 \text{N}_2) \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 7,52 \text{N}_2$
- Spalanie 100 % paliw tlenowych:  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- Spalanie na powietrzu wzbogaconym w tlen, przy użyciu 50 % O<sub>2</sub> i 50 % powietrza:  $\text{CH}_4 + 2 (\text{O}_2 + \text{N}_2) \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{N}_2$

Usunięcie azotu z procesu spalania poprawia sprawność energetyczną pieca, ponieważ przy zastąpieniu powietrza tlenem znacznie zmniejsza się końcowa objętość produktów spalania (np. do zaledwie trzykrotnej objętości paliwa użytego w przypadku 100-procentowego spalania tlenowego). W efekcie wytworzone ciepło będzie w większym stopniu dostępne do ogrzania wsadu pieca. Efekt ten jest wyraźnie zilustrowany na rysunku 2.76, gdzie procent ciepła dostępnego w piecu jest wykreślony w stosunku do temperatury spalin dla różnych stosunków powietrze/tlen. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

Usunięcie lub zmniejszenie zawartości azotu w spalinach powoduje również zmniejszenie objętości spalin na jednostkę dodanej energii (wyrażonej w Nm<sup>3</sup> spalin/kWh) oraz wzrost stężenia i ciśnienia cząstkowych CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O. Promieniowanie ciepłe pochodzi głównie z CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O obecnych w gazach spalinowych. W związku z tym wysokie stężenie CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O znacznie zwiększa wymianę ciepła w piecu. [186, EUROFER 10-7-18, 2018] [J.V. Schéele (2010)]



Źródło: [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

Rysunek 2.76: Dostępne ciepło w zależności od temperatury spalin dla różnych temperatur wstępnego podgrzewania powietrza

Wreszcie, ponieważ przepływ objętościowy spalin jest znacznie mniejszy w przypadku spalania wspomaganego tlenem, ciepło jest uwalniane do materiału wsadowego w sposób bardziej efektywny. Poza tym, przejście z powietrza na spalanie wspomaganie tlenem często prowadzi do obniżenia temperatury gazów wylotowych.

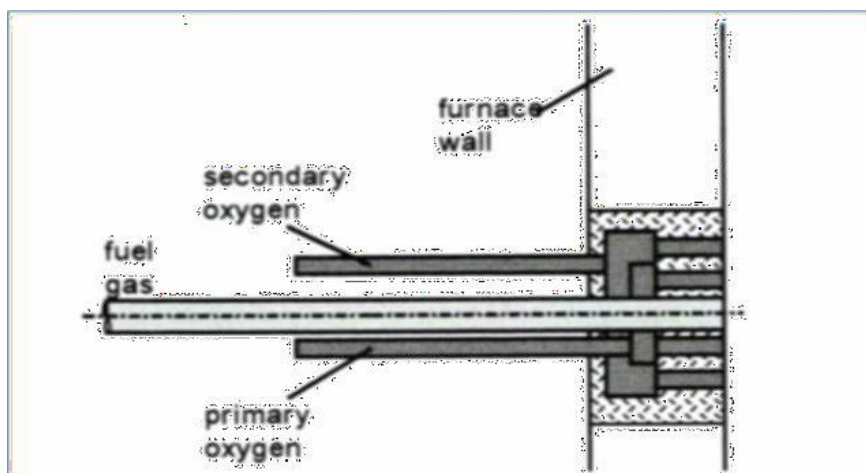
Możliwe jest kilka konfiguracji zastosowania technologii tlenowo-paliwowej w piecach do dogrzewania i obróbki cieplnej, w tym:

- **Palnik tlenowo-paliwowy z 100 % tlenem**

W tej konfiguracji palniki tlenowo-paliwowe pracują ze 100 % tlenem i bez powietrza. Konstrukcja może być różna w zależności od konkretnej sytuacji (np. rodzaj stosowanego paliwa i położenie palnika). Podobnie jak w przypadku palników powietrznych, palnik tlenowo-paliwowy może wymagać palnika pilotującego lub systemu stabilizującego płomień, aby pracować w temperaturach poniżej temperatury samozapłonu.

#### Wpływ na emisje NOx

Chociaż teoretycznie piec bez azotu nie wytwarza NOx, większość pieców przemysłowych ma nieszczelności, przez które do pieca może dostać się powietrze z otoczenia i w rezultacie powstają NOx. Aby osiągnąć niską emisję NOx przy użyciu palnika tlenowo-paliwowego, punkty wtrysku paliwa i tlenu są zwykle oddzielone w celu rozcieńczenia stężenia tlenu (często poniżej 21% O<sub>2</sub>) i paliwa przed zajściem reakcji spalania, jak przedstawiono na Rysunku 2.77. Duża prędkość wtrysku sprzyja recyrkulacji produktów spalania do tlenu i paliwa. Niskie stężenie tlenu i paliwa w płomieniu zmniejsza szczytową temperaturę płomienia i tłumi powstawanie NOx. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].



Źródło: [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

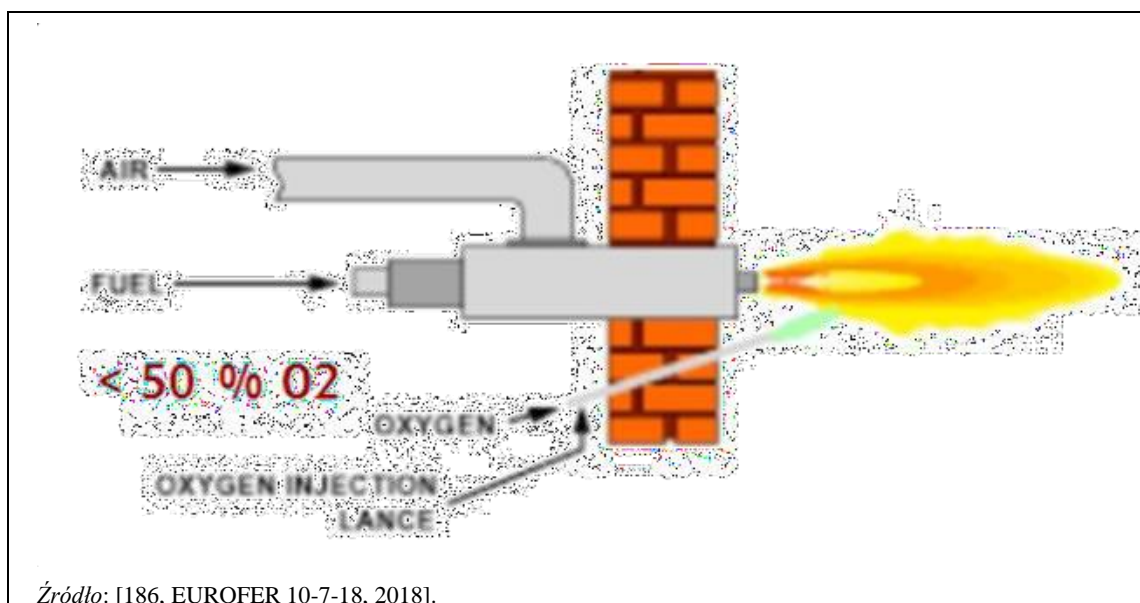
Rysunek 2.77: Schemat typowego palnika tlenowo-paliwowego pracującego ze 100 % tlenem

- **Wzbogacanie tlenu za pomocą palników konwencjonalnych**

Technika ta polega na dodaniu tlenu do powietrza spalania w celu zwiększenia zawartości tlenu z 21 % do około 25-28 % w strumieniu powietrza. Konwencjonalne palniki stosowane do spalania powietrza mogą być zazwyczaj używane, a zaletą jest to, że bardzo łatwo jest przełączyć się pomiędzy trybem wzbogaconym w tlen a normalnym trybem zasilanym powietrzem, jeśli jest to wymagane. Jedną z wad jest to, że konstrukcja palnika bardzo rzadko jest zaprojektowana do tego celu i że emisje NOx mają tendencję do zwiększania. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

- **Dostarczanie tlenu do pieca za pomocą lancy**

Technika dostarczania tlenu do pieca za pomocą lancy jest specyficzną aplikacją opracowaną w celu umożliwienia uzyskania korzyści ze spalania tlenowo-paliwowego w istniejących piecach bez konieczności wymiany samych palników. Zamiast dodawać tlen do strumienia powietrza do spalania w każdym palniku, jak to ma miejsce w przypadku tradycyjnego wzbogacania tlenem, tlen jest wstrzykiwany z dużą prędkością w niewielkiej odległości od palnika, co pozwala na rozcieńczenie go przez opary piecowe zanim weźmie udział w spalaniu (patrz Rysunek 2.78). Można osiągnąć poziomy wzbogacenia w tlen o około 30-50%. Przy zastosowaniu dostarczania tlenu do pieca za pomocą lancy uzyskuje się spalanie podobne do spalania w bezpłomieniowym palniku tlenowo-paliwowym, co skutkuje zmniejszeniem emisji NOx. [186, EUROFER 10-7-18, 2018] [176, Niemi et al., 2013].



Źródło: [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

## Rysunek 2.78: Schemat palnika z zewnętrzną lancą do wtłaczania tlenu

W przypadku wzbogacania tlenem i dostarczania tlenu do pieca za pomocą lancy ważna jest dobra kontrola przepływu powietrza, tlenu i paliwa w celu uzyskania prawidłowego całkowitego stosunku tlenu do paliwa. [EUROFER 3-5- 17].

Wybór pomiędzy trzema przedstawionymi powyżej opcjami paliwowo-tlenowymi (tj. palnik 100 % tlenowy, wzbogacanie tlenem lub dostarczanie tlenu do pieca za pomocą lancy) zależy od charakterystyki i wydajności zakładu. Na przykład, gdy potrzebna jest dodatkowa moc grzewcza w piecu, zastosowanie palników 100 % tlenowych może być najlepszym rozwiązaniem. W przypadku pieców wyposażonych w zwykłe palniki zasilane powietrzem wykazujące dobrą sprawność, technika dostarczania tlenu do pieca za pomocą lancy może być najlepszym rozwiązaniem w celu dalszego zmniejszenia zużycia energii i redukcji emisji NO<sub>x</sub>. [186, EUROFER 10-7-18, 2018] [222, EUROFER 2020]

### ***Korzyści dla środowiska***

- Zmniejszenie zużycia energii i emisji CO<sub>2</sub>.
- Zmniejszona emisja CO i NO<sub>x</sub>.

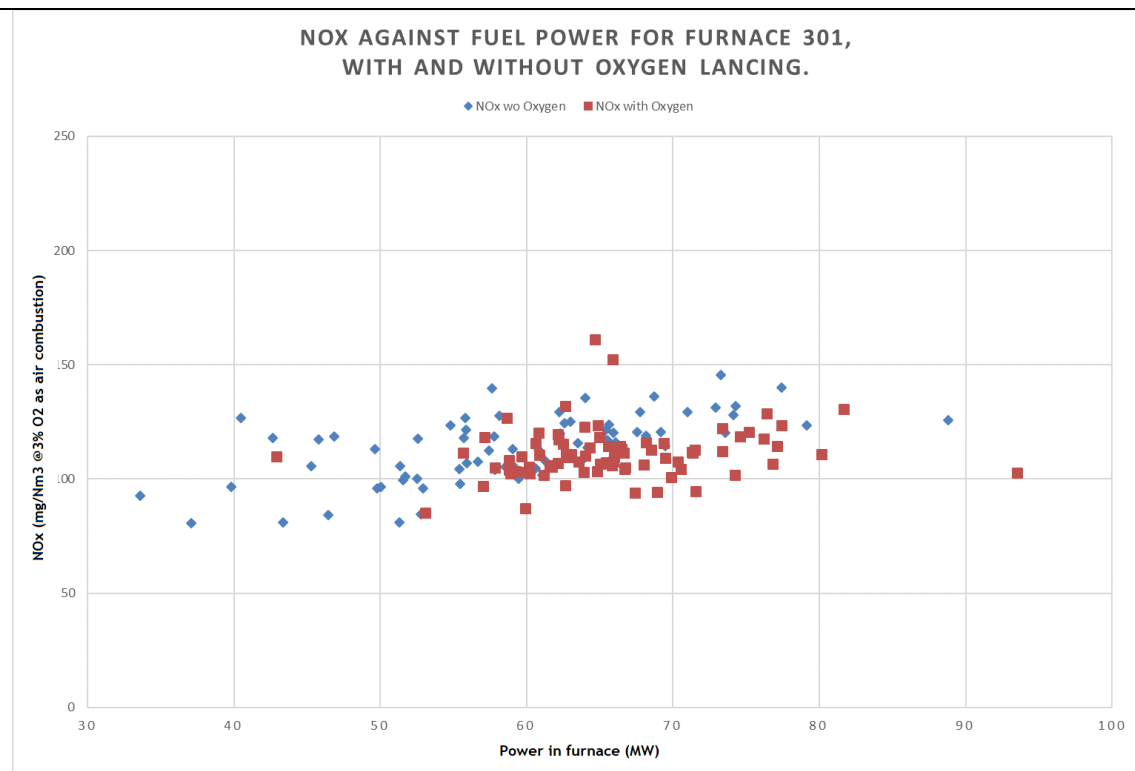
### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Przy zastosowaniu technologii tlenowo-paliwowej uzyskuje się następujące ulepszenia [186, EUROFER 10-7-18, 2018]:

- Wzrost ciśnień cząstkowych CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O oraz dłuższe czasy przebywania gazów w piecu skutkują wyższą wymianą ciepła przez promieniowanie gazu, skróceniem czasu nagrzewania i zwiększeniem wydajności.
- Znaczna redukcja objętości spalin i temperatury spalin, co skutkuje mniejszymi rozmiarami instalacji do redukcji gazów odlotowych.
- Wstrzyknięcie tlenu może spowodować wzrost temperatury płomienia i w razie potrzeby może być sterowane niezależnie od pracy pieca.
- Zastąpienie powietrza w palniku czystym tlenem zmniejsza ciśnienie cząstkowe azotu w gazie i może ograniczyć termiczne tworzenie się NO<sub>x</sub>. Jednakże, jeżeli tlen jest wtryskiwany w pobliżu palnika lub jeżeli w piecu występuje znaczny napływ powietrza, możliwe są wyższe jednostkowe emisje NO<sub>x</sub> (wyrażone w mg/Nm<sup>3</sup>) z powodu wyższej temperatury gazu. Jednakże ogólne masowe emisje NO<sub>x</sub> (wyrażone jako masa-NO<sub>x</sub>/tonę produkcji lub masa NO<sub>x</sub>/zużytą energię) są zmniejszone ze względu na znaczne zmniejszenie całkowitej objętości gazów spalinowych uzyskane w technologii paliwowo-tlenowej.
- Zmniejszone specyficzne zużycie energii.
- Zmniejszona potrzeba i zależność od systemów odzysku ciepła.
- W zintegrowanych hutach istnieje coraz większa potrzeba spalania paliw niskokalorycznych (np. paliw wykazujących wartość opałową poniżej 2 kWh/m<sup>3</sup>), takich jak gaz wielkopiecowy (np. wartość opałowa < 1 kWh/m<sup>3</sup>). W przypadku takich paliw zastosowanie tlenu jest bezwzględnie wymogiem dla temperatury i stabilności płomienia. [170, J.V. Schéele, 2010].
- Redukcja emisji CO<sub>2</sub> w porównaniu z piecami zasilanymi powietrzem. [173, Lantz et al. 2008].

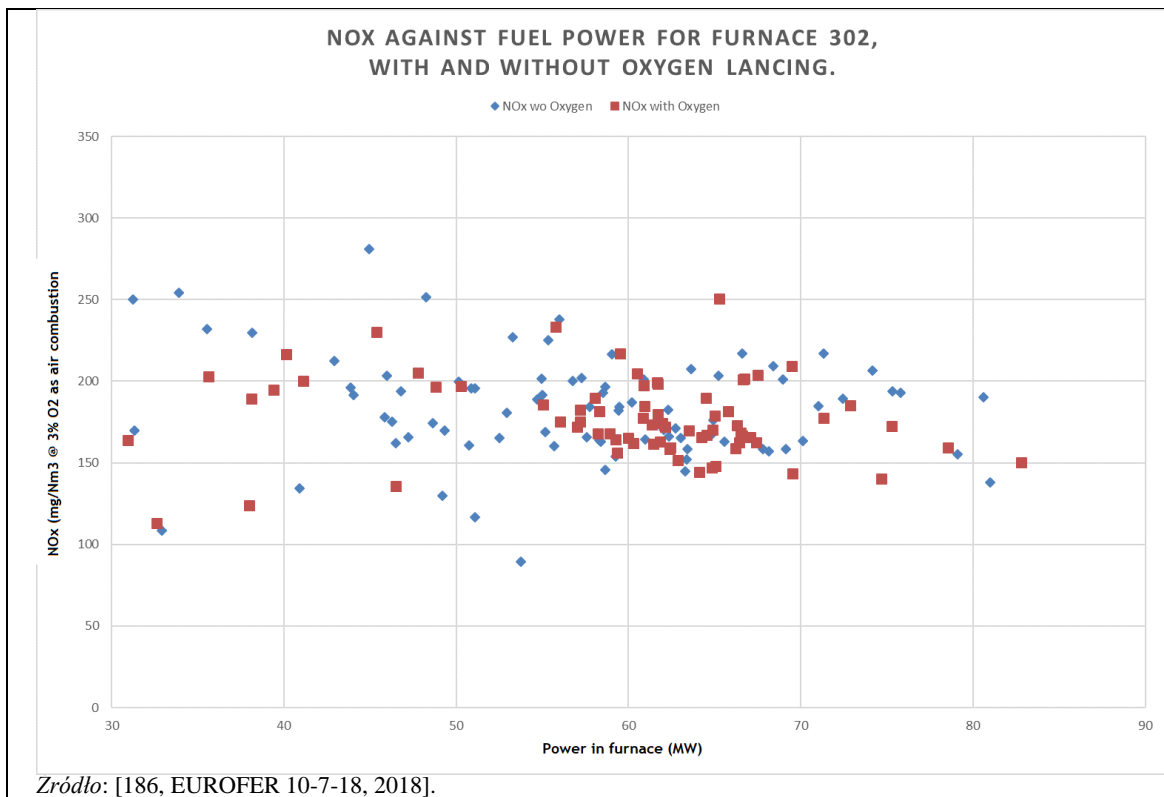
Na przykład, w piecach do dogrzewania firmy SSAB w Borlänge, zastosowano zewnętrzne lancowanie tlenu. Oszczędność energii wynosiła od 1,7 kWh/m<sup>3</sup> do 2,5 kWh/m<sup>3</sup> tlenu w zależności od warunków produkcji i pieca. W ujęciu procentowym zużycie energii (a także emisja CO<sub>2</sub>) zostało obniżone o 5-16 %, przy czym średnio o 10 %. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

Na poniższych rysunkach 2.79 i 2.80 przedstawiono emisje NO<sub>x</sub> (średnie tygodniowe) z pieca 301 i pieca 302 (odpowiadających odpowiednio 244 HR-1C i 244 HR-2C) z i bez dostarczania tlenu za pomocą lancy dla lat 2015-2017. Można zauważyć, że emisja NO<sub>x</sub> dla pieca 301 jest nieco mniejsza przy zastosowaniu tlenu w porównaniu z brakiem zastosowania tlenu. Dla pieca 302 emisja NO<sub>x</sub> jest prawie taka sama dla obu wariantów pracy. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].



Źródło: [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

Rysunek 2.79: Emisja NOx w zależności od mocy paliwa dla pieca do dogrzewania 301 (SSAB, Borlänge)



Źródło: [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

Rysunek 2.80: Emisje NOx w zależności od mocy paliwa dla pieca grzewczego 302 (SSAB, Borlänge)

W zakładzie Arcelor Mittal Shelby (USA), gdzie przedstawiono dane dotyczące pieca obrotowego z

paleniskiem, odnotowano początkowe zmniejszenie zużycia energii o 29 % w wyniku wzbogacenia w tlen.

Następnie odnotowano 65-procentowe zużycie energii w wyniku spalania tlenowo-paliwowego w połączeniu z utlenianiem bezpłomieniowym, jak również 76-procentową redukcję emisji NO<sub>x</sub> w porównaniu z pierwotną techniką paliwowo-powietrzną. [173, Lantz et al., 2008] [222, EUROFER 2020].

### ***Efekty krzyżowe***

- Mogą wystąpić wyższe stężenia emisji NO<sub>x</sub>, chociaż ogólne emisje NO<sub>x</sub> są zmniejszone.
- Potencjalne zagrożenie bezpieczeństwa wynikające z używania czystego tlenu wymaga wprowadzenia dodatkowych środków ostrożności w celu zapewnienia bezpieczeństwa w miejscu pracy.
- Biorąc pod uwagę ogólny wpływ na środowisko i całkowite zużycie energii, należy rozważyć wpływ na środowisko i energię zużywaną do produkcji energii elektrycznej wykorzystywanej w produkcji tlenu. Zapotrzebowanie na energię do produkcji tlenu różni się, jeśli tlen ma być rozdzielony na stan gazowy lub ciekły. Przykładowe dane dotyczące zużycia energii to 278 kWh/t (0,4 kWh/Nm<sup>3</sup> O<sub>2</sub>) dla produkcji tlenu w stanie gazowym i 800 kWh/t (1,14 kWh/Nm<sup>3</sup> O<sub>2</sub>) dla produkcji tlenu w stanie ciekłym. Uwzględniając całkowitą zużytą energię związaną z produkcją energii elektrycznej wykorzystywanej do separacji tlenu, całkowita liczba mogłaby osiągnąć 3,27 kWh/Nm<sup>3</sup> O<sub>2</sub> w zależności od źródła energii elektrycznej (tj. instalacja spalania o sprawności netto 35%). [222, EUROFER 2020].

### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

- Zastosowanie może być ograniczone do pieców przetwarzających stal wysokostopową. Na przykład wdrożenie tej techniki do produkcji stali wysokowytrzymałej w linii powlekania na gorąco nie jest możliwe ze względu na związane z tym utlenianie powierzchni.
- Zastosowanie do istniejących obiektów może być ograniczone przez konstrukcję pieca i potrzebę minimalnego przepływu gazów odlotowych. W istocie, w zależności od konstrukcji pieca (np. system ciągnienia), może być wymagana minimalna objętość/przepływ gazów odlotowych w celu zapewnienia prawidłowego działania pieca/spalania oraz transportu gazów spalinowych przez piec i wylot gazów odlotowych.
- Nie dotyczy pieców wyposażonych w palniki promiennikowe.

### ***Aspekty ekonomiczne***

- Niskie koszty inwestycji w piec. W przypadku konieczności budowy instalacji do produkcji tlenu, koszty inwestycyjne są wysokie. [222, EUROFER 2020].
- Głównym kosztem operacyjnym spalania tlenowo-paliwowego jest koszt tlenu. Technologia tlenowo-paliwowa może być uznana za opłacalne rozwiązanie tylko wtedy, gdy tlen jest dostępny po niskiej cenie, co pozwala na oszczędności przy porównaniu ceny zużycia energii i paliwa oraz ceny zakupu tlenu.
- Tlen o wysokiej czystości może być zastąpiony tlenem o czystości około 90 %, co pozwala na obniżenie kosztów.
- Osiągane są wyższe temperatury pieca, co powoduje skrócenie czasu procesu i zwiększenie wydajności.

### ***Cel wdrożenia***

- Zwiększona wydajność.
- Oszczędność energii.
- Ogólna redukcja emisji NO<sub>x</sub>.

### ***Przykładowe zakłady***

- SSAB Borlänge, piece 301 i 302 (Szwecja).
- Ovako Steel Hofors, 3 piece z obrotowym paleniskiem, 5 pieców komorowych, 48 komór szybowych (Szwecja).
- Ovako Bar AB, Smedjebacken WHF (Szwecja).
- Outokumpu Stainless, Avesta APL 76 (Szwecja).



- Outokumpu Stainless, Degerfors (Szwecja).
- Sandvik Materials Technology (Szwecja).
- Outokumpu Stainless, Tornio (Finlandia).
- ArcelorMittal, Galati (Rumunia).
- Ascometal, Fos Sur Mer i les Dunes (Francja).
- ArcelorMittal Shelby Tubular Products (USA) %. [173, Lantz et al., 2008].
- 242 HR, 244 HR, 246 HR2, 247 HR [150, FMP TWG 2018]

### ***Bibliografia***

[186, EUROFER 10-7-18, 2018] [173, Lantz et al. 2008] [150, FMP TWG 2018] [170, Schéele, 2010] [176, Niemi et al., 2013] [222, EUROFER 2020].

## **2.4.2.6 Spalanie bezpłomieniowe**

### ***Opis***

Spalanie bezpłomieniowe uzyskuje się poprzez oddzielne wtryskiwanie paliwa i powietrza do spalania do komory spalania pieca z dużą prędkością, aby stłumić powstawanie płomienia i zmniejszyć powstawanie termicznych NOx, tworząc jednocześnie bardziej równomierny rozkład ciepła w całej komorze. Spalanie bezpłomieniowe może być stosowane w połączeniu ze spalaniem tlenowo-paliwowym.

### ***Opis techniczny***

Spalanie bezpłomieniowe można osiągnąć za pomocą konwencjonalnych pieców zasilanych powietrzem wyposażonych w palnik bezpłomieniowy lub za pomocą bezpłomieniowych palników tlenowych.

### Spalanie bezpłomieniowe

Piece do ogrzewania i obróbki cieplnej w przemyśle żelaznym i stalowym pracują zazwyczaj w wysokich temperaturach procesowych. Podczas gdy straty energii mogą być zminimalizowane dzięki palnikom rekuperacyjnym wykorzystującym gazy spalinowe do wstępnego podgrzewania powietrza do spalania, tworzenie tlenków azotu również wzrasta przy wyższych temperaturach powietrza do spalania. Azot atmosferyczny utlenia się w szczególności w gorących strefach frontu płomienia tworząc tlenki azotu. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

Spalanie bezpłomieniowe można osiągnąć dzięki intensywnemu mieszaniu gazu opałowego, powietrza do spalania i recyrkulowanych spalin. Gaz opałowy i powietrze do spalania są wtryskiwane oddzielnie do komory spalania z dużą prędkością. Wewnątrz komory spalania bardzo intensywny wewnętrzny obieg spalin miesza powietrze do spalania, paliwo i produkty spalania. W tych warunkach następuje spalanie bezpłomieniowe pod warunkiem, że temperatura spalania wewnątrz pieca jest wyższa od temperatury samozapłonu mieszanki (np. > 800 °C przy zastosowaniu gazu ziemnego i powietrza), a współczynnik recyrkulacji spalin jest wyższy niż trzy. [155, Abuelnor et al., 2014] [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

W przypadku spalania bezpłomieniowego nie występuje szczyt temperatury frontu płomienia, co w znacznym stopniu ogranicza powstawanie NOx w porównaniu do palników konwencjonalnych. Kolejną dodatkową korzyścią wynikającą z bezpłomieniowego spalania jest to, że paliwo utlenia się w całej objętości komory spalania, zapewniając bardzo jednorodną temperaturę w palenisku. Dzięki równomiernemu rozkładowi możliwe jest utrzymanie wyższej średniej temperatury w komorze spalania, co skutkuje skróceniem czasu nagrzewania i niższą emisją CO, ponieważ osiągnięto całkowite spalanie. Wreszcie, bezpłomieniowe spalanie skutkuje niższą emisją hałasu i mniejszym obciążeniem termicznym palnika. [155, Abuelnor et al., 2014] [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

### Spalanie bezpłomieniowe w połączeniu z paliwem tlenowym

Technologia bezpłomieniowa może być stosowana w połączeniu z techniką tlenowo-paliwową. Zasady techniki tlenowo-paliwowej zostały opisane w punkcie 2.4.2.5. W skrócie, technika ta polega na

zastąpieniu powietrza do spalania tlenem (o czystości > 90 %), co oznacza mniejszą ilość azotu do ogrzania i zmniejszenie całkowitej objętości spalin, co prowadzi do zwiększenia efektywności energetycznej.

Bezpłomieniowe spalanie tlenowo-paliwowe uzyskuje się przez rozcieńczenie poprzez oddzielne wtryskiwanie paliwa i tlenu z dużą prędkością do paleniska. [170, J.V. Schéele, 2010].

Recykulacja gazów spalinowych do strefy spalania powoduje obniżenie temperatury szczytowej i termiczne powstawanie NO<sub>x</sub>. W porównaniu z bezpłomieniowym spalaniem tlenowo-paliwowym rozkład temperatury w piecu będzie bardziej równomierny, co skutkuje możliwością zwiększenia tempa produkcji i/lub obniżenia zużycia energii w zależności od charakterystyki pieca i sytuacji produkcyjnej. [222, EUROFER 2020].

#### ***Korzyści dla środowiska***

- Zmniejszona emisja NO<sub>x</sub>.
- Zmniejszona emisja CO.
- Zmniejszone zużycie energii.

#### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Bezpłomieniowe spalanie tlenowo-paliwowe zostało zainstalowane w dwóch zakładach należących do Ascométal w Fos-sur-Mer (Francja). W sumie dziewięć pieców do moczenia zostało wyposażonych w bezpłomieniowe palniki tlenowo-paliwowe. W efekcie wydajność grzewcza wzrosła o 50 %, zużycie paliwa zmniejszyło się o 40 %, a emisja NO<sub>x</sub> została zredukowana o 40 %. [169, Iron and Steel Today, 2008].

W 2003 r. piec typu walking beam należący do Outokumpu Stainless znajdujący się w Degerfors (Szwecja) został przebudowany i odnowiony poprzez zastąpienie systemu zasilanego powietrzem (w tym rekuperatorów) bezpłomieniowymi palnikami tlenowo-paliwowymi. W rezultacie wydajność grzewcza wzrosła o 40- 50 %, zużycie paliwa zostało zmniejszone o 25 % i osiągnięto ogólną emisję NO<sub>x</sub> niższą niż 70 mg/MJ. [169, Iron and Steel Today, 2008].

Inne zalety bezpłomieniowej techniki spalania tlenowo-paliwowego to ograniczenie tworzenia się kamienia i zmniejszenie emisji hałasu.

Piec z paleniskiem wózkowym B9 firmy voestalpine Grobblech jest ogrzewany gazem ziemnym i posiada kilka stref regulacyjnych. Palniki pieca B9 wykorzystują wstępnie podgrzane powietrze o temperaturze ok. 600 °C i są skonstruowane jako palniki bezpłomieniowe z regulacją powietrza i recykulacją spalin. Emisje NO<sub>x</sub> i CO są znacznie zredukowane przy temperaturze komory pieca wynoszącej

osiąga się > 800 °C lub > 850 °C. Emisje NO<sub>x</sub> wynoszą 110,7 mg/Nm<sup>3</sup>, 140,3 mg/Nm<sup>3</sup> oraz

140,4 mg/Nm<sup>3</sup> (3 pomiary półgodzinne) w temperaturze 620 °C, oraz 50,3 mg/Nm<sup>3</sup>,

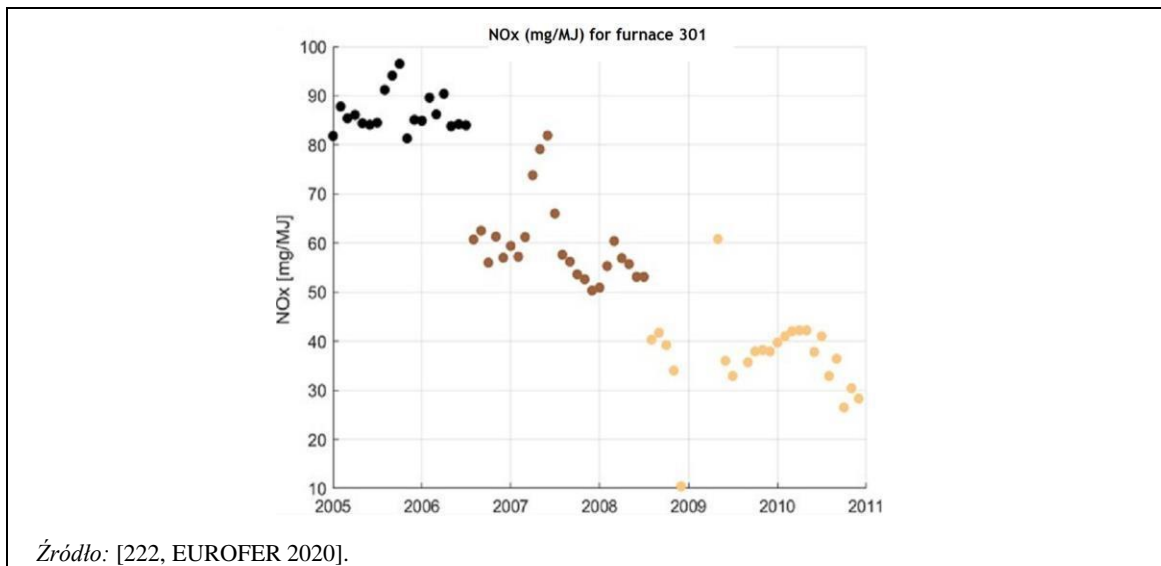
65,7 mg/Nm<sup>3</sup> i 81,9 mg/Nm<sup>3</sup> (3 pomiary półgodzinne) w temperaturze 920 °C; a emisja tlenku węgla

wynosi 4,1 mg/Nm<sup>3</sup>, 4,0 mg/Nm<sup>3</sup> i 3,9 mg/Nm<sup>3</sup> (660 °C) oraz

24,0 mg/Nm<sup>3</sup> i 15,7 mg/Nm<sup>3</sup> (920 °C). Emisje odnoszą się do zawartości tlenu na poziomie 5 %.

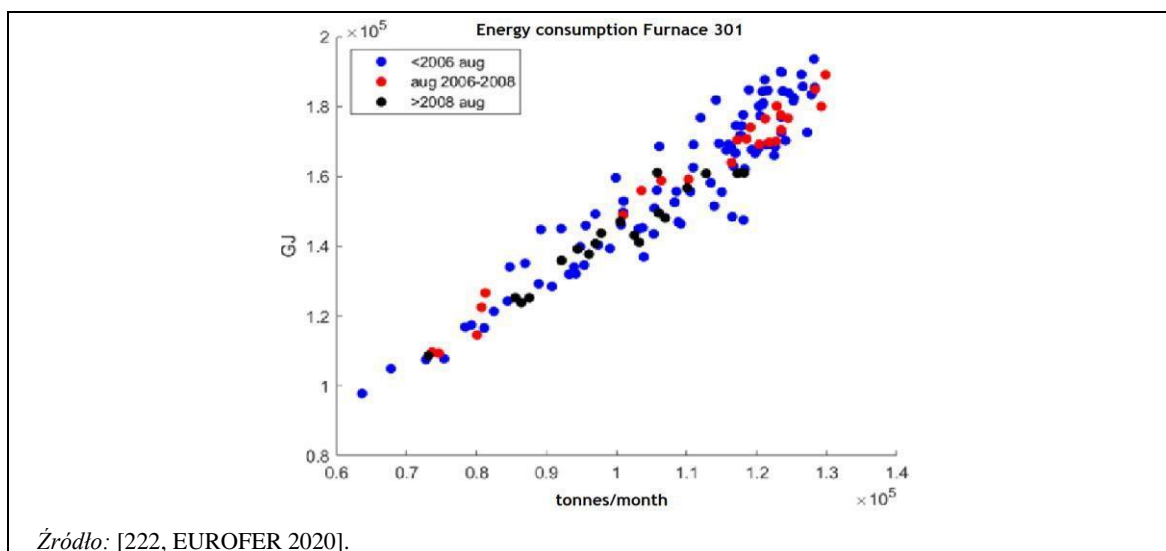
[uwagi AT w [208, TWG 2019]].

Rysunek 2.81 przedstawia przykład pieca do dogrzewania wyposażonego w bezpłomieniowe spalanie w dwóch etapach (2006 i 2008 - SSAB Borlänge, piec 301). Początkowo (przed 2006 r.) w piecu 301 stosowano wyłącznie palniki o niskiej zawartości NO<sub>x</sub>. W 2006 r. spalanie bezpłomieniowe zostało częściowo zainstalowane w niektórych częściach pieca. Całkowita instalacja bezpłomieniowego spalania została zrealizowana pod koniec 2008 roku. W latach 2006-2008 zaobserwowano wyraźne zmniejszenie emisji NO<sub>x</sub>. Ogólnie emisje NO<sub>x</sub> zostały zredukowane z początkowej wartości około 315 mg/Nm<sup>3</sup> przy 3 % O<sub>2</sub> do 145 mg/Nm<sup>3</sup> przy 3 % O<sub>2</sub>. [222, EUROFER 2020].



Rysunek 2.81: Miesięczne średnie emisje NO<sub>x</sub> (wyrażone w mg/MJ) w SSAB Borlänge (piec 301) - przed bezpłomieniowym spalaniem (czarne punkty), po zainstalowaniu bezpłomieniowego spalania w części pieca (brązowe punkty) i po całkowitym zainstalowaniu bezpłomieniowego spalania w piecu (żółte punkty)

W przypadku SSAB Borlänge (piec 301) na rysunku 2.82 przedstawiono również zużycie energii przed instalacją bezpłomieniowego spalania, po instalacji bezpłomieniowego spalania w części pieca oraz po całkowitej instalacji bezpłomieniowego spalania w piecu. [222, EUROFER 2020].



Rysunek 2.82: Zużycie energii (wyrażone w GJ/t) w SSAB Borlänge (piec 301) - przed bezpłomieniowym spalaniem (niebieskie punkty), po zainstalowaniu bezpłomieniowego spalania w części pieca (czerwone punkty) i po całkowitym zainstalowaniu bezpłomieniowego spalania w piecu (czarne punkty)

### ***Efekty krzyżowe***

W przypadku stosowania w połączeniu ze spalaniem paliwowo-tlenowym, wzajemne efekty medialne zgłoszone dla spalania paliwowo-tlenowego w sekcji 2.4.2.5 mają również zastosowanie do spalania bezpłomieniowego.

### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

- Możliwość zastosowania w istniejących zakładach może być ograniczona przez konstrukcję pieca (tj. objętość pieca, przestrzeń dla palników, odległość między palnikami) oraz konieczność zmiany wykładziny ogniotrwałej.
- Zastosowanie może być ograniczone do procesów, w których wymagana jest ścisła kontrola

temperatury lub profilu temperatury (np. rekrytalizacja).

- Nie dotyczy pieców pracujących w temperaturze niższej niż temperatura samozapłonu wymagana dla spalania bezpłomieniowego lub pieców wyposażonych w palniki promiennikowe.

#### **Aspekty ekonomiczne**

- Zastosowanie palników tlenowo-paliwowych wymaga dodatkowego zakupu lub wytwarzania na miejscu tlenu. W związku z tym bezpłomieniowa technika tlenowo-paliwowa jest często ekonomicznie opłacalna tylko w zakładach, w których tlen jest dostępny po niskiej cenie. Aby zbadać ekonomiczną opłacalność instalacji, porównuje się spodziewane oszczędności kosztów energii i potrzebnego paliwa z ceną zakupu tlenu. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].
- Osiągane są wyższe średnie temperatury pieca, co może skutkować skróceniem czasu ogrzewania i zwiększeniem wydajności.

#### **Cel wdrożenia**

- Zwiększona wydajność.
- Oszczędność energii.
- Ogólna redukcja emisji NOx.

#### **Przykładowe zakłady**

Ascométal - Piece do namaczania (Fos-sur-Mer, Francja).

Outokumpu Stainless - Piece z belką kroczącą i kotwicą (Degerfors, Szwecja). SSAB Borlänge (Szwecja).

Voestalpine Grobblech (Austria).

Zakłady zgłaszające zastosowanie bezpłomieniowego utleniania połączonego z inscenizacją powietrza: 89 HR, 97 HR, 175 HR, 179 HR, 205 HR, 222 HR, 244 HR [150, FMP TWG 2018].

Zakłady zgłaszające zastosowanie bezpłomieniowego utleniania w połączeniu z technologią tlenowo-paliwową: 37 HR, 110 HR2, 222 HR, 242 HR, 246 HR2, 242 HR, 144 CR [150, FMP TWG 2018].

#### **Bibliografia**

[186, EUROFER 10-7-18, 2018] [169, Iron and Steel Today, 2008] [170, J.V. Schéele, 2010].  
[155, Abuelnor et al., 2014] [150, FMP TWG 2018] [222, EUROFER 2020]

### **2.4.2.7 Palnik impulsowy**

#### **Opis**

Dopływ ciepła do pieca jest regulowany przez czas trwania rozpalania palników lub przez sekwencyjne uruchamianie poszczególnych palników zamiast regulacji przepływu powietrza do spalania i paliwa.

#### **Opis techniczny**

W przypadku wypalania impulsowego sterowanie palnikami odbywa się z modulacją częstotliwości. Palniki mogą być przełączane pomiędzy dwoma stanami, a ich cykliczność kontroluje dopływ ciepła do pieca. Zazwyczaj palniki przez pewien czas pracują na dużym ogniu, a następnie przechodzą na mały ogień lub są wyłączane. Cykl ten może być powtarzany stosunkowo często, w niektórych konstrukcjach co sześć sekund. [159, Curry, 2011].

Na przykład palnik pracuje zawsze przy nominalnym przepływie gazu, a moc palnika jest regulowana przez czas wypalania palnika: na przykład zapotrzebowanie na ciepło w wysokości 40 % oznacza, że palnik pracuje tylko przez 40 % 60-sekundowego czasu cyklu. Inną możliwością jest modulacja szybkości odpalania palnika poprzez sekwencyjne uruchamianie poszczególnych palników. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

Nawet przy niewielkim obciążeniu pieca dostępna jest pełna moc każdego palnika. W piecu z bocznym palnikiem poprawia się równomierność temperatury płyty, ponieważ ciepło jest doprowadzane jednorodnie na całej szerokości pieca w każdych warunkach produkcyjnych.

### ***Korzyści dla środowiska***

Zmniejszenie zużycia energii

### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Piece belkowe 4 i 5 (WBF 4 i WBF 5), pracujące równolegle, w walcowni gorącej taśm SSAB Raahe (Finlandia):

- WBF 4: oddana do użytku w 1997 roku; regulacja przepływu i strefy górne wyposażone w palniki dachowe, strefy dolne wyposażone w palniki boczne, w strefach górnych i w strefie moczenia zastosowano LPG.
- WBF 5: oddana do użytku w 2005 r.; dwie ostatnie górne strefy wyposażone w palniki dachowe, pozostałe strefy wyposażone w boczne palniki pulsacyjne, jako paliwo stosowany jest COG/LPG, w strefie moczenia jako paliwo stosowany jest LPG).

Zużycie energii jest o 10 % niższe w WBF 5 przy zastosowaniu bocznych palników pulsacyjnych. W WBF 5 stosuje się jednak wyższą temperaturę wstępnego podgrzewania powietrza w porównaniu z WBF 4 (WBF 4: 340 °C, WBF 5: 440 °C) i to również może mieć wpływ na zużycie energii. [222, EUROFER 2020]

Tabela 2.18: Zużycie energii i stężenia emisji NO<sub>x</sub> (średnia dzienna)

Dane z 2016 r.	WBF 4	WBF 5
Zużycie energii (GJ/t)	1.60	1.42
NO <sub>x</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> ) (3 % O <sub>2</sub> ), okresowo	325	360
NO <sub>x</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> ) (3 % O <sub>2</sub> ), ciągły	NI	400
Uwaga: NI = brak informacji. Źródło: [186, EUROFER 10-7-18, 2018].		

Instalacja palników impulsowych zapewnia dobrą kontrolę temperatury zarówno przy niskim jak i wysokim wypalaniu. Ponadto zapotrzebowanie na paliwo pomocnicze jest zminimalizowane on-line.

### ***Efekty krzyżowe***

Brak informacji.

### ***Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania***

Dotyczy tylko nowych zakładów i dużych modernizacji zakładów.

### ***Aspekty ekonomiczne***

Koszty inwestycyjne konkurencyjne w stosunku do innych technik. Konserwacja zaworów może zwiększyć koszty w przypadku obecności zanieczyszczeń w gazie opałowym.

### ***Cel wdrożenia***

- Oszczędność energii.
- Zmniejszona ilość spalania.

### ***Przykładowe zakłady***

SSAB Raahe, Finlandia. Piec HSM/Walking beam 5 (palniki boczne z wypalaniem impulsowym, dwie modulacyjne strefy górne), HPM/obróbka cieplna NU1 (całkowite wypalanie impulsowe), strefy grzania 2 + namaczania pieców dogrzewających 3 i 4 w Avilés są wyposażone w palniki impulsowe.

### ***Bibliografia***

[159, Curry, 2011] [186, EUROFER 10-7-18, 2018] [150, FMP TWG 2018]

#### **2.4.2.8 Palniki z niskimi emisjami NO<sub>x</sub>**

### ***Opis***

Technika (w tym palniki ultra-low-NO<sub>x</sub>) opiera się na zasadach obniżania szczytowych temperatur

płomienia. Mieszanie powietrza z paliwem zmniejsza dostępność tlenu i obniża szczytową temperaturę płomienia, opóźniając w ten sposób konwersję azotu związanego z paliwem do NOx i powstawanie termicznych NOx, przy zachowaniu wysokiej sprawności spalania.

### **Opis techniczny**

Szczegółowy opis techniczny znajduje się w punkcie 8.8.2.7.

### **Korzyści dla środowiska**

- Zmniejszona emisja NOx.
- Zwiększona efektywność energetyczna. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

#### Przykłady

Emisje NOx w trzech piecach grzewczych wyposażonych w palniki o niskiej i bardzo niskiej emisji NOx przedstawiono w poniższej tabeli.

Tabela 2.19. Zakres emisji NOx w piecach grzewczych wyposażonych w palniki o niskiej i bardzo niskiej emisji NOx

<b>Strona / Piec</b>	<b>Typ palnika</b>	<b>Zakres emisji NOx (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>
Liberty Speciality Steels - Brinsworth - Walcownia taśm / Piec do ponownego podgrzewania	Low-NOx - Dachowy palnik płaskopłomienny (z rekuperacją gorącego powietrza)	111-265
Liberty Speciality Steels - Rotherham - piec do odprężania i ponownego podgrzewania kęsów	Palnik Low-NOx - (z odzyskiem gorącego powietrza)	162-266
Liberty Speciality Steel - Stocksbridge - Piec do dogrzewania kęsów	Palnik Ultra-Low-NOx - FGR	120-148
ArcelorMittal - Le Creusot - Heavy Walcownia płyt (tunelowy piec grzewczy: FSM2)	Palnik Low-NOx	43-134
<i>Źródło:</i> [186, EUROFER 10-7-18, 2018].		

Oprócz palników o niskiej zawartości NOx, dalszą poprawę efektywności energetycznej i ekologiczności można osiągnąć poprzez wdrożenie nowych systemów kontroli palników. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

W zależności od konstrukcji palnika może być konieczne zastosowanie dodatkowych zaworów do stagingu powietrze/paliwo. W przypadku palników bezpłomieniowych wymagana jest temperatura pieca (ściany) powyżej wartości samozapłonu. Należy rozważyć zastosowanie blokad bezpieczeństwa. [186, EUROFER 10-7-18, 2018]

### **Efekty krzyżowe**

Brak informacji.

### **Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania**

Możliwość zastosowania może być ograniczona w istniejących zakładach przez ograniczenia projektowe i/lub operacyjne.

### **Aspekty ekonomiczne**

Wymiany istniejących palników na najnowocześniejsze palniki o niskiej zawartości NOx można uniknąć, jeśli zoptymalizuje się spalanie (poprzez zmniejszenie nadmiaru powietrza). Zapewnia to również dodatkowe oszczędności paliwa i uzysków. [218, EUROFER 2020].

### **Cel wdrożenia**

- Redukcja emisji NOx. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].
- Zwiększona efektywność energetyczna. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

#### ***Przykładowe zakłady***

Szeroko stosowane w zakładach gromadzenia danych FMP, np:

- Liberty Speciality Steels - Stocksbridge Billet Mill Piece ciągle.
- Liberty Speciality Steels - Rotherham billet annealing / soaking pit.
- Liberty Speciality Steels - Brinsworth Strip Narrow Strip Mill Piec do dogrzewania płyt.
- ArcelorMittal - Fos-sur-Mer Hot Strip Mill piece do dogrzewania.
- ArcelorMittal - Asturias Wire Rod Mill piec do dogrzewania.

#### ***Bibliografia***

[195, COM 2017][186, EUROFER 10-7-18, 2018] [150, FMP TWG 2018] [218, EUROFER.2020]

### **2.4.2.9 Selektywna redukcja katalityczna (SCR)**

#### ***Opis***

Technika SCR opiera się na redukcji NOx do azotu w złożu katalitycznym poprzez reakcję z mocznikiem lub amoniakiem w optymalnej temperaturze pracy około 300-450 °C. Można zastosować kilka warstw katalizatora. Wyższą redukcję NOx uzyskuje się przy zastosowaniu kilku warstw katalizatora.

#### ***Opis techniczny***

Szczegółowy opis techniczny znajduje się w punkcie 8.8.1.4.

#### ***Korzyści dla środowiska***

Zmniejszona emisja NOx.

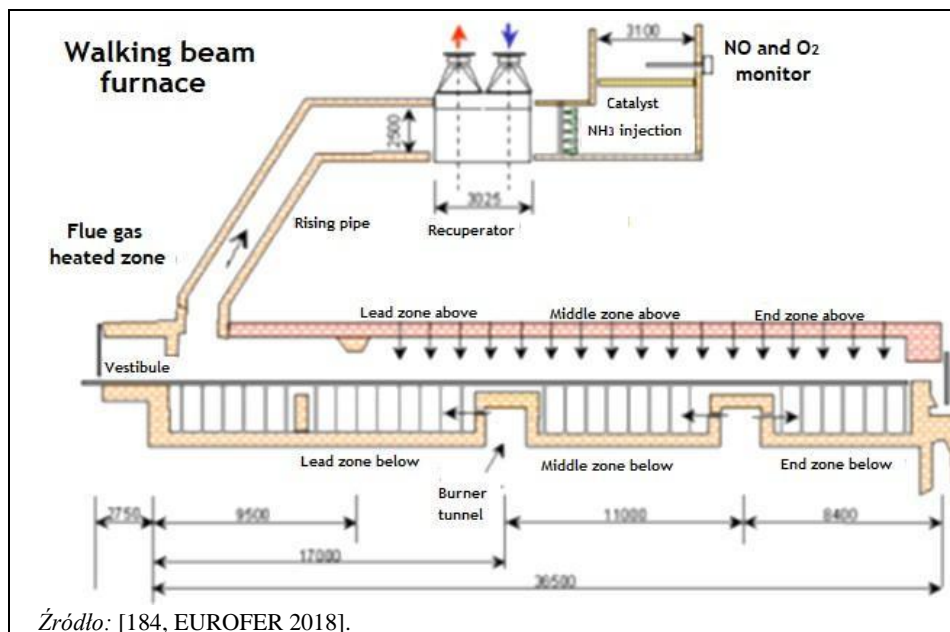
#### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

##### **Przykład: Tata Steel IJmuiden**

Technika SCR jest stosowana zarówno w piecach z belką kroczącą, jak i w piecach popychających, które produkują około 5,5 miliona ton stali walcowanej na gorąco rocznie. Na Rysunku 2.83 przedstawiono konfigurację pieców belkowych kroczących. Zazwyczaj rodzaj stosowanych katalizatorów nadaje się do pracy w zakresie temperatur 270-450 °C. Krótkie okresy temperatur do 500 °C nie szkodzą katalizatorowi. Jednakże w piecach popychaczy występują temperatury w pobliżu katalizatora w zakresie od 300 °C do 550 °C (przy czym średnio przez 75 % czasu temperatura ta wynosi powyżej 520 °C) i dlatego wymagany jest inny rodzaj katalizatora, który będzie odporny na takie temperatury. Ograniczenie emisji NOx przy zastosowaniu tego innego katalizatora jest jednak niższe (około 60 %). [184, EUROFER 2018].

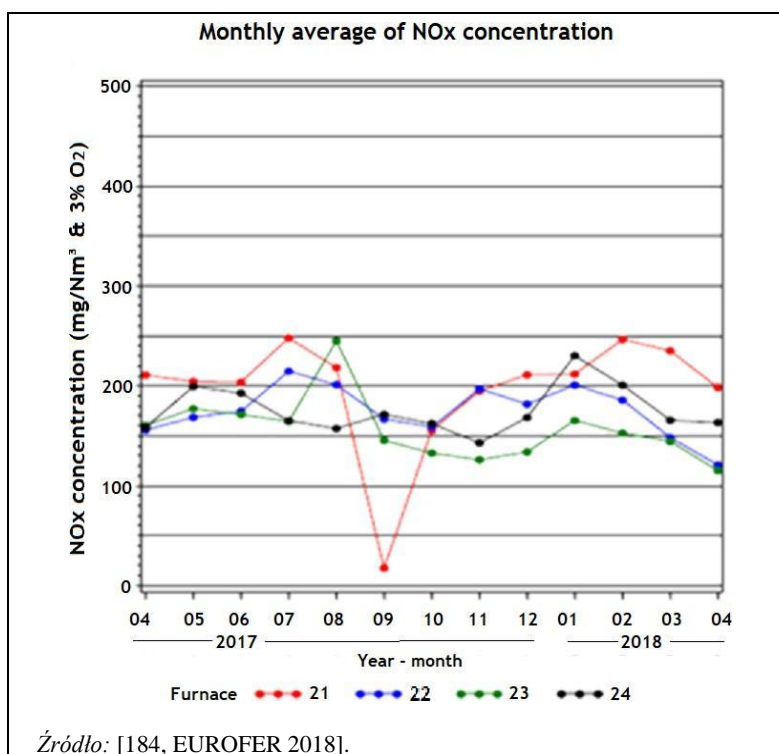
Aby zwiększyć skuteczność ograniczania NOx w piecach popychaczy, stosuje się połączenie SCR i SNCR, co daje ogólny wskaźnik redukcji emisji NOx wynoszący około 75 %. [80, EUROFER 1999] [83, EUROFER 1999].





Rys. 2.83: Schematyczny widok pieca z belką krocącą z De-NOx

Stężenie emisji NO<sub>x</sub> zależy od składu stosowanego paliwa. Zazwyczaj stosuje się gaz ziemny z dodatkiem maksymalnie 60 % gazu koksowniczego (COG). Efektywność redukcji NO<sub>x</sub> w piecu krocącym jest lepsza niż w piecu pchającym. (Patrz rysunek 2.84.) [184, EUROFER 2018].



Rysunek 2.84: Stężenia emisji NO<sub>x</sub> w piecach popychaczowych Tata Steel IJmuiden (nr 21 i 22) z SCR i SNCR oraz w piecach belkowych krocących (nr 23 i 24) z SCR

Istnieje pewna liczba aspektów, które należy rozważyć przy stosowaniu SCR w piecach grzewczych:

- Prawdopodobnie zostaną napotkane pewne problemy praktyczne w zastosowaniu SCR w piecach grzewczych / w piecach do obróbki cieplnej stali, ponieważ tempo produkcji (i w konsekwencji wkład ciepła) i profile temperatury nie są stanem ustalonym. Aby uniknąć



nadmiernego wpływu  $\text{NH}_3$  albo nadmiernych  $\text{NO}_x$  w kominie, ilość wdmuchiwanego amoniaku musiałaby być kontrolowana, aby dopasować ją do szybko zmieniających się natężeń przepływów gazów odlotowych i do stężenia  $\text{NO}_x$  [75, ETSU 1996].

- Technologia SCR wymaga pewnych granic temperatury i wielkości przepływu, które mogłyby nie być osiągnięte w niektórych instalacjach. [52, DK, member TWG, 1999].
- Wymagana temperatura gazów spalinowych, odpowiednia dla SCR może nie być łatwa do osiągnięcia. Jeśli temperatury będą zbyt wysokie, to mogłyby być stosowane powietrze rozcieńczające, chociaż spadek ciągu pieca może być nie do przyjęcia. [75, ETSU 1996]
- W przypadku palników regeneracyjnych sprawność odzysku ciepła z gazów spalinowych uległaby pogorszeniu, gdyby SCR nie można było umieścić w połowie drogi warstwy regeneratora (np. warstwa musiałaby być rozszczepiona). [75, ETSU 1996].
- Wiele zakładów odzyskuje ciepło odpadowe z gazów odlotowych z powodu wydajności cieplnej. Temperatura gazu odpadowego po odzysku leży w zakresie 150 – 210 °C i musi być podwyższona tak, aby katalizator SCR pracował właściwie. W związku z tym może być konieczna regulacja odzysku ciepła odpadowego, np. poprzez przesunięcie ciepła do wymaganego okna temperaturowego [82, EUROFER 1999].
- Przy wyższych stężeniach w gazie odpadowym (np. jeśli olej opałowy będzie stosowany jako źródło energii) byłoby konieczne odpylanie dla ochrony katalizatora. [82, EUROFER 1999].
- W hutach o pełnym cyklu produkcyjnym gazy zakładowe (gaz wielkopieczowy, gaz konwertorowy lub gaz koksowniczy) są stosowane jako paliwa. Zawierają one zwykle zaledwie śladowe ilości cynku lub innych metali, ale mogłyby one zanieczyszczać powierzchnię katalizatora i stopniowo obniżać jego sprawność i skracać żywotność. [82, EUROFER 1999].
- Problemem, jaki może powstać, jest tworzenie się cząsteczek kwaśnego siarczanu amonowego  $(\text{NH}_4) \text{SO}_4$  lub wodorosiarczanu  $(\text{NH}_4) \text{HSO}_4$  przez reakcję nadmiaru amoniaku przeniesionego z reaktora SCR z  $\text{SO}_2$  i  $\text{SO}_3$  za chłodnicą gazów spalinowych. Osadzanie się tych cząsteczek może powodować zanieczyszczanie, erozję i korozję powierzchni wyposażenia za chłodnicą. Tworzenie się siarczanu amonowego jest minimalizowane przez stosowanie nieznacznie podstechiometrycznych ilości  $\text{NH}_3$  (0,9 – 1,0 mola na mol  $\text{NO}_x$ ) w celu tłumienia przenoszenia amoniaku. [99, Davies et al. 1995] [75, ETSU 1996].
- Wdrażając SCR w istniejącej instalacji, należy wziąć pod uwagę dodatkowy spadek ciśnienia i temperatury w przepływie gazów odlotowych, ponieważ może on mieć wpływ na jednostki rekuperatora lub dodatkowe instalacje downstream, na przykład kotły parowe. [184, EUROFER 2018].

### ***Efekty krzyżowe***

- Stosowanie gazu amoniakalnego (transport i przechowywanie mogą być niebezpieczne i podlegają rygorystycznym przepisom bezpieczeństwa).
- Ryzyko zanieczyszczenia powietrza w wyniku poślizgu amoniaku.
- Możliwy wzrost zużycia energii [143, Vercaemst, 1999].
- Możliwy wzrost ilości odpadów; dezaktywowany katalizator, który może być ponownie przetworzony przez producenta. Ten strumień odpadów prawdopodobnie będzie minimalny. [143, Vercaemst, 1999] [110, Oekopol, 1999].

### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

- System SCR zbudowany jako niezależna jednostka wymaga znacznej przestrzeni. W przypadku modernizacji istniejących instalacji, w niektórych przypadkach może to powodować ograniczenia.
- Zastosowanie do istniejących zakładów może być ograniczone przez brak miejsca.
- Zastosowanie może być ograniczone w wyżarzaniu wsadowym ze względu na zmienne temperatury podczas cyklu wyżarzania.

### ***Aspekty ekonomiczne***

Efektywność kosztowa w Tata Steel wynosi 2 euro na kilogram zredukowanego  $\text{NO}_x$ .

### ***Cel wdrożenia***

Przepisy dotyczące ochrony środowiska.

### **Przykładowe zakłady**

Tata Steel IJmuiden (piece typu walking beam i piece pchające).  
110 HR2, 175 HR, 110 HR2, 175 HR, 110 HR2, 175 HR. [150, FMP TWG 2018].

### **Bibliografia**

[80, EUROFER 1999] [83, EUROFER 1999] [150, FMP TWG 2018] [184, EUROFER 2018]  
[75, ETSU 1996] [52, DK, TWG member, 1999] [82, EUROFER 1999] [99, Davies et al. 1995]  
[143, Vercaemst, 1999] [110, Oekopol, 1999].

## **2.4.2.10 Selektywna redukcja niekatalityczna (SNCR)**

### **Opis**

SNCR opiera się na redukcji NO<sub>x</sub> do azotu poprzez reakcję z amoniakiem lub mocznikiem w wysokiej temperaturze. Okno temperatury roboczej jest utrzymywane w zakresie od 800 °C do 1 000 °C dla optymalnej reakcji.

### **Opis techniczny**

Szczegółowy opis techniczny znajduje się w punkcie 8.8.1.5.

### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszona emisja NO<sub>x</sub>.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

#### **Przykład: Outokumpu Stainless**

Na walcowni gorącej taśm dla walcowania kęsisk płaskich ze stali nierdzewnej na taśmy znajdują się dwa piece grzewcze (piece pokroczne), każdy o wydajności 100 t/h, stosujące gaz propan/butan jako paliwo. Piec A, dostarczony przez firmę Stein Heurty, został wdrożony do eksploatacji w 1992 roku, a piec B, dostarczony przez Italimpianti, w 1996 roku.

Ponieważ te piece są największym źródłem NO<sub>x</sub> w zakładzie, podjęto działania na rzecz zmniejszenia tych emisji przez wprowadzenie instalacji SNCR. Instalacja składa się głównie ze zbiornika magazynowego dla amoniaku (25 % roztwór wodny), pomp, rur, lanc wdmuchujących, i skomputeryzowanego systemu pomiarowego i kontrolnego, gdzie amoniak jest dodawany do gazu odlotowego z każdego pieca na bazie ciągłego poziomu NO<sub>x</sub>.

Instalacja została wdrożona do ciągłego działania w październiku 1999 roku i była regulowana przez jesień. Pomiary w styczniu 2000 roku dały następujące wyniki (Nox mierzone jako NO<sub>2</sub>):

	Zawartość NO <sub>x</sub> (mg/MJ paliwa)	Redukcja (%)	NO <sub>x</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )
Piec A.	74	70	205
Piec B	62	30	172 (ucieczka amoniaku 5 mg/Nm <sup>3</sup> )

Wyniki pomiarów są średnimi z przeprowadzonych pomiarów ciągłych w czasie 32 godzin na Piecu A i 42 godzin na Piecu B. Uważa się je za normalne i oczekuje się, że pozostaną one na tych poziomach w działaniu ciągłym.

Powodem, dla którego redukcja w Piecu B jest niższa jest to, że zawartość tlenku azotu bez amoniaku jest niższa niż w Piecu A.

#### **Przykład: Tata Steel IJmuiden**

W Tata Steel IJmuiden technika SCR jest stosowana zarówno w piecach z belką kroczącą, jak i w piecach popychających, które produkują około 5,5 mln ton stali walcowanej na gorąco rocznie. Stopień redukcji NO<sub>x</sub> w piecu belkowym kroczącym wynosi około 80 %. Ze względu na wysoką temperaturę spalin (75 % powyżej 520 °C) stopień redukcji dla pieców popychaczy byłby znacznie niższy (30 %) i

dlatego od 2003 r. stosuje się połączenie SCR i SNCR. Całkowity stopień redukcji dla pieca popychacza (SCR i SNCR) wynosi około 75 %. [80, EUROFER 1999] [83, EUROFER 1999].

Inne źródła podają skuteczność usuwania NO<sub>x</sub> przez SNCR typowo 50 – 60 % z ucieczką 20 – 30 ppm NH<sub>3</sub> [ETSU-GIR-45], ale nawet wyższe redukcje do 85 % są podawane w połączeniu z wdmuchiwaniami amoniaku na palnik regeneracyjny opalany gazem ziemnym. Inne źródła podawały stosowanie amoniaku i mocznika, wdmuchiwanymi do kanału spalinowego palnika (pracującego na podgrzewanym powietrzu o temperaturze 900 °C) spalającego mieszkankę gazową składającą się z gazu wielkopieczowego i gazu koksowniczego. Dla obu odczynników maksymalna redukcja była rzędu 80%. Dane te pochodzą z pieca doświadczalnego o wydajności nie przekraczającej 600 kWt/h, który w tym przypadku był wersją pieca wgłębnego w skali 1/3. [99, Davies et al. 1995].

Zakres (okienko) temperatury dla SNCR wynosi około 850 - 1100 °C (zależnie od odczynnika). Dla tych systemów regeneracyjnych, które posiadają temperatury w piecu dobrze ponad 1000 °C, właściwy zakres temperatury SNCR prawdopodobnie znajduje się w obrębie warstwy regeneratora, co może stać na przeszkodzie w stosowaniu metody. Systemy sterowania byłyby skomplikowane, gdyby istniała potrzeba „podążania” za okienkiem temperatury, które może zmieniać swoje położenie w obrębie pieca/palnika kiedy zmieniają się ilości doprowadzonego ciepła i tempo produkcji. [99, Davies et al. 1995][87, EUROFER 1998].

Podczas wdrażania tej techniki w istniejącej instalacji należy wziąć pod uwagę dodatkowy spadek ciśnienia i temperatury w przepływie gazów odlotowych. Może to mieć wpływ na jednostki rekuperatora lub dodatkowe instalacje downstream, na przykład kotły parowe. [184, EUROFER 2018].

#### ***Efekty krzyżowe***

- Stosowanie gazu amoniakalnego (transport i przechowywanie mogą być niebezpieczne i podlegają rygorystycznym przepisom bezpieczeństwa).
- Ryzyko zanieczyszczenia powietrza w wyniku poślizgu amoniaku.
- Potencjalną wadą techniki SNCR jest tworzenie się siarczynu amonu poprzez przenoszenie nadmiaru NH<sub>3</sub>. Wykorzystanie czystych paliw gazowych, takich jak gaz ziemny, w połączeniu z SNCR powinno pozwolić na uniknięcie zgłaszanych problemów związanych ze związkami adhezyjnymi i korozyjnymi, które mogą wystąpić w przeciwnym wypadku. Może to nie mieć miejsca w przypadku gazów hutniczych zawierających siarkę. [99, Davies et al. 1995].
- Zużycie energii na ogrzanie spalin do temperatury roboczej dla SNCR. [184, EUROFER 2018].

#### **Uwagi techniczne istotne dla możliwości zastosowania [184, EUROFER 2018].**

- Możliwość zastosowania w istniejących zakładach może być ograniczona przez optymalne okno temperaturowe i czas przebywania potrzebny do reakcji.
- Zastosowanie może być ograniczone w wyżarzaniu wsadowym ze względu na zmienne temperatury podczas cyklu wyżarzania.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Efektywność kosztowa w piecach Tata Steel typu walking beam wynosi 2 EUR/kg zredukowanego NO<sub>x</sub>.

#### ***Cel wdrożenia***

Przepisy dotyczące ochrony środowiska.

#### ***Przykładowe zakłady***

Outokumpu Stainless 266 HR, piece z belką chodzącą.

110 HR2, 238 HR, 110 HR2, 238 HR, 110 HR2, 238 HR. [150, FMP TWG 2018].

#### ***Bibliografia***

[99, Davies et al. 1995] [75, ETSU 1996] [79, EUROFER 1999] [87, EUROFER 1998] [80, EUROFER 1999] [83, EUROFER 1999] [150, FMP TWG 2018] [184, EUROFER 2018]

### 2.4.2.11 Zewnętrzna recyrkulacja gazów spalinowych (FGR)

#### **Opis**

Recyrkulacja (zewnętrzna) części spalin do komory spalania w celu zastąpienia części świeżego powietrza do spalania, z podwójnym skutkiem ograniczenia zawartości O<sub>2</sub> dla utleniania azotu i obniżenia temperatury spalania, co ogranicza wytwarzanie NO<sub>x</sub>.

#### **Opis techniczny**

Szczegółowy opis techniczny znajduje się w punkcie 8.8.2.8.

#### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszona emisja NO<sub>x</sub>.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

- W przypadku dogrzewacza płyt stalowych opalanego gazem COG o wydajności co najmniej 140 t/h, redukcja NO<sub>x</sub> wynosząca 51,4 %, 69,4 % i 79,8 % (z poziomu podstawowego 657 mg/m<sup>3</sup>) dla 10 %, 20 % i 30 % FGR podano odpowiednio. [75, ETSU 1996].
- Należy wziąć pod uwagę potencjalny spadek wydajności pieca, a tym samym mniejszą przepustowość, zwłaszcza w przypadku osiągnięcia granicy eksploatacyjnej pieca. [184, EUROFER 2018].
- W niektórych przypadkach może dojść do potencjalnej utraty stabilności płomienia i wyłączenia palnika. [184, EUROFER 2018].
- Przy wymianie części powietrza do spalania na gazy spalinowe o niskiej zawartości tlenu zmniejsza się wydajność palnika i trzeba go obniżyć, aby skompensować. [184, EUROFER 2018].
- Potencjalnie trudne do kontrolowania w przypadkach, gdy skład, a tym samym ilość gazów odlotowych jest zmienna (np. w zintegrowanych obiektach, gdzie wykorzystywane są gazy z instalacji mieszanych).

#### **Efekty krzyżowe**

- Potencjalny wzrost zużycia paliwa (dopóki przepływ i temperatura gazów odlotowych nie zostaną zakłócone przez FGR, wydajność spalania i zużycie paliwa pozostaną takie same, ale oznacza to wzrost temperatury wstępnego podgrzewania powietrza).
- Wzrost zużycia paliwa (a tym samym emisji CO<sub>2</sub>) dla różnych konstrukcji palników wynosi od 1,1 % do 9,9 % (FGR od 10 % do 50 %). [75, ETSU 1996].
- Wyższa emisja tlenu węgla i niespalonych węglowodorów. [184, EUROFER 2018].
- Zwiększona zawartość pary wodnej w produktach spalania może zwiększać skalowanie stali, a tym samym zwiększać potrzebę zbijania zgorzeliny i zwiększać związane z tym emisje do atmosfery oraz generowane przez nią odpady. [184, EUROFER 2018].

#### **Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania**

Zastosowanie do istniejących zakładów może być ograniczone przez brak miejsca.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Dla doposażenia FGR nie podano kosztów.

FGR jest często stosowany wraz z innymi środkami pierwotnymi, takimi jak palniki o niskiej zawartości NO<sub>x</sub>, dlatego trudno jest oszacować koszty samego FGR.

#### **Cel wdrożenia**

Przepisy dotyczące ochrony środowiska.

#### **Przykładowe zakłady**

203 HR, 267 HR, 138 HR1, 156 HR1, 272 HR1, 203 HR2, 113 HR2, 271 HR1.

[150, FMP TWG 2018].

#### **Bibliografia**

#### 2.4.2.12 Optymalna konstrukcja płóz dla redukcji miejsc niedogranych

##### *Opis*

Konstrukcja płóz w piecach do dogrzewania jest zoptymalizowana w celu zminimalizowania śladów poślizgu (np. zimniejsze strefy na dogrzanym surowcu w miejscu położenia płóz) na surowcu za pomocą wózków płóz, przesunięcia płóz lub urządzenia kompensującego ślady poślizgu.

##### *Opis techniczny*

Piece grzewcze są używane do ponownego podgrzewania stalowych kęsów przed walcowaniem na gorąco. Wewnątrz pieców grzewczych płyty stalowe są podtrzymywane przez chłodzone wodą rury z powłoką refrakcyjną, zwane płozami. Płozy mogą do pewnego stopnia blokować promieniowanie ciepłe, co powoduje powstawanie śladów poślizgu na surowcu. W przypadku śladów poślizgu temperatura płyty stalowej na wyjściu z pieca nie jest jednolita, co ma negatywny wpływ na końcową jakość produktu po walcowaniu na gorąco. Płozy stosowane są powszechnie zarówno w piecach pchanych, jak i chodzących piecach belkowych. [222, EUROFER 2020]

W celu zminimalizowania śladów poślizgu na płytach stalowych stosuje się zazwyczaj cztery techniki:

##### Urządzenie do dogrzewania miejsc niedogranych (SMC)

Kęsiska płaskie grzane w piecu przepychowym spoczywają na rurach podporowych (płozach) chłodzonych wodą, które powodują lokalne niedogrzenie (miejsca niedogrzone [skid marks]) na dolnym boku kęsisk płaskich i muszą być wyrównane w czasie ich pobytu w strefie wygrzewania dla uniknięcia zmian grubości wyrobu gotowego.

Czas wygrzewania może być skrócony, jeśli miejsca niedogrzone są ogrzewane odpowiednimi metodami, np. lokalne ogrzewanie indukcyjne (urządzenie do dogrzewania miejsc niedogranych). Straty powodowane przez system chłodzenia i ścianę trzonu są prawie niezmiennie w czasie, bez względu na to, czy piec pracuje pod pełnym obciążeniem, czy pod obciążeniem częściowym.

##### Koniki płóz piecowych

Dodatkowym środkiem do redukcji powstawania miejsc niedogranych jest stosowanie tak zwanych koników płozowych. Są to uchwyty dla chłodzonych wodą płóz piecowych, wykonane ze specjalnego materiału (stop metalowy lub ceramika), które redukują rozpraszanie energii (patrz rysunek 2.85).



Zródło: [222, EUROFER 2020].

Rysunek 2.85: Konstrukcja płóz w piecu grzewczym przed walcowaniem na gorąco

##### Zminimalizowane płozy piecowe

Innym środkiem ograniczającym powstawanie miejsc niedogranych jest optymalizacja kształtu samej płozy w celu zmniejszenia efektu cieniowania obserwowanego podczas ogrzewania materiału

wsadowego od strony dna pieca. Zwyczajową praktyką jest zastąpienie pojedynczej konstrukcji rurowej płozy chłodzonej wodą przez konstrukcję dwururową o znacznie mniejszej średnicy. Taka konstrukcja nosi również nazwę tandemowego płozu poziomego. [222, EUROFER 2020].

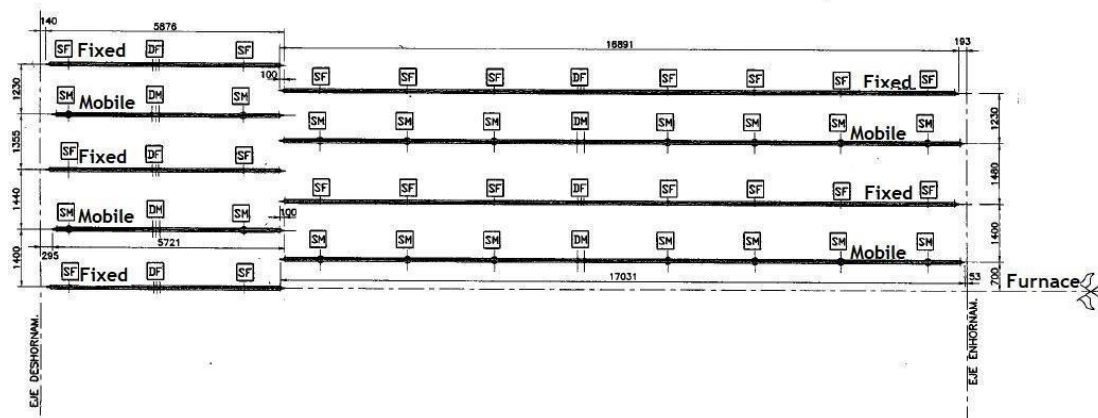


Zródło: [222, EUROFER 2020].

Rysunek 2.86: Konstrukcja płozy dwururowej dla pieców grzewczych

### Przesunięcie płóz

W nowoczesnych piecach pokrocznych płozy podpierające materiał nie są proste na całej długości pieca. Głównie ostatnia sekcja płóz, w pobliżu strony wylotowej pieca, jest przesunięta o zaprojektowane przesunięcie, dla rozłożenia, a przez to zmniejszenia miejsc niedogranych.



Zródło: [222, EUROFER 2020].

Rys. 2.87: Widok z góry na rozmieszczenie płóz w piecu dogrzewającym (prawa część schematu to wejście do pieca, natomiast lewa część to wyjście z pieca)

### ***Korzyści dla środowiska***

- Skrócenie czasu przebywania na palenisku, a w konsekwencji czasu przepustowości, powoduje w przypadku SMC oszczędność energii. Ale podano również, że SMC wymaga dużych nakładów energii na nagrzewanie indukcyjne. [37, Hot Rolling Shadow Group 2000].
- Zastosowanie płóz i/lub zminimalizowanych płóz cieniujących może prowadzić do nieznacznego obniżenia średniej temperatury materiału wsadowego na wyjściu z pieca w połączeniu ze zwiększoną przepustowością. Te dwa efekty przyczyniają się do oszczędności energii. Przesunięcie płozy ma podobny efekt, ale większy wpływ na wydajność pieca i oszczędność energii. [222, EUROFER 2020].

### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Raportowana redukcja z tytułu przesunięcia płóz, dogrzewania miejsc niedogranych lub koników płóz piecowych wyniosła 1% dla zużycia energii i 1% dla emisji NOx. [87, EUROFER 1998].

### ***Efekty krzyżowe***

SMC wymaga dużego nakładu energii na nagrzewanie indukcyjne. [37, Hot Rolling Shadow Group

2000].

#### ***Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania***

- Płozy piecowe, płozy o zminimalizowanym cieniu i przesunięcie płozy dotyczą tylko nowych instalacji, ponieważ muszą być uwzględnione na etapie projektowania.
- Urządzenie do kompensacji śladów poślizgu: Ogólnie rzecz biorąc, nie ma ograniczeń technicznych w zakresie możliwości zastosowania tej techniki.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

#### ***Cel wdrożenia***

- Zwiększona efektywność energetyczna.
- Poprawiona jakość produktu.

#### ***Przykładowe zakłady***

Szeroko stosowany.

#### ***Bibliografia***

[37, Hot Rolling Shadow Group 2000] [87, EUROFER 1998] [222, EUROFER 2020]

### **2.4.2.13 Redukcja straty energii przez urządzenie transportowe wsadu**

#### ***Opis***

Minimalizuje się liczbę konstrukcji podtrzymujących wsad wewnątrz pieca (np. belki, płozy) oraz stosuje się odpowiednią izolację w celu zmniejszenia strat ciepła z chłodzenia wodą tych konstrukcji w piecach z ciągłym dogrzewaniem.

#### ***Opis techniczny***

W piecach grzewczych stosowane jest chłodzenie wodą w celu ochrony pewnych elementów i podtrzymania ich wytrzymałości fizycznej; przykłady obejmują drzwi, nadproża i mechanizm transportowy wsadu lub system podporowy. Elementy chłodzone wodą stanowią istotne źródło straty energii. W szczególności strata przez systemy transportowe w piecach przelotowych (pokrocznych) może stanowić 6 do 12 % wkładu paliwowego w typowych warunkach roboczych. Pod koniec kampanii roboczej pieca, kiedy izolacja chłodzonych elementów zaczyna się degradować, strata może wynosić 20 do 25 %. [73, ETSU 1993] [37, Hot Rolling Shadow Group 2000].

Straty ze strony konstrukcji podporowych wsadu mogą być zminimalizowane na etapie projektowania przez optymalizację/redukcję ilości chłodzonych płóz i podpór i przez zastosowanie odpowiedniej izolacji. [73, ETSU 1993].

#### ***Korzyści dla środowiska***

Odnotowano zmniejszenie strat związanych z chłodzeniem wody o 26,7 GJ/h (co odpowiada oszczędności paliwa o 44,5 GJ/h) [73, ETSU 1993].

#### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

#### ***Efekty krzyżowe***

- 46 % redukcja zużycia wody [73, ETSU 1993].
- Zmniejszone zużycie energii przez mechanizm popychacza [73, ETSU 1993].
- Zmniejszenie śladów poślizgu, poprawa jakości [73, ETSU 1993].

#### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

- Dotyczy tylko nowych zakładów i dużych modernizacji zakładów.
- Dla istniejących pieców optymalizację można przeprowadzić podczas konserwacji materiałów

ogniotrwałych [37, Hot Rolling Shadow Group 2000].

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Zwiększona efektywność energetyczna.

#### **Przykładowe zakłady**

14 HR 55 HR 87 HR 94 HR 2, 99 HR 2, 100 HR 106 HR 110 HR 1, 110 HR 2, 121 HR 127 HR, 133 HR, 152 HR, 157 HR1, 158 HR, 172 HR, 174 HR, 199 HR, 203 HR, 230 HR, 265 HR, 270 HR, 275 HR, 99 HR2, 203 HR [150, FMP TWG 2018].

#### **Bibliografia**

[73, ETSU 1993][37, Hot Rolling Shadow Group 2000][150, FMP TWG 2018].

### **2.4.2.14 Wyparkowe chłodzenie płóz pieca**

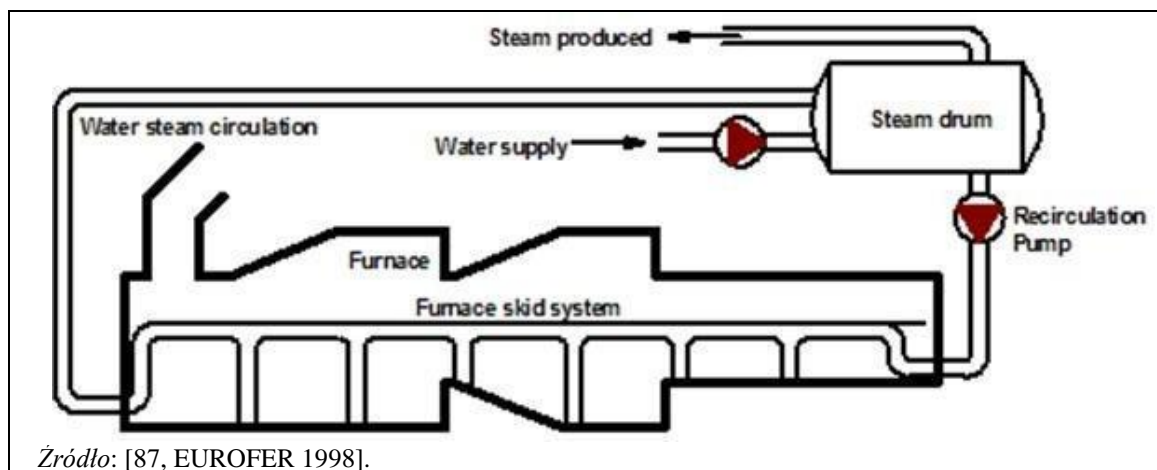
#### **Opis**

Para wodna powstająca podczas chłodzenia płóz podtrzymujących wsad w piecach dogrzewających jest odciągana i wykorzystywana w innych procesach zakładu.

#### **Opis techniczny**

Straty energii z tytułu chłodzenia płóz mogą być wykorzystane do wytwarzania pary. W piecach grzewczych może być zainstalowany zamknięty wymuszony obieg chłodzenia, który wprawia w obieg mieszaninę około 95 % wody i 5 % pary nasyconej.

Para wytwarzana przez chłodzenie płóz podporowych wsadu walcowniczego jest odbierana z obiegu i dostarczana innym użytkownikom do dalszego wykorzystania. [87, EUROFER 1998].



Rysunek 2.88: Typowy schemat chłodzenia wyparkowego pieca.

#### **Korzyści dla środowiska**

Efektywne wykorzystanie energii pozwala zaoszczędzić zasoby, ponieważ na innych etapach nie zużywa się paliwa do produkcji pary i zmniejsza się emisja.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

##### **Przykład:**

**ArcelorMittal Eisenhüttenstad** [103, Van Roosbroeck, 1999].

- średnie ciśnienie robocze w kotle: 23 bar;



- średnia temperatura wody chłodzącej: 222 °C (przy 23 barach);
- możliwa produkcja pary dla turbiny: 10-41 t/h (w zależności od sytuacji materiału ogniotrwałego i warunków pracy pieca);
- moc generatora: 4,16 MW;
- produkcja pary (ładowanie na zimno): 18 t/h;
- produkcja pary (gorące ładowanie): 22 t/h;
- energia odzyskana: b.d.

### **Efekty krzyżowe**

Nie są znane żadne negatywne skutki dla innych mediów.

### **Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania**

Możliwość zastosowania w istniejących instalacjach może być ograniczona brakiem miejsca i/lub odpowiednim zapotrzebowaniem na parę.

### **Aspekty ekonomiczne**

Zgłoszone ogólne dane dotyczące potencjału redukcji i kosztów podano w poniższej tabeli.

Tabela 2.20: Typowo osiągalne redukcje i dane dotyczące kosztów dla wyparkowego chłodzenia pieca.

Wyparkowe chłodzenie płóz pieca	Redukcja <sup>1</sup> [%]	
	NO <sub>x</sub>	Energia <sup>2</sup>
	7	7

Uwagi: Źródło: [87, EUROFER 1998]. Podstawą jest piec o rocznej wydajności 1,5 Mt opalany gazem ziemnym ze standardowymi palnikami i bez wstępnego podgrzewania powietrza. Koszty inwestycji mogą być zależne od miejsca (dostępne pomieszczenie, układ istniejącego pieca, liczba palników bocznych i dolnych).

<sup>1</sup> Wyparne chłodzenie płóz pieca ma znikomy wpływ w połączeniu z rekuperatorami lub z systemami regeneracyjnymi.

<sup>2</sup> Redukcja energii w ujęciu procentowym ma taki sam wpływ na zmniejszenie emisji SO<sub>2</sub>, CO i CO<sub>2</sub>.

Tylko marginalnego efektu można oczekiwać od ewaporacyjnego chłodzenia płóz pieca, gdy jest ono połączone z dobrą izolacją płóz.

### **Cel wdrożenia**

Zwiększona efektywność energetyczna.

### **Przykładowe zakłady**

SSAB, ArcelorMittal Eisenhüttenstad.

### **Bibliografia**

[87, EUROFER 1998] 103, Van Roosbroeck, 1999] [73, ETSU 1993].

## **2.4.2.15 Utrzymanie temperatury podczas przenoszenia surowca**

### **Opis**

Izolowane osłony są stosowane między ciągłym odlewem a piecem grzewczym oraz między młynem wstępnym a wykańczającym.

### **Opis techniczny**

#### **Oszczędność ciepła między piecem do odlewania ciągłego a piecem do dogrzewania**

Skrzynie gorące lub komory izolowane są stosowane do zatrzymywania ciepła w stali i dla stworzenia połączenia pomiędzy źródłem gorącego wsadu i piecem. Półwyroby, które nie mogą być ładowane bezpośrednio (z powodu koordynacji programu i dla zapewnienia luk spowodowanych przerwami produkcyjnymi) są składowane w tej nieogrzewanej, izolowanej cieplnie skrzyni zamiast składowania

na składowiskach pod gołym niebem. Straty ciepłe kęsisk płaskich są mniejsze, a temperatura wsadu jest utrzymywana na wysokim poziomie. Średnio czas składowania kęsisk płaskich wynosi 8 godzin. Temperatura kęsiska płaskiego składowanego w izolowanej komorze jest w przybliżeniu o 220 °C wyższa od temperatury kęsisk płaskich składowanych pod gołym niebem. [87, EUROFER 1998] [73, ETSU 1993].

#### Oszczędność ciepła pomiędzy walcarką wstępną a wykańczającą

Aby zminimalizować straty temperatury w przecie podczas jego transportu z walcowni wstępnej do walcowni wykańczającej oraz aby zmniejszyć różnicę temperatur końcówki czołowej i tylnej przy wejściu do walcowni wykańczającej, stół rolki transferowej może być wyposażony w osłony cieplne. Są to izolowane osłony nakładane na przenośnik. Dla tych rozmiarów, w których wyroby walcowane osiągają granicę wydajności linii walcowniczej, wyposażenie to pozwala uzyskać niższe obciążenia walcowania. Jednakże w przypadku osłon termicznych odnotowano potencjalnie wyższe ryzyko wystąpienia wad powierzchniowych (zgorzeli) oraz potencjalnych uszkodzeń spowodowanych przez zwinięte listwy transferowe.

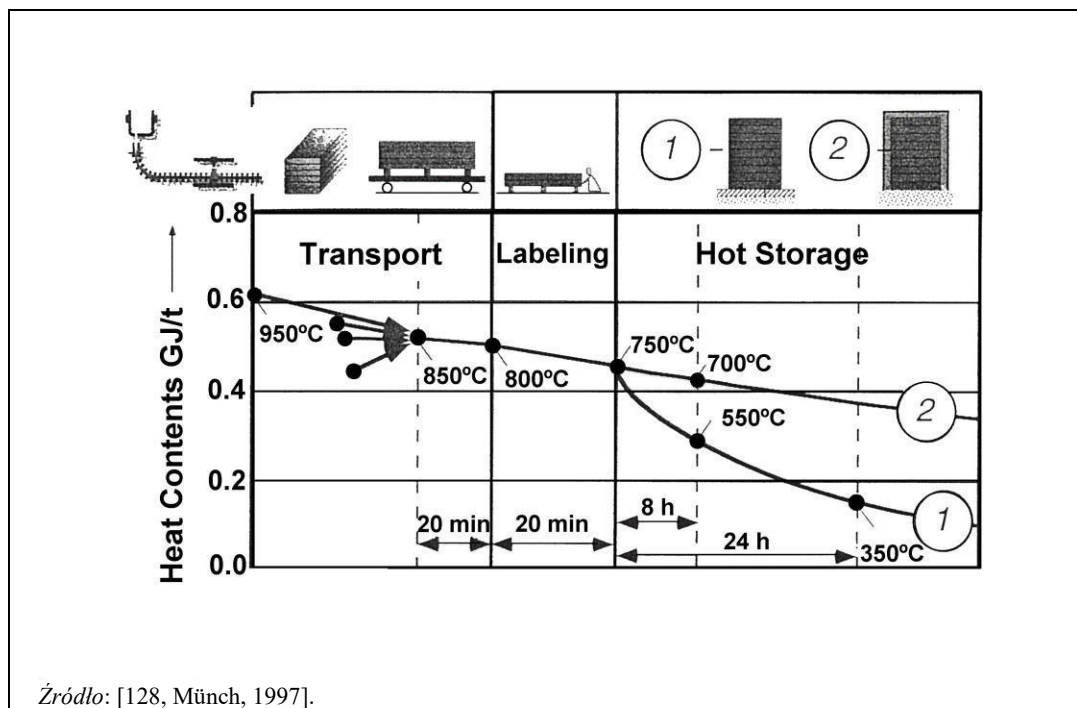
#### ***Korzyści dla środowiska***

- Zmniejszone zużycie energii przy dogrzewaniu.
- Osłony termiczne do transportu kęsów pomiędzy piecem do odlewania ciągłego a piecem do dogrzewania mogą zaoszczędzić około 0,33 GJ/t [50, Rentz et al. 1998].
- Zmniejszona strata temperatury.

#### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

##### Oszczędność ciepła między piecem do odlewania ciągłego a piecem do dogrzewania

Badanie potencjalnych środków podwyższania temperatury kęsisk płaskich, odlewanych ciągle, ładowanych do pieca grzewczego, zostało przeprowadzone w hucie Stahlwerke Bremen z zastosowaniem modelowania numerycznego. Wyniki oparte na symulacji komputerowej i pomiarach dla tej instalacji wykazały, że temperatura w rdzeniu kęsiska płaskiego bezpośrednio po odlewaniu wynosiła około 950 °C. Na drodze do składowiska walcowni gorącej kęsiska płaskie ostygły o 200 °C do 750 °C: podczas czasu składowania 24h temperatura kęsisk płaskich spadała dalej, zachowując jeszcze około 350 °C przy ładowaniu do pieca grzewczego. Przez optymalizację synchronizacji maszyny ciągłego odlewania i planu walcowania można było skrócić czas składowania do jednej trzeciej. Ponadto kęsiska płaskie były przykryte pokrowcami termicznymi z wyłożeniem wełną mineralną o grubości 50 mm. Wykazano, że podczas 8-godzinnego składowania, zaczynając od 750 °C, można było utrzymać temperaturę 700 °C do ładowania. W porównaniu ze starą praktyką ładowania (350 °C) przedstawiało to wkład dodatkowej energii do pieca na poziomie 0,26 GJ/t, z czego połowa wynikała ze skrócenia czasu składowania, a połowa z izolacji cieplnej. [128, Münch, 1997].



Rysunek 2.89: Zmodyfikowane składowanie w celu zwiększenia temperatury ładowania

#### Oszczędność ciepła pomiędzy walcarką wstępną a wykańczającą

Oslony ciepłe na stołach transferowych wiążą się z wysokimi kosztami utrzymania, ponieważ osłony łatwo ulegają uszkodzeniu przez kobel. [37, Hot Rolling Shadow Group 2000].

#### ***Efekty krzyżowe***

Nie są znane żadne negatywne skutki dla innych mediów.

#### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Generalnie do zastosowania w ramach ograniczeń wynikających z układu instalacji.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

- Zwrot z inwestycji w ciągu 1 roku w VA Stahl Linz [ComA].
- Koszty inwestycyjne w wysokości 2 mln EUR zgłoszone przez Voesta [103, Van Roosbroeck, 1999].

#### ***Cel wdrożenia***

- Zwiększona wydajność pieców i walcowni.
- Zwiększona szybkość ładowania na gorąco w związku z CAQC. [16, AT, member TWG, 1999].
- Zwiększona wydajność.

#### ***Przykładowe zakłady***

##### Oszczędność ciepła między piecem do odlewania ciągłego a piecem do dogrzewania

- VA Stahl Linz, (maksymalnie 5 000 t), Austria [103, Van Roosbroeck, 1999].
- HADEED, Arabia Saudyjska [16, AT, member TWG, 1999].
- 08-09 HR, 11 HR, 38 HR, 55 HR, 100 HR, 110 HR2, 139 HR, 152 HR, 158 HR, 174 HR, 175 HR, 178 HR, 202 HR, 222 HR, 246 HR2, 265 HR, 287 HR, 288 HR [150, FMP TWG 2018]

##### Oszczędność ciepła pomiędzy walcarką wstępną a wykańczającą

12 HR, 38 HR, 66 HR, 88 HR, 94 HR1, 99 HR2, 100 HR, 106 HR, 121 HR, 126 HR, 127 HR, 174 HR, 178 HR, 196 HR, 197 HR, 222 HR, 230 HR, 231 HR, 241 HR, 266 HR, 288 HR [150, FMP TWG 2018].

## Bibliografia

[87, EUROFER 1998] [73, ETSU 1993] [50, Rentz et al. 1998] [128, Münch, 1997] [103, Van Roosbroeck, 1999] [150, FMP TWG 2018] [16, AT, TWG member 1999] [37, Hot Rolling Shadow Group 2000].

### 2.4.2.16 Ładowanie gorącego wsadu/walcowanie bezpośrednie

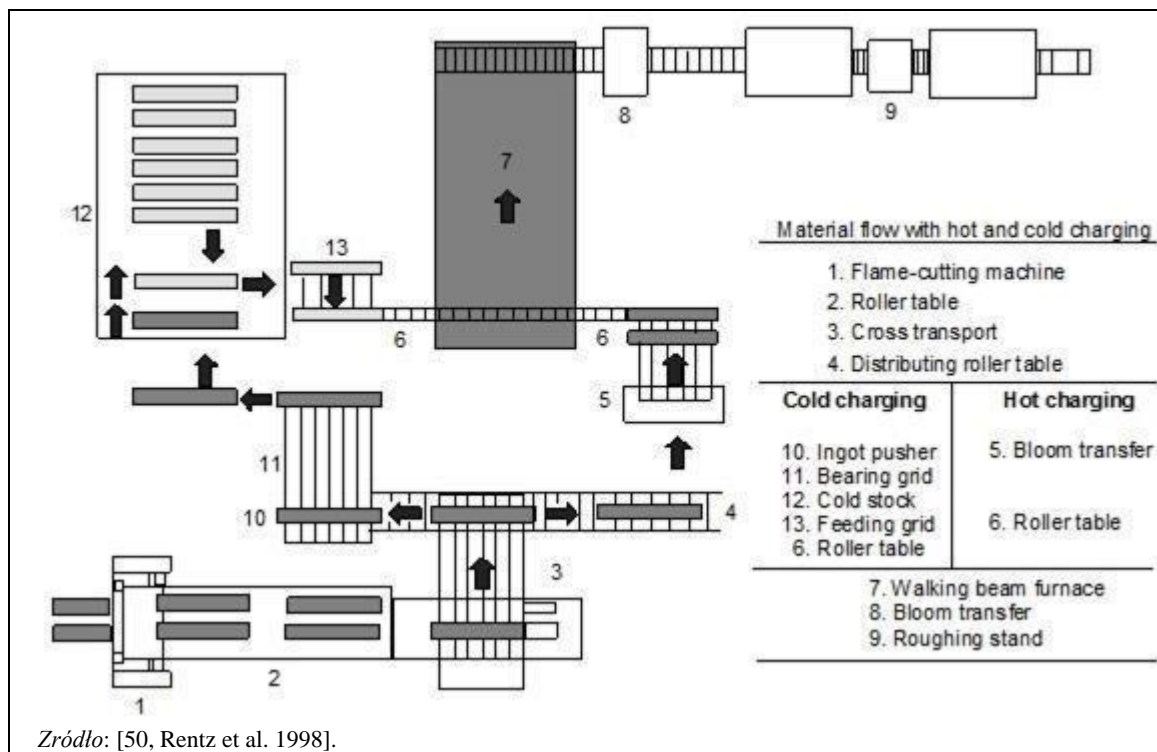
#### Opis

Wyroby stalowe odlewane w sposób ciągły są bezpośrednio ładowane na gorąco do pieców grzewczych lub bezpośrednio przekazywane do walcowni w warunkach gorących.

#### Opis techniczny

W przeciwieństwie do konwencjonalnego procesu (magazynowanie i chłodzenie materiału), ciepło resztkowe z odlewanych w sposób ciągły płyt, kęsów, półwyrobów belkowych lub kęsów jest wykorzystywane poprzez załadunek bezpośredni (z zawartością ciepła resztkowego) do pieców grzewczych. Ładowanie na gorąco odnosi się do temperatur ładowania 300-600 °C. Ładowanie bezpośrednie odnosi się do temperatur 600 - 850 °C. Techniki te mogą być stosowane tylko wtedy, gdy jakość powierzchni jest na tyle dobra, że nie jest wymagane chłodzenie i szalowanie oraz gdy programy produkcyjne stalowni i walcowni gorącej mogą być odpowiednio dostosowane. Komputery sterujące służą do koordynacji produkcji obu wydziałów zgodnie z zamówieniami klientów oraz do przygotowania harmonogramów walcowania.

Rysunek 2.90 przedstawia możliwy przepływ materiału w zakładzie umożliwiającym zarówno ładowanie na zimno, jak i ładowanie ciepłe (bezpośrednie) lub gorące. Zoptymalizowany system planowania i sterowania produkcją, synchronizujący harmonogramy produkcji stalowni i walcowni, może osiągnąć udział ładowania bezpośredniego na poziomie ponad 60 % w temperaturze około 800 °C.



Rysunek 2.90: Przepływ materiału: ładowanie na zimno i na gorąco

#### Korzyści dla środowiska

- Zmniejszenie zużycia energii (oszczędność paliwa).

- Redukcja emisji SO<sub>2</sub>, CO i CO<sub>2</sub>.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Tabela 2.21 ilustruje wpływ ładowania na gorąco na zużycie energii i czas produkcji w przypadku ładowania na gorąco. W przedstawionych przykładach potencjał produkcyjny został zwiększony o 10 % dla temperatury ładowania na gorąco wynoszącej 400 °C oraz o 25 % dla temperatury ładowania wynoszącej 700 °C.

Tabela 2.21: Wpływ ładowania na gorąco na zużycie paliwa i czas pobytu.

<b>Temperatura ładowania</b>			
	<b>20 °C</b>	<b>400 °C</b>	<b>700 °C</b>
<b>Konkretnie</b> zuży <b>cie energii (paliwo)</b>	1,55 GJ/t	1,25 GJ/t	0,94 GJ/t
<b>Procentowa redukcja</b>	0 %	19 %	39 %
<b>Ciepło do stali</b>	0,80 GJ/t	0,56 GJ/t	0,37 GJ/t
<b>Czas przebywania w piecu<sup>1</sup></b>	100 min	90 min	75 min
<sup>1</sup> Przykład na podstawie: kęsy, stal miękka, piec popychaczowy górny, temperatura wylotowa 1 200 °C. Źródło:[74, ETSU - b 1993].			

### **Przykłady**

**ArcelorMittal Eisenhuttenstadt** ładowanie płyt na gorąco [218, EUROFER 2020]

- procent ładowania na gorąco: 15 % (2019);
- średnia temperatura ładowania płyt: 750 °C;
- oszczędność energii: 0,6 GJ/t przy zastosowaniu ładowania bezpośredniego (0,1 GJ/t średnio w całej produkcji).

**Liberty Steel, Ostrawa:** prawie 100 % bezpośredniego ładowania w 850 °C. [218, EUROFER 2020].

- Jednostkowe zużycie energii: 0,85 GJ/t.

**Imatra Steel, Imatra** gorące ładowanie bloomów

- gatunki stali inżynierskiej, kęsy / pręty ciężkie<sup>74</sup> / 26 %;
- procent ładowania gorącą trasą 91-93 %;
- bezpośrednie ładowanie na gorąco 700-900 °C;
- ładowanie poprzez gorący bufor (opalany gazem ziemnym) 700 °C;
- temperatura nasączenia 1 250-1 290 °C;
- jednostkowe zużycie energii: 0,87 GJ/t (średnia dla produkcji 1998 r. (98 % gazu ziemnego + 2 % energii elektrycznej) z uwzględnieniem gorącego bufora, ładowania na zimno, weekendów i energii do oświetlenia).

Używany jest gorący bufor:

- wyeliminowanie skutków krótkich przestojów w walcowni;
- aby zrównoważyć różnicę prędkości produkcji podczas walcowania prętów (prędkość odlewania nie może być obniżona, aby dopasować się do prędkości starej walcarki);
- do powolnego podgrzewania zimnych kwiatów w weekendy.

### **Efekty krzyżowe**

- Skrócony czas przebywania masy w piecu.
- Wyższe wskaźniki produkcji (np. 10-25 %).
- Poprawa wydajności i jakości produktu dzięki zmniejszeniu zgorzeli i odwęglania.
- Redukcja odpadów w kolejnych procesach, np. odkamienianie.
- Temperatura spalin może wzrosnąć. [74, ETSU - b 1993].

**Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Dotyczy tylko zakładów sąsiadujących z odlewem ciągłym i w ramach ograniczeń wynikających z układu zakładu i specyfikacji produktu.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Zmniejszone zużycie energii.

### **Przykładowe zakłady**

- Walcownie taśm na gorąco: 37 HR, 94 HR, 97 HR, 106 HR, 110 HR2, 118 HR, 121 HR, 222 HR, 265 HR
- Młyny belkowe: 91 HR, 99 HR2, 108 HR1, 108 HR2, 109 HR.
- Młyny do produkcji prętów / walcówki: 288 HR, 202 HR, 140 HR
- Młyny do prętów: 14 HR, 66 HR, 99 HR, 101 HR, 139 HR, 140 HR, 202 HR, 203 HR, 231 HR, 248 HR, 273 HR.

### **Bibliografia**

[70, Kirk 1995] [129, Hendricks et al., 1998] [87, EUROFER 1998] [150, FMP TWG 2018].  
[74, ETSU - b 1993] [218, EUROFER 2020]

#### **2.4.2.17 Odlewanie bliskie kształtowi końcowemu wyrobu/odlewanie cienkich kęsisk płaskich**

### **Opis**

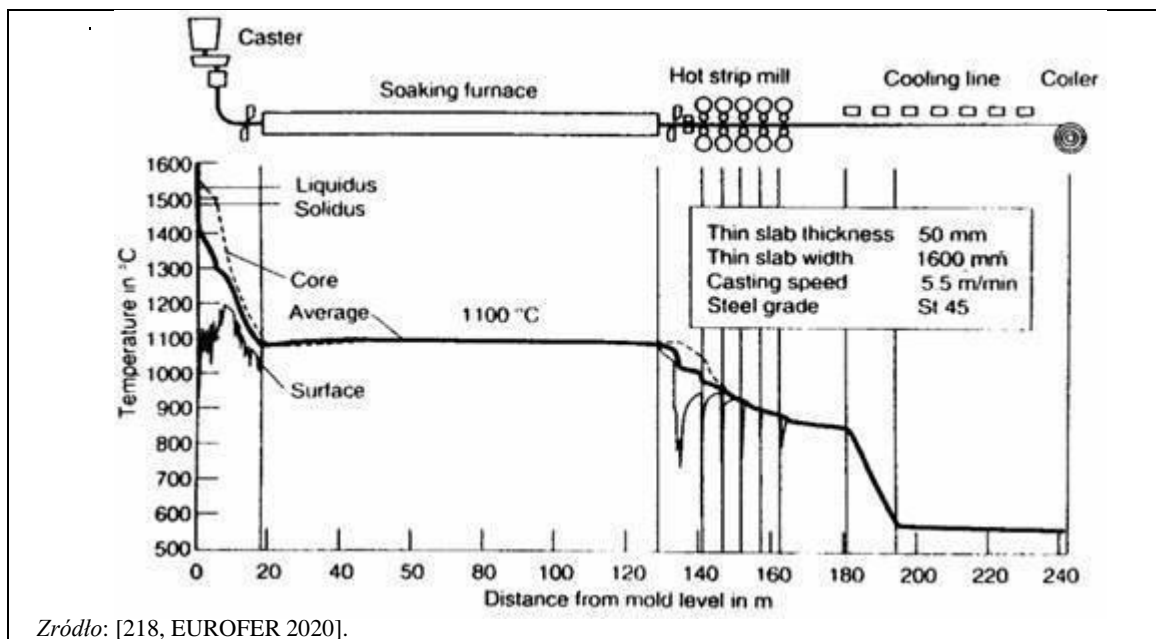
Cienkie płyty są produkowane poprzez połączenie odlewania i walcowania w jednym etapie procesu. Zmniejsza się potrzeba ponownego podgrzewania materiału przed walcowaniem oraz liczba przejść walcowania.

### **Opis techniczny**

Odlewanie w kształcie zbliżonym do siatki to proces odlewania metalu do postaci zbliżonej do wymaganej dla wyrobu końcowego. W przypadku produkcji wyrobów płaskich, odlewanie w kształcie zbliżonym do siatki polega na zastosowaniu szeregu zaawansowanych technik ciągłego odlewania cienkich płyt, w których grubość produkowanej płyty jest maksymalnie zredukowana do wymaganego kształtu wyrobu końcowego. Ogólnie rzecz biorąc, odlewanie w kształcie zbliżonym do siatki integruje odlewanie i walcowanie stali na gorąco w jednym etapie procesu, zmniejszając tym samym potrzebę ponownego podgrzewania stali przed jej walcowaniem. [183, Worrell i in., 2010].

W przypadku produkcji wyrobów płaskich, płynna stal jest zazwyczaj odlewana w płyty o grubości w zakresie 150-300 mm. Cienkie płyty (zakres 15-90 mm) są produkowane poprzez połączenie odlewania i walcowania w jednym etapie procesu. Jest to krok naprzód w kierunku uproszczenia arkusza przepływów produkcyjnych. Potrzeba ponownego podgrzewania materiału wsadowego przed walcowaniem oraz liczba przejść walcowania są znacznie zredukowane, podobnie jak całkowita długość walcarki. Podstawową koncepcją jest osiągnięcie optymalnej efektywności kosztowej zarówno pod względem nakładów kapitałowych, jak i operacyjnych. [218, EUROFER 2020].

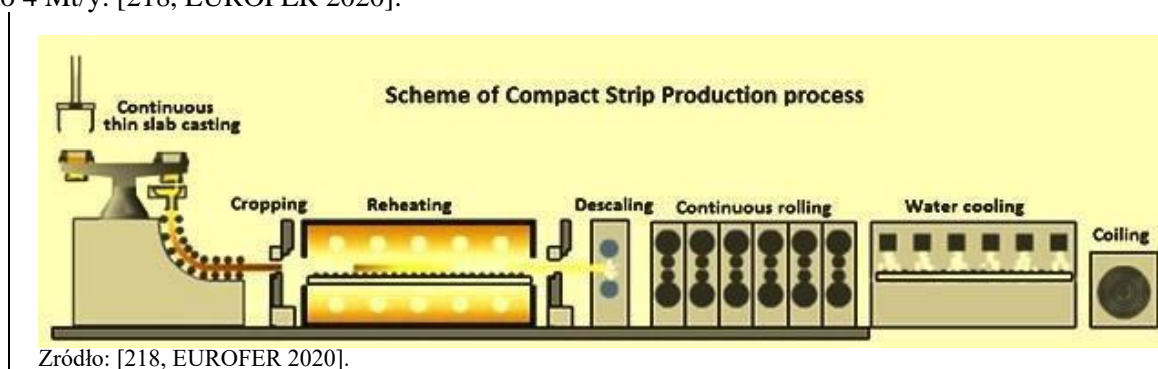
Dostępne rozwiązania techniczne różnią się głównie grubością płyt, od 15 mm do 90 mm (konwencjonalne zakresy grubości 150-300 mm), techniką nagrzewania oraz powiązaniem pomiędzy odlewnią a walcownią gorącą. Typową ewolucję temperatury dla odlewania cienkich płyt, po którym następuje walcowanie, pokazano na rysunku 2.91.



Rysunek 2.91: Typowa ewolucja temperatury podczas odlewania cienkich płyt, a następnie walcowania

Do dostępnych technik odlewania cienkich płyt należą:

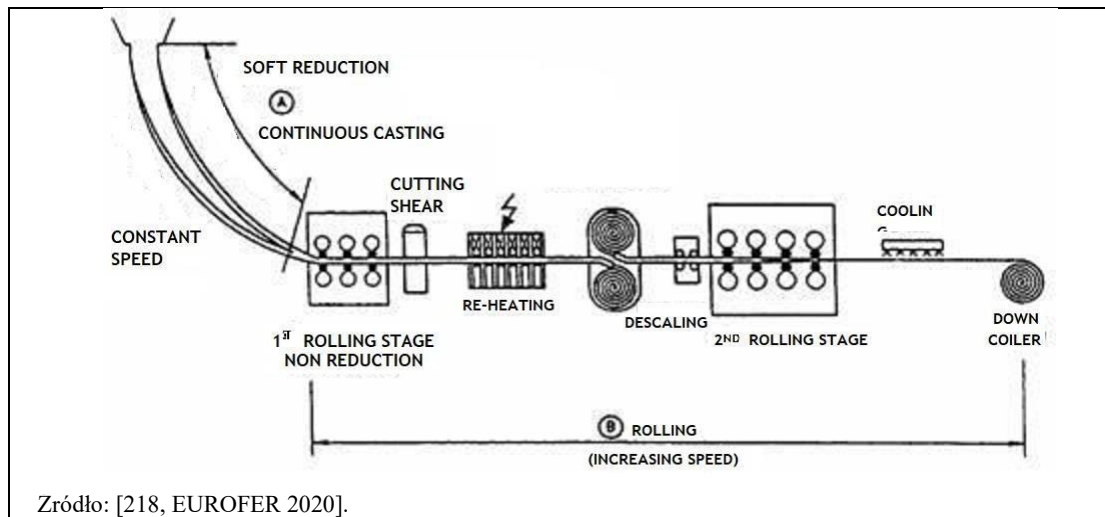
- **Kompaktowa produkcja taśm (CSP):** przy użyciu form typu lejkowego o grubości odlewu około 50 mm. Odlewnia jest sprzężona z nożycami wahadłowymi i piecem tunelowym. Można zainstalować równolegle do trzech taśm, które zasilają jedną walcarkę wykańczającą poprzez urządzenie do przenoszenia cienkich płyt. Po walcowni wykańczającej (składającej się z 5 do 7 stanowisk) następuje chłodzenie taśmy i zwijarki. Grubość taśmy wynosi od 1 mm do 15 mm, a szerokość od 800 mm do 1 850 mm. Wydajność jednej nitki CSP wynosi do 1,5 Mt/y, dwóch nitki do 3 Mt/y, a 3 nitki do 4 Mt/y. [218, EUROFER 2020].



Rysunek 2.92: Schemat procesu produkcji taśm kompaktowych (CSP)

- **Produkcja taśm w linii (ISP):** odlane pasmo o grubości około 60 mm poddawane jest miękkiej redukcji (na płynnym rdzeniu) za pomocą walców znajdujących się pod formą, a następnie trzystanowiskowego młyna wstępnego, kształtującego zestalone pasmo, tworząc płytę o grubości około 15-20 mm. Cienka płyta jest cięta na długość i ponownie podgrzewana w kompaktowym piecu indukcyjnym połączonym z kręgielnią, a następnie w młynie wykańczającym. Zakres grubości taśmy wynosi 1-6 mm przy maksymalnej szerokości 1 300 mm. Maksymalna produkcja wynosi około 1,2-1,5 Mt/rok. [218, EUROFER 2020].

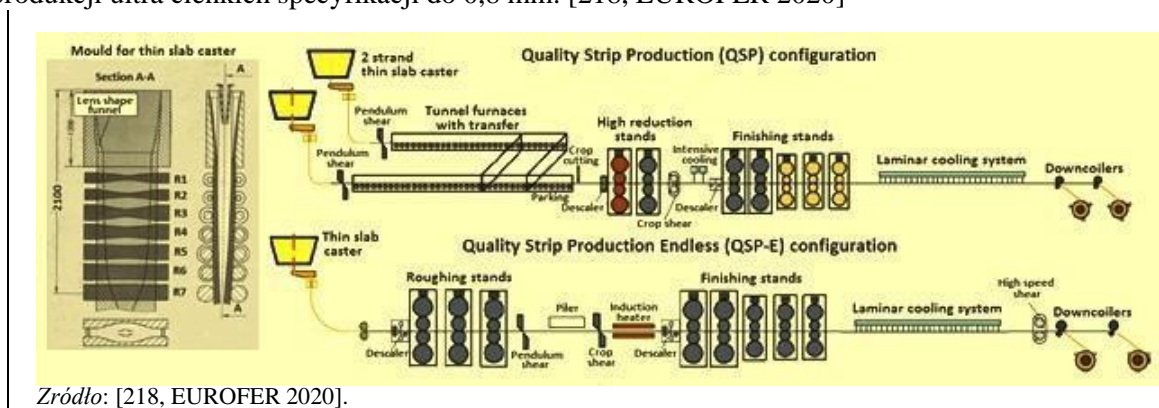




Rysunek 2.93: Schemat procesu produkcji taśmowej w trybie Inline (ISP)

- **Ciągłe odlewanie i walcowanie cienkich płyt (CONROLL):** przy użyciu prostych równoległych form o grubości odlewu 70-80 mm. Odlewnia połączona jest z walcownią wykańczającą (do siedmiu stanowisk) za pośrednictwem pieca do dogrzewania walców. Grubość końcowa mieści się w zakresie 2- 20 mm. Konstrukcja nadaje się szczególnie do stali nierdzewnej, ale można również produkować inne stale wysokostopowe, niskostopowe o wysokiej wytrzymałości (HSLA) i krzemowe. [218, EUROFER 2020]

- **Odlewanie i walcowanie elastycznych cienkich płyt (FTSC-FTSR):** Po uzyskaniu grubości odlewu (zakres 65-90 mm) następuje walcowanie złożone z walcarki wstępnej (1-3 stanowiska) i wykańczającej (do 6 stanowisk). Walcownia pracuje z bardzo dużą prędkością w celu zwiększenia wydajności. Sprawdzona wydajność to 2 Mt/r z jedną nitką i 3 Mt/r z dwiema nitkami. Niedawno FTSC opracowała dwie różne koncepcje układu, nazwane Quality Strip Production (QSP) i Quality Strip Production Endless (QSP-E). W QSP, zakład z jednym lub dwoma kółkami jest połączony z walcownią poprzez piec(i) tunelowy(e), który(e) gwarantuje(a) wystarczający czas buforowy w przypadku przestoju w walcowni. Konstrukcja umożliwia dużą elastyczność w zakresie asortymentu wyrobów: stal ultraniskowęglowa, HSLA, krzemowa. W QSP-E odlewanie jest ograniczone do jednej nitki, z możliwością walcowania bez końca. Zakład jest niezwykle kompaktowy, szczególnie dedykowany do produkcji ultra cienkich specyfikacji do 0,8 mm. [218, EUROFER 2020]

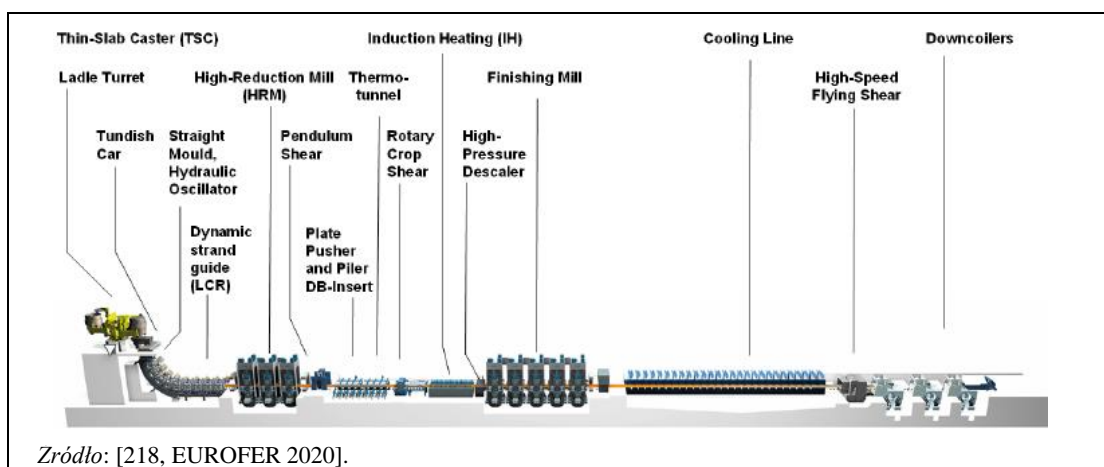


Rysunek 2.94: Konfiguracje koncepcji Quality Strip Production (QSP) i Quality Strip Production Endless.

- **Produkcja taśm bezkońcowych (ESP):** Z formą odlewniczą 90 mm i miękką redukcją do 70 mm, płyta jest sprzężona z 3-stanowiskową walcarką wstępną, a następnie z nagrzewnicą indukcyjną i walcarką wykańczającą. Dzięki obrotowym nożycy do zbiorów umieszczonym tuż przed nagrzewnicą indukcyjną i szybkim nożycy latającym przed zwijarkami, ESP umożliwia zarówno walcowanie pół-, jak i całkowicie bezkońcowe, przy minimalnej grubości 0,8 mm. Konfiguracja jest niezwykle



kompaktowa (190 m łącznie), co optymalizuje zużycie energii zarówno przy dogrzewaniu, jak i walcowaniu. Wydajność produkcyjna wynosi 1,7 Mt/y dla konstrukcji o szerokości 1 300 mm i 2,5 Mt/y dla szerokości 1 600 mm. Ogólnie rzecz biorąc, koncepcje ESP i QSP-E są bardzo podobne. [218, EUROFER 2020].



Rysunek 2.95: Schematyczny widok procesu produkcji taśm bezkońcowych (ESP)

### **Korzyści dla środowiska**

- Zmniejszone zużycie energii zarówno przy dogrzewaniu jak i walcowaniu na gorąco.
- Poprawa plonów.
- Zmniejszone zużycie wody.
- Tłumienie procesu walcowania na zimno w przypadku bardzo cienkich specyfikacji (zakres 0,8-1,2 mm).

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Produkcja taśm o grubości 1-3 mm poprzez konwencjonalne odlewanie płyt - przy temperaturze załadunku do pieca wynoszącej 20 °C i temperaturze wylotu wynoszącej 1 200 °C - wymaga jednostkowego zużycia energii na poziomie 1,67 GJ/t. Linia odlewania cienkich płyt - z temperaturą załadunku do pieca 960 °C i wylotem w temperaturze 1 150 °C - ma jednostkowe zużycie energii 0,50 GJ/t.

Większość gatunków stali może być produkowana poprzez odlewanie cienkich płyt, a następnie walcowanie, z pewnymi ograniczeniami w przypadku samochodowych części narażonych na działanie czynników zewnętrznych i produktów opakowaniowych. [218, EUROFER 2020].

### **Gatunki odlewane metodą cienkich płyt (produkcja komercyjna):**

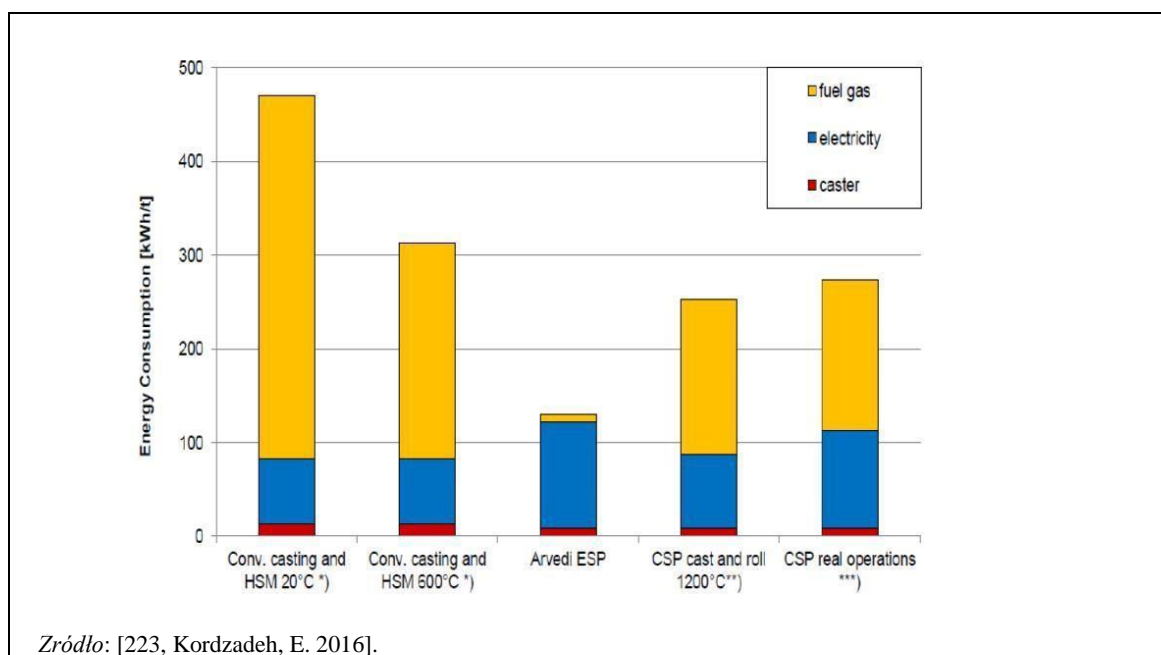
- Stale węglowe zwykle poza zakresem perytycznym (CSP).
- (0,065-0,15 %C) (CSP).
- Wysokostopowe i nierdzewne (CSP).
- Stale konstrukcyjne niestopowe (ISP).
- Stale konstrukcyjne stopowe (ISP).
- Stale do rur przewodowych (HSLA) (ISP).
- Stale do rur do pól naftowych (ISP).
- Wysokostopowe stale austenityczne i ferrytyczne (ISP)
- Stale nierdzewne CONROLL [108, Brimacombe et al., 1996].
- Stal o niskiej i bardzo niskiej zawartości węgla (CSP) [130, Albedyhl i in., 1998] [4, www.algoma.com 1998].
- Gatunki stali C o zawartości > 0,22 %.
- Stal konstrukcyjna o wysokiej wytrzymałości (mikro- i niestopowa).
- Gatunki do głębokiego tłoczenia stali.
- Stale mikrostopowe Nb.

- Stale konstrukcyjne ze stopu Cu [108, Brimacombe et al., 1996].

Odlewanie o kształcie zbliżonym do siatki jest stosowane do produkcji :

- stal niskowęglowa, niestopowa i mikrostopowa stal konstrukcyjna o podwyższonej wytrzymałości oraz stal C > 0,22 % [130, Albedyhl i in., 1998];
- wysokiej jakości stal nierdzewna (gatunki austenityczne, ferrytyczne, jak również martenzytyczne (BHM, 142Jg. 1997, Heft 5, 210 - 214) [16, AT, member TWG, 1999].

Na rysunku 2.96 przedstawiono przykłady zużycia energii przez konwencjonalne walcownie taśm gorących oraz zakłady wykorzystujące proces produkcji CSP lub ESP.



Rysunek 2.96: Zużycie energii dla konwencjonalnych walcowni taśm gorących (HSM) w porównaniu z procesami produkcyjnymi ESP i CSP.

### ***Efekty krzyżowe***

Nie są znane żadne negatywne skutki dla innych mediów.

### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Dotyczy tylko zakładów sąsiadujących z odlewem ciągłym i w ramach ograniczeń wynikających z układu zakładu i specyfikacji produktu.

Na przykład, odlewanie w kształcie zbliżonym do siatki nie ma zastosowania do ciężkich płyt, taśm, części odkrytych dla np. motoryzacja i opakowania. [206, EUROFER 2019].

### ***Aspekty ekonomiczne***

Technika odlewania cienkich płyt skutecznie otworzyła rynek wyrobów walcowanych płaskich dla mini walcowni. Wdrożenie tej technologii powoduje zmniejszenie rozmiarów odlewni i skrócenie długości walcarki gorącej, co skutkuje oszczędnościami kosztów kapitałowych. Taśma gorąca, w segmencie powierzchni niekrytycznych, może być ekonomicznie produkowana z wydajnością do 2 Mt/rok przy zastosowaniu odlewu jednopasmowego, 3 Mt/rok przy zastosowaniu odlewu dwupasmowego i do 3,5 Mt/rok przy zastosowaniu odlewu trypasmowego.

### ***Cel wdrożenia***

- Zwiększona wydajność zakładu.

### **Przykładowe zakłady**

110 HR1, 112 HR, 173 HR, 243 HR [150, FMP TWG 2018]

Tabela 2.22: Zakłady odlewania cienkich płyt w UE działające w 2020 r.

Zakład	Kraj	Technologia	Grubość płyty (mm)	Wydajność zakładu (Mt/y)	Minimalna grubość (mm)	Data rozpoczęcia
ArcelorMittal, Sestao	ES	CSP	50	1.8	1.0	1996
ThyssenKrupp Stahl, Bruckhausen	DE	CSP	50	1.8	1.0	1999
Acciai Speciali, Terni (Stainless)	IT	CSP	60	1.0	1.5	2001
Arvedi	IT	ISP	60	1.2	1.0	1992
Tata Steel, IJmuiden	NL	ISP	70	1.3	0.8	2000
Arvedi	IT	ESP	70	2.3	0.8	2009

Zródło: [218, EUROFER 2020].

### **Bibliografia**

[183, Worrell et al., 2010] [37, Hot Rolling Shadow Group 2000][108, Brimacombe et al., 1996] [130, Albedyhl et al., 1998] [4, www.algoma.com 1998] [16, AT, TWG member, 1999] [150, FMP TWG 2018] [127, Grobe et al., 1996] [218, EUROFER 2020] [223, Kordzadeh, E. 2016] [206, EUROFER 2019].

#### **2.4.2.18 Odlewanie bliskie kształtowi końcowemu/odlewanie profili wstępnych dwuteowych**

##### **Opis**

Wykroje dwuteowe są produkowane poprzez połączenie odlewania i walcowania w jednym etapie procesu. Zmniejsza się potrzeba ponownego podgrzewania materiału przed walcowaniem oraz liczba przejść walcowania.

##### **Opis techniczny**

Odlewanie profili ma podobne zalety w produkcji profili dwuteowych, jak odlewanie cienkich płyt w produkcji wyrobów płaskich, w tym niższe koszty walcowania, wyższą wydajność i mniejsze zużycie energii.

Inna – bardziej powszechna – forma ‘odlewanie bliskie kształtowi końcowemu’ jest stosowana w dziedzinie walcowania wyrobów długich ze stali konstrukcyjnej. Zamiast tradycyjnego kęsiska z przekrojem prostokątnym lub kwadratowym maszyna ciągłego odlewania produkuje profil wstępny o kształcie H, I lub dwuteowym.

##### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszony nakład energii na dogrzewanie i walcowanie.

##### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

### ***Efekty krzyżowe***

Nie są znane żadne negatywne skutki dla innych mediów.

### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Dotyczy tylko zakładów sąsiadujących z odlewem ciągłym i w ramach ograniczeń wynikających z układu zakładu i specyfikacji produktu.

### ***Aspekty ekonomiczne***

Odlewanie półwyrobów z belki zapewnia kilka korzyści ekonomicznych, w tym zmniejszenie kosztów walcowania w walcowni wstępnej przy około 30 % niższych kosztach inwestycyjnych, 15 % zwiększonej produktywności, 1,5 % większy uzysk i 55 % mniejsze zużycie energii na stanowisku wstępnym. [166, Hoedl et al., 2003].

### ***Cel wdrożenia***

- Zwiększony plon w kasterze ciągłym dzięki zmniejszeniu ilości materiału do uprawy.
- Zwiększona specyficzna wymiana ciepła w piecu grzewczym.
- Skrócenie czasu procesu walcowania, wzrost wydajności [36, Hot Rolling Shadow Group 1999].

### ***Przykładowe zakłady***

- Stahlwerke Thueringen (Niemcy). [129, Hendricks et al., 1998].
- ArcelorMittal Belval/Differdange (Luksemburg).
- ArcelorMittal Olaberria (Hiszpania).
- 91 HR, 99 HR2, 108 HR1, 108 HR2, 109 HR. [150, FMP TWG 2018]

### ***Bibliografia***

[36, Hot Rolling Shadow Group 1999][125, Klose i in., 1994] [129, Hendricks i in., 1998].  
[150, FMP TWG 2018] [166, Hoedl et al., 2003].

## **2.4.2.19 Ogólne techniki zwiększania efektywności energetycznej ogrzewania i techniki odzyskiwania ciepła z gazów spalinowych**

W odniesieniu do technik, które należy uwzględnić przy ustalaniu BAT, zob. zastosowane techniki opisane w rozdziale 8 (pkt 8.5, 8.5.3 i 8.5.4)

## **2.4.3 Usuwanie (zbijanie) zgorzeliny**

Patrz również punkt 2.4.7.8 dotyczący techniki ograniczania emisji do powietrza z usuwania kamienia.

### **2.4.3.1 Zbijanie zgorzeliny strumieniem wody wyzwalane przez czujniki**

#### ***Opis***

Czujniki i automatyka służą do śledzenia położenia materiału wsadowego i regulacji objętości wody odkamieniającej przepływającej przez natryski wodne.

#### ***Opis techniczny***

Automatyzacja odpowiednich sekcji linii walcowniczej i czujniki peryferyjne umożliwiają dokładne określenie wejścia i wyjścia materiału wsadowego ze zbijacza zgorzeliny i pozwalają operatorowi na otwieranie zaworów wody ciśnieniowej stosownie do sytuacji. W rezultacie ilość wody może być ciągle dopasowywana do wymagania.

#### ***Korzyści dla środowiska***

- Zmniejszone zużycie wody.
- Zmniejszone zużycie energii.

### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

### ***Efekty krzyżowe***

Brak informacji.

### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Ogólnie rzecz biorąc.

### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

### ***Cel wdrożenia***

Brak informacji.

### ***Przykładowe zakłady***

Szeroko stosowany.

### ***Bibliografia***

[150, FMP TWG 2018].

## **2.4.3.2 Stosowanie zasobników wody wysokociśnieniowej**

### ***Opis***

Zasobniki wody wysokociśnieniowej służą do stałego utrzymywania ciśnienia wody na wysokim poziomie przy jednoczesnym ograniczeniu liczby uruchomień pomp o dużej mocy, a tym samym zmniejszeniu zużycia energii.

### ***Opis techniczny***

Zasobniki wody wysokociśnieniowej odpowiedniej wielkości są stosowane do przejściowego magazynowania wody wysokociśnieniowej i w celu złagodzenia fazy startowej pomp dużej mocy. Ponadto taki system umożliwi utrzymywanie ciśnienia na stałym poziomie w czasie kilku równoczesnych procesów zbijania zgorzeli. Ta metoda pomaga w utrzymaniu zużycia energii w obrębie rozsądnych granic i, w przypadku kilku równocześnie odbywających się procesów zbijania zgorzeli, pomaga w zapewnieniu optymalnego oczyszczania i wyrobów wysokiej jakości dzięki stałemu ciśnieniu w systemie.

### ***Korzyści dla środowiska***

Zmniejszone zużycie energii.

### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

### ***Efekty krzyżowe***

Brak informacji.

### ***Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania***

- Ogólnie stosowane w systemach wstępnych, wykańczających i odkamieniających walcowni płytowych.
- Ogólnie stosowane w walcowniach gorących dla wyrobów płaskich.

### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

***Cel wdrożenia***

Brak informacji.

***Przykładowe zakłady***

Szeroko stosowany.

***Bibliografia***

[150, FMP TWG 2018].

## 2.4.4 Walcowanie osadcze

### 2.4.4.1 Dobór wielkości prasy

#### *Opis*

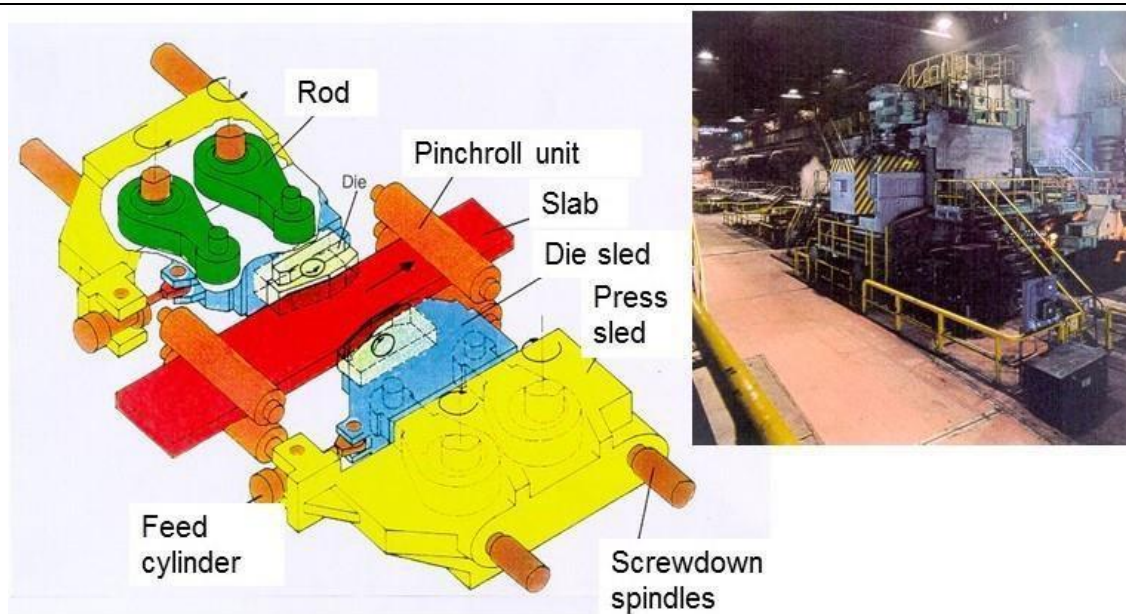
Zastosowanie prasy sortującej przed walcownią wstępną umożliwia znaczne zwiększenie szybkości ładowania na gorąco i powoduje bardziej równomierne zmniejszenie szerokości zarówno na krawędziach, jak i w środku produktu. Kształt ostatecznej płyty jest niemal prostokątny, co znacznie zmniejsza liczbę przejść walcowania niezbędnych do osiągnięcia specyfikacji produktu.

#### *Opis techniczny*

W klasycznym walcowaniu pionowym redukcja szerokości jest ograniczona do krawędzi kęsisk płaskich tylko z małym wpływem na środkową część kęsisk płaskich. Wzrasta grubość materiału przy krawędziach, tworząc przekroje poprzeczne w kształcie psiej kości. W następującym walcowaniu poziomym ma miejsce istotny powrót do poszerzania szerokiego boku, zwiększeniem strat w zbiorach na końcu i na końcu ogona, przy znacznym odchyleniu szerokości wzdłuż płyty.

W przypadku prasy wymiarowej para kowadeł trapezowych ściska płyty w kierunku szerokości. W procesach kalibrujących zabudowanych w linii walcowniczej, dzięki zjawisku kucia kęsiska płaskiego, wzrasta również grubość materiału w środku kęsiska płaskiego. Kształt przekroju poprzecznego jest prawie prostokątny i redukowane jest poszerzanie boczne podczas przepustów walcowania poziomego. W jednym przejściu przez takie urządzenia można uzyskać maksymalne zmniejszenie szerokości o 350 mm.

Zastosowanie prasy sortującej pomiędzy piecami grzewczymi a walcownią wstępną umożliwia znaczne zmniejszenie szerokości, co minimalizuje straty w zbiorach i odchylenia szerokości. Pozwala to również na zmniejszenie liczby różnych szerokości kęsów z odlewu ciągłego, zwiększając produktywność i wskaźnik załadunku na gorąco. [218, EUROFER 2020].



Zródło: [218, EUROFER 2020].

Rysunek 2.97: Schemat elementów składowych i zdjęcie prasy sortującej

W zakresie sekwencji tłoczenia stosuje się dwa różne systemy [218, EUROFER 2020]:

- tryb Stop and Go, w którym płyta jest zatrzymywana podczas naciskania;
- tryb latający, w którym płyta porusza się wraz z kowadłem, będąc jednocześnie prasowana; w tym przypadku prędkość przenoszenia materiału wynosi około 20 m/min.

### ***Korzyści dla środowiska***

- Zmniejszone zużycie energii.
- Zmniejszona ilość odpadów po przycinaniu i wycinaniu.

### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

### ***Efekty krzyżowe***

Brak informacji.

### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

- Dotyczy tylko walcowni gorących taśm.
- Dotyczy tylko nowych zakładów i dużych modernizacji zakładów.

### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

### ***Cel wdrożenia***

- Zwiększona wydajność.
- Zwiększona wydajność przy produkcji stali i walcowaniu na gorąco.

### ***Przykładowe zakłady***

ArcelorMittal Fos, Thyssen Beeckerwerth, ArcelorMittal Taranto, Salzgitter Flachstahl.

12 HR, 94 HR2, 106 HR, 108 HR1, 127 HR, 178 HR, 193 HR2, 193 HR3, 12 HR, 94 HR2, 106 HR, 108 HR1, 178 HR, 193 HR2, 193 HR3, 12 HR, 94 HR2, 106 HR, 108 HR1, 193 HR2, 193 HR3. [150, FMP TWG 2018]

### ***Bibliografia***

[87, EUROFER 1998][150, FMP TWG 2018] [218, EUROFER 2020]

## **2.4.4.2 Automatyczna regulacja szerokości (AWC) zawierająca regulację krótkiego skoku**

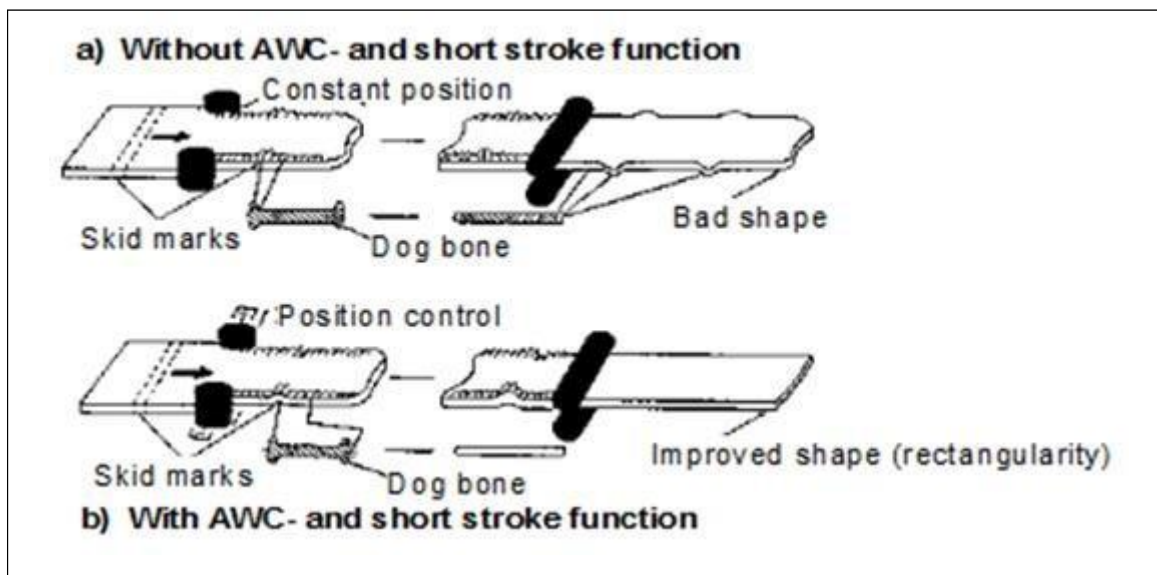
### ***Opis***

Dzięki automatycznej kontroli szerokości i systemowi funkcji krótkiego skoku, proces obcinania krawędzi jest wspomagany i kontrolowany przez modele komputerowe, co skutkuje mniejszą ilością wad produktu końcowego w postaci płyt z mniejszymi różnicami szerokości na listwie transferowej i bardziej prostokątnym kształtem na końcach taśmy.

### ***Opis techniczny***

W tradycyjnym walcowaniu osadczym szerokość kęsiska płaskiego jest redukowana niezależnie od rzeczywistej szerokości i temperatury materiału wytwarzając przez to zmienność szerokości wzdłuż walcowanego wyrobu pośredniego ('transfer bar'), zwłaszcza przy dużych redukcjach szerokości. Za pomocą systemu Automatycznej Regulacji Szerokości (AWC) proces walcowania osadczego jest wykonywany przez modele komputerowe. Dla końców taśm (przedni i tylny koniec taśmy) wartości walcowania osadczego są redukowane na określonej długości i w ten sposób unika się tworzenia tak zwanych języków na przednim i/lub tylnym końcu taśmy, co ma miejsce w tradycyjnym walcowaniu (patrz rysunek 2.98).





Rysunek 2.98: Działanie AWC

#### ***Korzyści dla środowiska***

Zmniejszona ilość ścinków, złomów głowy i ogona.

#### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

#### ***Efekty krzyżowe***

Zwiększona jakość produktu, lepsza wydajność, dlatego mniej materiału musi być poddane recyklingowi; zużycie energii i emisja są zmniejszone.

#### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

- Ogólnie stosowane w walcowniach wstępnych, wykańczających i płytowych.
- Ogólnie stosowane w walcowniach gorących dla wyrobów płaskich.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

#### ***Cel wdrożenia***

Zwiększona wydajność.

#### ***Przykładowe zakłady***

08-09 HR, 11 HR, 37 HR, 38 HR, 56 HR, 88 HR, 94 HR1, 94 HR2, 99 HR1, 103 HR3, 106 HR, 108 HR1, 109 HR, 110 HR1, 110 HR2, 112 HR, 118 HR, 121 HR, 126 HR, 127 HR, 157 HR2, 178 HR, 179 HR, 203 HR, 222 HR, 230 HR, 231 HR, 244 HR, 265 HR, 273 HR. [150, FMP TWG 2018]

#### ***Bibliografia***

[150, FMP TWG 2018].

## **2.4.5 Walcowanie wstępne**

Patrz również punkt 2.4.7.8 dotyczący techniki zmniejszania emisji do powietrza z obróbki wstępnej.

### **2.4.5.1 Komputerowo wspomaganą optymalizacją walcowania**

### ***Opis***

Redukcja grubości jest kontrolowana za pomocą komputera, aby zminimalizować liczbę przejść walcowania.

### ***Opis techniczny***

Stosowanie komputerów pozwala na nastawianie redukcji grubości na przepust. Innymi słowy kęsiska płaskie i kęsiska prostokątne/kwadratowe są redukowane do taśmy wstępnej przez stosowanie możliwie najmniejszej ilości przepustów, nawet w przypadku krótkich przerw odzwierciedlających się w spadkach temperatury materiału.

### ***Korzyści dla środowiska***

- Zmniejszone zużycie energii.
- Temperatura wylotu pieca może być obniżona.
- Liczba przejść walca jest zoptymalizowana.
- Zmniejszenie ilości toczących się kostek brukowych, co skutkuje poprawą ogólnej wydajności. [218, EUROFER 2020].

### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

### ***Efekty krzyżowe***

Brak informacji.

### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Generalnie nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

### ***Cel wdrożenia***

Brak informacji.

### ***Przykładowe zakłady***

Szeroko stosowany.

### ***Bibliografia***

[150, FMP TWG 2018] [218, EUROFER 2020]

## **2.4.6 Transport walcowanego wsadu z walcarki wstępnej do zespołu walcarek wykańczających**

### **2.4.6.1 Coil Box (Skrzynia kręgów)**

#### ***Opis***

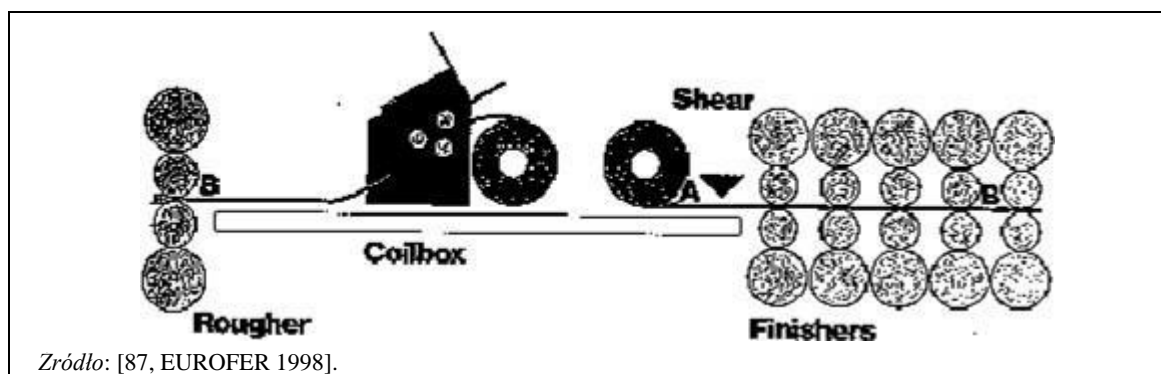
Skrzynie kręgów są instalowane pomiędzy walcownią wstępną a wykańczającą, aby zminimalizować straty temperatury od materiału wsadowego podczas procesów zwijania/rozwijania i umożliwić mniejsze siły walcowania w walcowniach gorących taśm.

#### ***Opis techniczny***

Wyrób pośredni produkowany w zespole walcarek wstępnych ('transfer bar') jest zwijany w krąg bez trzpienia za pomocą odpowiednio rozmieszczonych, napędzanych elektrycznie rolek dociskowych/zginających i rolek kołyskowych. Po zakończeniu zwijania krąg jest umieszczony na rozwijarce, jest rozwijany i puszczany na klatkę wykańczającą. Podczas procesu rozwijania i walcowania wykańczającego zwijarka jest wolna i może odbierać następną taśmę wstępną. W ten sposób można uniknąć wąskich gardeł w przebiegu produkcji.

To urządzenie posiada taką zaletę, że rozkład temperatury na długości wyrobu pośredniego pozostaje stały i zredukowane są naciski podczas walcowania wykańczającego. Z drugiej strony musi być uwzględniane zapotrzebowanie na dodatkową energię dla operacji zwijania/rozwijania. Przy modernizowaniu istniejących walcowni można zwiększyć zakres wyrobów.

W przypadku zakleszczenia materiału walcowanego w klatkach wykańczających nawinięty wyrób pośredni może być trzymany przez dłuższy czas niż było by to możliwe w przeciwnym razie. Przy dłuższych postojach walcarki nawinięty wyrób pośredni mógłby być składowany w tak zwanych piecach grzewczych kręgów. Oba te środki poprawiają uzysk. Jednakże, skrzynie zwojowe mogą powodować wzrost wad powierzchniowych.



Rys. 2.99: Rozmieszczenie coil boxów

#### ***Korzyści dla środowiska***

- Zmniejszone zużycie energii.
- Wymagana jest mniejsza siła walcowania (temperatura w magazynie jest wyższa i bardziej jednolita).

#### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

W niektórych przypadkach skrzynia kręgów może ograniczyć maksymalną produkcję walcowni. [36, Hot Rolling Shadow Group 1999].

#### ***Efekty krzyżowe***

Brak informacji.

#### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Generalnie nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

#### ***Cel wdrożenia***

Zwiększona wydajność.

#### ***Przykładowe zakłady***

118 HR, 157 HR2, 179 HR, 230 HR, 244 HR, 265 HR, 66 HR. [150, FMP TWG 2018].

#### ***Bibliografia***

[36, Hot Rolling Shadow Group 1999] [150, FMP TWG 2018].

### **2.4.6.2 Piec grzewczy kręgów (Piec odzysku kręgów)**

#### ***Opis***

Piece do odzysku cewek są stosowane jako dodatek do skrzyń na cewki, aby przywrócić temperaturę walcowania cewek i przywrócić je do normalnej sekwencji walcowania w przypadku przerw w pracy walcowni.

#### ***Opis techniczny***

Piece odzysku kręgów zostały opracowane jako dodatek do instalacji „coil box”, tak ażeby w przypadku dłuższych przerw walcowniczych kręgi mogły mieć przywracaną temperaturę do temperatury walcowania i mogły być zawracane do sekwencji walcowania, co daje w wyniku poprawę uzysku. Straty temperatury są minimalizowane i mogą być pokrywane z przerwami w walcowaniu nawet do 2 godzin.

Modele temperatury ogrzewania i chłodzenia określają prawidłowy cykl ogrzewania dla każdego kręgu, uwzględniając profil temperatury kręgu na początku ogrzewania. Ten profil jest wyznaczany z danych z komputera walcowni w oparciu o temperaturę przy przepuszczeniu wstępnym, a czas jaki upłynął przed i po zwijaniu, jak również w oparciu o wielkość wyrobu pośredniego i jego gatunek. Kręgi zabezpieczone w piecu odzyskowym kręgów są walcowane na taśmie gorącej pierwszej jakości, pod warunkiem, że są one walcowane w ciągu 2h. Kręgi trzymane w piecu przez dłuższe okresy czasu są walcowane na wyroby z ‘niekrytyczną powierzchnią’. (Piec może być wyposażony w system gazu obojętnego).

#### ***Korzyści dla środowiska***

Zmniejszone zużycie energii.

#### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

#### ***Efekty krzyżowe***

Brak informacji.

#### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

- Ogólnie stosowane w połączeniu ze skrzyniami kręgów przy stanowiskach wstępnych.
- Ogólnie stosowane w walcowniach gorących dla wyrobów płaskich.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

#### ***Cel wdrożenia***

Zwiększona wydajność.

#### ***Przykładowe zakłady***

158 HR, 179 HR. [150, FMP TWG 2018]

#### ***Bibliografia***

[150, FMP TWG 2018].

### **2.4.6.3 Ogrzewanie krawędzi taśmy**

#### ***Opis***

Stoły rolkowe transferowe w walcowniach gorących taśm są wyposażone w palniki na gaz ziemny lub indukcyjne urządzenia grzewcze do podgrzewania krawędzi powierzchni taśm i utrzymywania jednolitej temperatury taśm.

#### ***Opis techniczny***

Ażeby podwyższyć temperaturę chłodniejszych krawędzi taśmy do ogólnego poziomu temperatury i dla osiągnięcia stałego profilu temperatury na szerokości taśmy, samotok transportowy jest wyposażony w dodatkowe urządzenia ogrzewania gazowego lub indukcyjnego.

#### ***Korzyści dla środowiska***

- Zmniejszone zużycie energii przy walcowaniu wykańczającym.
- Zmniejszone zużycie występujące na walcach roboczych (mniejsza ilość szlamu szlifierskiego).

### *Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne*

Brak informacji.

### *Efekty krzyżowe*

Energia zużyta do ogrzewania krawędzi.

### *Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania*

- Ogólnie stosowany w transporcie stołu rolkowego pomiędzy młynami wstępnymi i wykańczającymi.
- Ogólnie stosowane w walcowniach gorących dla wyrobów płaskich.

### *Aspekty ekonomiczne*

Brak informacji.

### *Cel wdrożenia*

Zwiększona wydajność.

### *Przykładowe zakłady*

126 HR. [150, FMP TWG 2018]

### *Bibliografia*

[150, FMP TWG 2018].

## **2.4.7 Walcowanie**

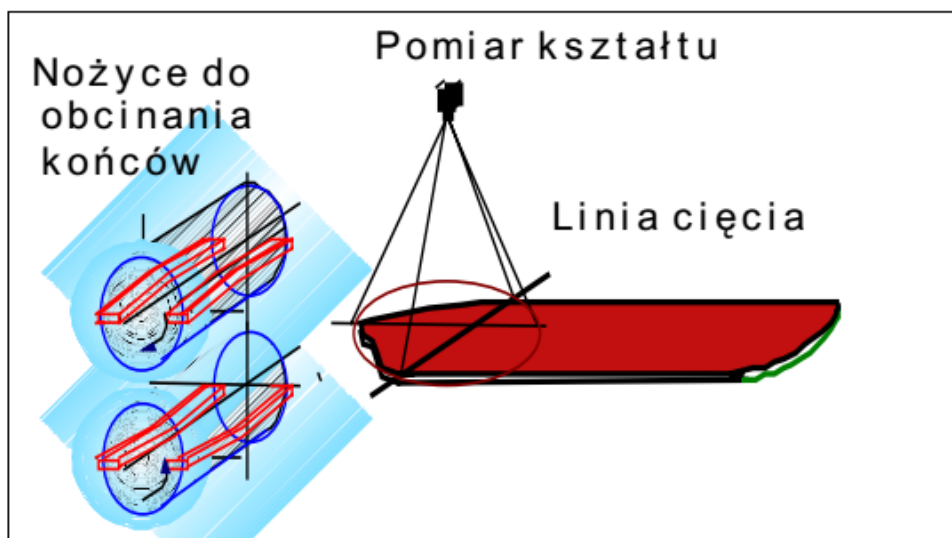
### **2.4.7.1 Optymalizacja**

#### *Opis*

Przycinanie materiału po obróbce wstępnej jest kontrolowane przez system pomiaru kształtu (np. kamerę) w celu zminimalizowania ilości odciętego metalu.

#### *Opis techniczny*

Przez stosowanie kamer wyposażonych w urządzenie o sprzężeniu ładunkowym (CCD) (ang. charged-coupled device), połączonych z pomiarem szerokości, uzyskiwanej w wyniku walcowania na walcce wstępnej, rozpoznawany jest rzeczywisty kształt końca odpadowego przychodzącej taśmy wstępnej. Automatyczny system zapewnia, że nożyce odcinają tylko materiał na zewnątrz prostokątnego pola wyrobu pośredniego (patrz Rysunek 2.100).



Źródło: [87, EUROFER 1998].

Rysunek 2.100: System optymalizacji.

***Korzyści dla środowiska***

Redukcja złomu (głowy i ogona).

***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

***Efekty krzyżowe***

Brak informacji.

***Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania***

- Generalnie obowiązuje przy wjeździe pociągów wykończeniowych.
- Ogólnie stosowane w walcowniach gorących dla wyrobów płaskich.

***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

***Cel wdrożenia***

Zwiększona wydajność.

***Przykładowe zakłady***

Szeroko stosowany.

***Bibliografia***

[150, FMP TWG 2018].

## **2.4.7.2 System smarowania walców roboczych**

***Opis***

Oleje walcownicze są starannie dobierane. Czysty olej i/lub systemy emulsyjne są stosowane w celu zmniejszenia tarcia pomiędzy walcami roboczymi a materiałem wsadowym oraz zapewnienia minimalnego zużycia oleju. W walcowniach gorących jest to zwykle realizowane na pierwszych stanowiskach walcowni wykańczającej. [218, EUROFER 2020]

***Opis techniczny***

Oleje walcownicze są dostarczane do kotliny walcowniczej przez dysze w celu zmniejszenia tarcia pomiędzy materiałem i walcem, dla obniżenia zapotrzebowań na moc napędu, zmniejszenia nacisków walców i dla poprawy jakości powierzchni walcowanego materiału.

***Korzyści dla środowiska***

- Zmniejszone zużycie energii dzięki zmniejszonemu obciążeniu toczenia.
- Zmniejszone zużycie rolek (szczególnie w obszarach krawędzi taśmy), co skutkuje dłuższą żywotnością rolek roboczych i redukcją osadów szlifierskich.

***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

***Efekty krzyżowe***

Zanieczyszczenie systemu wodnego olejami walcowniczymi.

***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Dotyczy tylko walcowni gorących taśm.

### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

### ***Cel wdrożenia***

Wyższa wydajność walcowni.

### ***Przykładowe zakłady***

Szeroko stosowany.

### ***Bibliografia***

[150, FMP TWG 2018] [218, EUROFER 2020]

## **2.4.7.3 Wymuszone międzyklatkowe chłodzenie taśmy**

### ***Opis***

Wymuszone międzyklatkowe chłodzenie taśmy pomaga utrzymać wymaganą temperaturę wyjściową walcowania na całej długości taśmy za pomocą natrysków wodnych lub kurtyn wodnych i umożliwia walcowanie z większą prędkością, zwiększając produkcję walcowni.

### ***Opis techniczny***

Aby umożliwić przyspieszenie zespołu walcarek wykańczających i nadal osiągać stałą temperaturę wykańczania, stosowane jest wymuszone chłodzenie międzyklatkowe taśmy przez natryski wodne lub kurtyny wodne.

### ***Korzyści dla środowiska***

- Tworzenie się kamienia i oparów tlenków jest stłumione.
- Zmniejszony stopień zużycia walców roboczych w kolejnych stanowiskach oraz zmniejszona ilość osadów szlifierskich.

### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

### ***Efekty krzyżowe***

Wytwarzanie ścieków.

### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

- Ogólnie stosowane pomiędzy stanowiskami wykończeniowymi.
- Ogólnie stosowane w walcowniach gorących dla wyrobów płaskich.

### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

### ***Cel wdrożenia***

Brak informacji.

### ***Przykładowe zakłady***

08-09 HR, 37 HR, 94 HR1, 97 HR, 106 HR, 108 HR1, 110 HR1, 110 HR2, 121 HR, 157 HR2, 178 HR, 179 HR, 193 HR3, 222 HR, 241 HR1, 244 HR, 246 HR2, 249 HR, 265 HR, 273 HR, 300 HR. [150, FMP TWG 2018]

### ***Bibliografia***

[150, FMP TWG 2018].

## **2.4.7.4 Regulacja międzyklatkowego naciągu taśm**

### **Opis**

Systemy pętli w połączeniu z modelami komputerowymi są wykorzystywane do dokładnego obliczania naprężenia taśmy między stanowiskami wykańczającymi, aby zapobiec powstawaniu zjawiska „szyjkowania” taśmy po nawinięciu i ograniczyć nadmierne przycinanie taśm.

### **Opis techniczny**

Normalnie do regulowania naciągu taśmy między klatkami wykańczającymi stosowane są oprowadnice. Do dyspozycji są oprowadnice różnej konstrukcji (hydrauliczne, o małej bezwładności, i urządzenia pomiarowe naciągu). Ponadto zostały opracowane tak zwane techniki bezoprowadnicowe ale ich pomyślnie działanie zależy w dużej mierze od dokładności pomiarowej parametrów walcowania. Udoskonalone systemy oprowadnic w połączeniu z modelami komputerowymi do obliczania naciągu taśm i odpowiednie sterowniki elektroniczne ułatwiają niezależną regulację zarówno naciągu jak również wysokości oprowadnicy. Zapobiega to głównie szyjkowaniu taśmy po przewlekaniu i niestabilnej pracy.

Automatyczne systemy do regulowania szerokości taśmy, kiedy opuszcza ona zespół walcarek wykańczających i/lub kiedy zbliża się do zwijarek (ze sprzężeniem zwrotnym do modeli komputerowych zespołu walcarek wykańczających) wspomagają system regulacji naciągu.

### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejsza się ilość odpadów po obcięciu dzięki uniknięciu "szyjki" podczas gwintowania i niestabilnej pracy.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

### **Efekty krzyżowe**

Brak informacji.

### **Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania**

- Ogólnie stosowane w zespołach walcarek wykańczających.
- Ogólnie stosowane w walcarkach gorących do wyrobów płaskich (część systemów automatyzacji walcowni).

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Zwiększona wydajność.

### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

### **Bibliografia**

[150, FMP TWG 2018].

## **2.4.7.5 Regulacja płaskości i profilu taśm**

### **Opis**

W walcowniach gorących taśm i blach grubych profil przekroju poprzecznego i płaskość taśmy gorącej jest kontrolowana przy użyciu zaawansowanych modeli komputerowych w celu uzyskania pożądanego profilu taśmy bez przekraczania wymaganych tolerancji płaskości.

### **Opis techniczny**

Profil przekroju poprzecznego i płaskości taśmy gorącej są ważne dla dalszego przetwarzania i zależą one od szeregu warunków roboczych łącznie z praktyką planowania przepustów. Podstawowym celem regulacji profilu taśmy i płaskości taśmy na walcarkach jest osiągnięcie pożądanego profilu taśmy nie przekraczając wymaganych tolerancji płaskości. W zastosowaniu do walcowni gorących



systemy regulacji profilu taśmy i płaskości są zwykle zaprojektowane na osiągnięcie następujących celów:

- Zakres regulacji wypukłości taśmy od około 0 –75  $\mu\text{m}$ .
- Tolerancje wypukłości taśmy.
- Płaskość taśmy około 10 jednostek I (Jednostka I =  $\Delta L/L = 10^{-5}$  m).
- Redukcja spadku krawędziowego.

Dla zachowania dobrej płaskości taśmy na walcowniach gorących taśmy istnieją tylko pewne maksymalne zmiany w stosunku wypukłości taśmy do grubości taśmy, które są możliwe w jednym przepuszczeniu walcowniczym bez wprowadzania niepożądanych zakłóceń dla płaskości taśmy, znane jako 'Martwe pasmo płaskości'. Opracowano różne organy wykonawcze dla obiektywnego wyboru profilu taśmy i płaskości:

- Systemy zginania walca roboczego i walca oporowego.
- Walce z nastawną wypukłością z elastycznym korpusem (z elastyczną beczką walca).
- Walce z nastawną wypukłością z elastycznym (giętkim) brzegiem.
- Systemy krzyżowania walców.
- Systemy przesuwania osiowego z walcami nie cylindrycznymi.
- Osowo przesuwane walce cylindryczne.
- Automatyczna regulacja grubości
- automatyczna kontrola płaskości.

W walcarkach gorących taśm każda klatka jest zwykle wyposażona w system zginania walców, który może powodować wypukłości do wewnątrz, wypukłość na zewnątrz lub oba rodzaje wypukłości. Jeśli to nie jest wystarczające dla osiągnięcia wymaganej wypukłości to klatki mogą być wyposażone w dodatkowe organy wykonawcze takie jak walce CVC, walce UPS, systemy krzyżowania walców lub inne. Komputer walcarki nastawia model, zawierający czasami sieci neuronowe, oblicza wymagane nastawienia organów wykonawczych profilu i płaskości z uwzględnieniem wypukłości cieplnej korpusu walca, ażeby uzyskać pożądaną wypukłość i płaskość taśmy.

Za klatkami walcowniczymi zainstalowane są urządzenia pomiarowe profilu do kontrolowania rzeczywistej wypukłości. Rzeczywista wypukłość jest porównywana z wypukłością zadaną a różnica jest wykorzystywana do generowania zmian głównie w siłach zginania walców. Pętle regulacyjne płaskości zapewniają prawie stały stosunek wypukłość/grubość taśmy. Urządzenia pomiarowe kształtu są instalowane albo przy końcu zespołu walcarek wykańczających albo pomiędzy klatkami walcowniczymi do kontrolowania rzeczywistej płaskości. Wykrywane odchyłki od płaskości są ponownie stosowane do nastawiania sił zginających walce.

#### ***Korzyści dla środowiska***

- Zmniejszona ilość złomu.
- Poprawa warunków walcowania wyrobów walcowanych na zimno. [218, EUROFER 2020]

#### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

#### ***Efekty krzyżowe***

Brak informacji.

#### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

- Ogólnie stosowane w walcowniach wykańczających i ciężkich blach.
- Ogólnie stosowane w walcarkach gorących do wyrobów płaskich (część automatycznej kontroli procesu).

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

***Cel wdrożenia***

Brak informacji.

***Przykładowe zakłady***

Szeroko stosowany.

***Bibliografia***

[150, FMP TWG 2018].

### **2.4.7.6 Chłodzenie walców roboczych**

***Opis***

Różne typy dysz wodnych i konfiguracje głowic natryskowych są stosowane do chłodzenia walców roboczych, zapobiegania uszkodzeniom i pęknięciom walców oraz ograniczania powstawania zgorzeliny.

***Opis techniczny***

W klatkach walcowniczych stosowana jest szeroka gama różnych typów dysz natrysku wodnego i konfiguracji kolektorów z dyszami natryskowymi, stosowanych do chłodzenia walców roboczych. Jest to ważne dla unikania uszkodzeń i pęknięć walców (co oznacza mniej operacji szlifowania i mniejszą ilość odpadów) oraz dla ograniczania tworzenia zgorzeliny.

***Korzyści dla środowiska***

- Mniejsza ilość tworzonej zgorzeliny.
- Mniejsze zużycie walców i mniejsza ilość szlamu szlifierskiego.

***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

***Efekty krzyżowe***

Brak informacji.

***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

- Ogólnie stosowane w walcowniach wstępnych, wykańczających i płytowych.
- Ogólnie stosowane w walcowniach gorących dla wyrobów płaskich.

***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

***Cel wdrożenia***

Brak informacji.

***Przykładowe zakłady***

Szeroko stosowany.

***Bibliografia***

[150, FMP TWG 2018] [218, EUROFER 2020]

### **2.4.7.7 Automatyzacja zespołu walcarek wykańczających – automatyzacja podstawowa i procesu**

***Opis***

Komputery procesowe wspomagane pętlami sterowania są wykorzystywane do planowania produkcji i sterowania piecami w walcowniach, umożliwiając aktualizację harmonogramu produkcji w czasie

rzeczywistym w przypadku przerw.

#### ***Opis techniczny***

Materiały wysokiej jakości mogą być produkowane stosując systemy komputerowe procesu, wspomagane przez odpowiednie pętle regulacyjne (automatyzacja podstawowa – poziom I), do planowania produkcji i sterowania pieców i walcarek wstępnych. W przypadku krótkich przerw walcowniczych wdrożone modele elastycznego oprogramowania pozwalają na zmienianie planu przepustów do ostatniej chwili (tuż przed wejściem do pierwszej klatki walcowniczej).

#### ***Korzyści dla środowiska***

Mniejsza ilość złomu z krótkich przestojów walcarki.

#### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

#### ***Efekty krzyżowe***

Brak informacji.

#### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

- Ogólnie stosowane w młynach wykańczających.
- Ogólnie stosowane w walcowniach gorących dla wyrobów płaskich.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

#### ***Cel wdrożenia***

Zwiększona wydajność.

#### ***Przykładowe zakłady***

Szeroko stosowany.

#### ***Bibliografia***

[150, FMP TWG 2018].

### **2.4.7.8 Odciąganie powietrza jak najbliżej źródła emisji dla procesów mechanicznych i spawania w połączeniu z oczyszczaniem gazów odlotowych**

#### ***Opis***

Emisje pochodzące z cięcia, usuwania zgorzeliny, obróbki wstępnej, walcowania, wykańczania, wyrównywania i spawania są zbierane, na przykład za pomocą wyciągów kapturowych lub wargowych. Systemy ograniczające emisję pyłu obejmują filtry tkaninowe, ESP i skrubery mokre. W przypadku obróbki wstępnej i walcowania, w przypadku niskich poziomów wytwarzania pyłu, np. poniżej 100 g/h, można zamiast tego stosować zraszanie wodą (patrz punkt 2.4.7.9).

#### ***Opis techniczny***

Cząstki pyłu (np. tlenku żelaza) uwalniane są w procesach walcowania na gorąco jako emisje niezorganizowane. W zależności od kategorii przetwarzanej stali, cząstki te mogą zawierać metale ciężkie, takie jak nikiel i ołów. Podczas walcowania cząstki unoszące się w powietrzu są uwalniane głównie po stronie wyjściowej stojaków walcarki (gdzie prędkość stojaków walcarki jest największa). Ogólnie rzecz biorąc, do celów chłodzenia i w celu stłumienia niezorganizowanych emisji pyłu stosuje się zraszacze wodne, ale głównie w przypadku niskich poziomów generowania pyłu (zob. pkt 2.4.7.9). Skuteczność natrysków wodnych jest niska, a tam gdzie emisja jest znaczna, stosuje się dedykowane systemy odciągowe, w tym: ssawy, kaptury przeciwpyłowe, odciągi wargowe lub linie ssące. Emisje są oczyszczane przy użyciu różnych rodzajów systemów ograniczania emisji, w tym zraszaczy wodnych, skrubierów Venturiego, mokrej filtracji elektrycznej lub innych systemów wydechowych, takich jak

filtry pulsacyjne (typu suchego, filtry workowe) lub filtry mokre.

#### Skrubery Venturi

W walcowniach wstępnych pył walcowniczy jest odsysany za pomocą płuczki wysokociśnieniowej (30 bar) i odprowadzany do płuczek Venturiego. Zebrany szlam jest prowadzony do kanału zgorzelinowego i do obiegu wodnego walcowni gorącej. Zgorzelina jest odbierana z obiegu wodnego i może być dalej przetwarzana jako surowiec w wytapialni. [184, EUROFER 2018].

#### Elektryczne filtry mokre

Pył z walcowni gorących jest oczyszczany za pomocą dwustopniowego mokrego filtra elektrycznego. Pierwszy etap polega na oczyszczeniu gazu pyłonośnego za pomocą natrysków wodnych w celu nasycenia go parą wodną przed wejściem na drugi etap w pole elektryczne, gdzie następuje jego wytrącenie. Zebrany osad pyłowy może być dalej przetwarzany w celu wykorzystania go jako surowca w wytapialni. [184, EUROFER 2018].

#### Filtry pulsacyjne (filtr suchy lub tkaninowy) / Filtry mokre

Inną możliwością jest zainstalowanie systemu wyciągowego, w którym kołpaki pyłowe są instalowane pomiędzy kłatkami walcowniczymi (głównie za trzema ostatnimi kłatkami walcowniczymi), do zbierania pyłu i tlenków. Przez rury ssące po stronie napędowej walcarek wyciągana jest mieszanka tlenki – pył i doprowadzana do filtrów workowych impulsowych (filtr workowy typu suchego) lub do filtrów typu mokrego. Rozdzielone pyły i tlenki są transportowane do kubłów za pomocą przenośników śrubowych i są zawracane do procesów w hutach o pełnym cyklu produkcyjnym.

#### ***Korzyści dla środowiska***

- Ograniczenie emisji pyłów.
- Ograniczenie emisji metali, w tym metali ciężkich (np. niklu i ołowiu).

#### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Poziomy emisji pyłu poniżej 5 mg/Nm<sup>3</sup> można osiągnąć za pomocą skruberów Venturiego, ESP lub filtrów tkaninowych. Skrubery Venturi mają zazwyczaj skuteczność separacji 90-95 %. Mokre filtry elektryczne mają zazwyczaj skuteczność separacji na poziomie 99 %. [184, EUROFER 2018] [150, FMP TWG 2018].

#### ***Efekty krzyżowe***

- Suche systemy zużywają więcej energii, ale, jak w przypadku systemu wyciągowego/filtrów workowych, mają tę zaletę, że unika się konieczności odzyskiwania tlenków ze ścieków i zbierany pył może być zawracany do procesów wewnętrznych. [37, Hot Rolling Shadow Group 2000].
- Zużycie wody i energii elektrycznej.

#### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

- Może nie mieć zastosowania do spawania w przypadku niskich poziomów wytwarzania pyłu, np. poniżej 50 g/h.

W przypadku spawania, zebrane dane wykazały, że dwa zakłady zgłosiły bardzo różne przepływy masowe pyłu (tj. Zakład 08-09 HR3: 1,8 g/h i 37-HR2: 184 g/h). Ogólnie rzecz biorąc, emisje pyłu ze spawania w HR są stosunkowo niskie (pod względem stężeń i przepływów masowych), ale w niektórych przypadkach mogą wystąpić bardziej znaczące emisje. W związku z tym uznano, że należy uwzględnić próg przepływu masowego wynoszący 50 g/h, powyżej którego do kontroli emisji pyłu stosuje się odciąganie i ograniczanie.

- Filtry tkaninowe mogą nie mieć zastosowania w przypadku gazów odlotowych o dużej zawartości wilgoci.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

#### ***Cel wdrożenia***

- Ograniczenie emisji pyłów.
- Redukcja emisji tlenków żelaza. [103, Van Roosbroeck, 1999].

### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

### **Bibliografia**

[184, EUROFER 2018][37, Hot Rolling Shadow Group 2000] [103, Van Roosbroeck, 1999].  
[150, FMP TWG 2018].

#### **2.4.7.9 Stosowanie zraszaczy wodnych w przypadku niskich poziomów generowania pyłu**

##### **Opis**

Systemy wtryskiwania wody są zainstalowane po stronie wyjściowej każdego stanowiska do obróbki wstępnej i walcowania, aby ograniczyć powstawanie pyłu. Nawilżanie cząstek pyłu ułatwia aglomerację i osiadanie pyłu. Woda jest zbierana na dole stanowiska i oczyszczana (patrz punkt 8.9).

##### **Opis techniczny**

Cząstki stłumione przez natryski wodne są kierowane do płatów stołu rolkowego i dalej do uzdatniania wody, gdzie są odzyskiwane w osadnikach i filtrach. Zraszacze wodne mogą być stosowane tylko w przypadku niskich poziomów generowania pyłu, np. poniżej 100 g/h.

##### **Korzyści dla środowiska**

Ograniczenie emisji pyłów.

##### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Na ostatnim stanowisku wykończeniowym zainstalowane są rozpylacze wodne. Na przykład, urządzenie może składać się z 6 dysz w górnej części i 8 dysz w dolnej części na każdym stanowisku. Woda jest rozpylana przy przepływie 22 l/min i ciśnieniu 8 barów. Całkowity przepływ wody w systemie zraszania wynosi 35 m<sup>3</sup>/h.

Tabela 2.23: Typowa redukcja emisji niezorganizowanych poprzez zraszanie wodą

Miejsce pobierania próbek Czas trwania pobierania próbek: 3 h	Stężenie cząstek stałych	
	bez natrysku	z natryskiem
Nad wykańczalnią	6,02 mg/Nm <sup>3</sup>	2,35 mg/Nm <sup>3</sup>
Dach	2,77 mg/Nm <sup>3</sup>	0,63 mg/Nm <sup>3</sup>

*Zródło:* [103, Van Roosbroeck, 1999].

System pomiarowy nie odpowiada żadnej normie, ponieważ emisje są bardziej lub mniej rozproszone. Punkty pobierania próbek wybrano w miejscu, gdzie emisje przenikały do warsztatu, ponieważ nie było żadnych dobrze zdefiniowanych przepływów.

##### **Efekty krzyżowe**

- Rozpylenie wody powoduje powstawanie ścieków; tlenki muszą być odzyskiwane ze ścieków.
- Zużycie wody i energii elektrycznej.

##### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Zraszanie wodą ma zastosowanie tylko w przypadku niskich poziomów generowania pyłu, np. poniżej 100 g/h.

##### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

##### **Cel wdrożenia**

Ograniczenie emisji pyłów.

### ***Przykładowe zakłady***

W sumie ponad 23 zakłady HR zgłosiły stosowanie zraszaczy wodnych (np. [55 HR] [246 HR2] [158 HR3] [238 HR] [246 HR2] [247 HR4] [56 HR]). [150, FMP TWG 2018].

### ***Bibliografia***

[103, Van Roosbroeck, 1999] [150, FMP TWG 2018].

## **2.4.7.10 Zwijarki hydrauliczne zawierające sterowanie krokowe**

### ***Opis***

Hydraulicznie sterowane zwijarki z systemem kontroli krokowej podnoszą rolki owijające automatycznie za pomocą czujników, gdy głowica taśmy mija poszczególne rolki, aby zmniejszyć ilość odpadów roślinnych i zwiększyć wydajność produkcji.

### ***Opis techniczny***

Przy klasycznym zwijaniu taśma kontaktuje się z rolkami nawijającymi podczas co najmniej 3 obrotów trzpienia i wciska się w pokrywający zwój. Te części gorącej taśmy muszą być usuwane przed dalszym przetwarzaniem na walcierce zimnej.

Zwijarki napędzane hydraulicznie, które zawierają systemy sterowania krokowego, po otrzymaniu sygnału z czujników automatycznie podnoszą poszczególne rolki nawijające, kiedy mija je przedni koniec taśmy.

### ***Korzyści dla środowiska***

- Zmniejsza się ilość złomu z końców odpadowych w dalszych procesach.
- Redukcja bruku na poziomie koilerów [218, EUROFER 2020].

### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

### ***Efekty krzyżowe***

Brak informacji.

### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Dotyczy tylko walcowni gorących taśm.

### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

### ***Cel wdrożenia***

Zwiększona wydajność.

### ***Przykładowe zakłady***

08-09 HR, 12 HR, 94 HR1, 97 HR, 106 HR, 110 HR1, 110 HR2, 112 HR, 121 HR, 126 HR, 127 HR, 157 HR2, 158 HR, 179 HR, 222 HR, 244 HR. [150, FMP TWG 2018]

### ***Bibliografia***

[150, FMP TWG 2018].

## **2.4.7.11 Kontrola kształtu wsadu podczas walcowania blach grubych**

### ***Opis***

Wszelkie odkształcenia materiału wsadowego podczas walcowania są monitorowane i kontrolowane w celu zapewnienia, że walcowana stal ma kształt jak najbardziej prostokątny i zminimalizowania potrzeby przycinania.

### ***Opis techniczny***

Podczas klasycznego walcowania blach grubych przez utrzymywanie stałej grubości blachy podczas każdego przepustu walcowniczego ma miejsce wyraźne odkształcenie rzutu poziomego blachy grubej od prawdziwego kształtu prostokątnego.

Stosowanie kontrolowanego walcowania kształtowego będzie powodować wytwarzanie stożkowych profili grubości lub psich kości podczas walcowania. W oparciu o pomiary (nacisk walców lub kształt) obliczana jest wielkość tworzonej psiej kości, lub wielkość zbieżności i sygnały korekcyjne są wysyłane do systemu nastawiania walców. Kontrola rzutu poziomego jest stosowana głównie jako dodatek do automatycznego systemu pomiarowego grubości blachy. Pojęcie „walcowanie kształtowe lub kontrola rzutu poziomego” odnosi się do różnych technik opracowanych w ostatnich latach. Wszystkie z nich bazują na tej samej zasadzie, która stosuje walcowanie blachy grubej o zmiennej grubości podczas przepustów pośrednich, co daje w wyniku prawie prostokątny kształt końcowej blachy grubej i mniejszą ilość złomu z okrawania.

### ***Korzyści dla środowiska***

Zmniejszona ilość złomu.

### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

### ***Efekty krzyżowe***

Brak informacji.

### ***Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania***

- Ogólnie stosowane w ciężkich walcowniach płytowych.
- Ogólnie stosowane w nowych zakładach oraz z ograniczeniami w przypadku zakładów istniejących.

### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

### ***Cel wdrożenia***

Zwiększona wydajność.

### ***Przykładowe zakłady***

08-09 HR, 56 HR, 94 HR2, 157 HR1, 172 HR, 243 HR, 298 HR, 175 HR. [150, FMP TWG 2018]

### ***Bibliografia***

[150, FMP TWG 2018].

## **2.4.7.12 Bezpośrednia obróbka cieplna (przyspieszone chłodzenie)**

### ***Opis***

Bezpośrednia obróbka cieplna z przyspieszonym chłodzeniem umożliwia produkcję stalowych wyrobów walcowanych o wymaganej strukturze materiału i właściwościach mechanicznych bez potrzeby dodatkowych etapów dogrzewania w celu osiągnięcia specyfikacji.

### ***Opis techniczny***

Bezpośrednia obróbka cieplna materiałów walcowanych z przyspieszonym chłodzeniem jest stosowana w walcowniach gorących w celu osiągnięcia wymaganej struktury materiału i właściwości mechanicznych bez potrzeby ponownego podgrzewania. Obróbka cieplna zapewnia skuteczny sposób manipulowania właściwościami stali, pod warunkiem, że szybkość chłodzenia produktu stalowego jest dokładnie kontrolowana. Szybkość chłodzenia jest określona przez współczynnik przenikania ciepła. Dobre możliwości kontroli współczynnika wymiany ciepła można osiągnąć stosując dysze powietrzno-

wodne lub wodne. Tak więc bezpośrednia obróbka cieplna z pomocą dysz natryskowych umożliwia proces produkcyjny, który może poprawić parametry wyrobu poprzez zwiększenie wytrzymałości stali, twardości i innych pożądanych cech, przy jednoczesnym zmniejszeniu ogólnego zużycia energii przez walcarkę gorącą. [165, Hnizdil et al., 2018] [172, Kotrbacek et al., 2006].

#### ***Korzyści dla środowiska***

Zmniejszenie zużycia energii i emisji z kolejnych pieców do obróbki cieplnej.

#### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

#### ***Efekty krzyżowe***

Brak informacji.

#### ***Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania***

- Głównie stosowane w ciężkich młynach płytowych.
- Ogólnie stosowane w nowych zakładach oraz z ograniczeniami w przypadku zakładów istniejących.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

#### ***Cel wdrożenia***

Brak informacji.

#### ***Przykładowe zakłady***

Szeroko stosowany.

#### ***Bibliografia***

[165, Hnizdil et al., 2018] [172, Kotrbacek et al., 2006] [150, FMP TWG 2018].

### **2.4.7.13 Operacja walcowania cieplno-mechanicznego**

#### ***Opis***

Walcowanie termomechaniczne pozwala na produkcję płyt stalowych o bardzo wysokiej wytrzymałości i ciągliwości bez konieczności dodatkowej obróbki cieplnej, co skutkuje ogólnym zmniejszeniem zużycia energii w walcowni.

#### ***Opis techniczny***

W „operacji walcowania cieplno-mechanicznego” wpływa się na własności blach grubych lub kształtowników walcowanych na gorąco w celu ograniczenia potrzeby późniejszej obróbki cieplnej. Kęsiska płaskie lub kęsiska/dwuteowe profile wstępne z pieca grzewczego są walcowane na grubość pośrednią, po walcowaniu następuje okres wytrzymywania (podczas którego mogą być stosowane natryski wodne) dla schłodzenia do pożądanej temperatury, po czym odbywa się ostateczne walcowanie. Przy walcowaniu cieplno-mechanicznym osiąga się parametr technologiczny polegający na uzyskaniu przez płytę drobnoziarnistej mikrostruktury. Technika ta zapewnia bardzo wysoką wytrzymałość i bardzo dobrą ciągliwość wyrobów przy użyciu mniejszej ilości dodatków stopowych i przy zmniejszonej lub nie potrzebie późniejszej obróbki cieplnej, takiej jak normalizacja. Ponadto, stale walcowane cieplno-mechanicznie wykazują znacznie lepszą spawalność niż stal normalizowana.

#### ***Korzyści dla środowiska***

- Zmniejszone zużycie energii.
- Ograniczenie emisji z obróbki cieplnej.



### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

### ***Efekty krzyżowe***

Brak informacji.

### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

- Głównie stosowane w walcowniach blach grubych i kształtowników.
- Ogólne zastosowanie, pod warunkiem, że do dyspozycji jest wystarczająca moc walcownicza [36, Hot Rolling Shadow Group 1999].

### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

### ***Cel wdrożenia***

Brak informacji.

### ***Przykładowe zakłady***

08-09 HR, 16 HR, 56 HR, 91 HR, 94 HR2, 99 HR2, 106 HR, 108 HR1, 109 HR, 110 HR1, 110 HR2, 121 HR, 127 HR, 152 HR, 157 HR1, 157 HR2, 172 HR, 196 HR, 222 HR, 241 HR1, 243 HR, 244 HR, 288 HR. [150, FMP TWG 2018]

### ***Bibliografia***

[36, Hot Rolling Shadow Group 1999] [150, FMP TWG 2018].

## **2.4.7.14 Stanowisko trójwalcowe**

### ***Opis***

Stanowisko z trzema walcami zwiększa redukcję przekroju na jeden przejazd, co skutkuje ogólnym zmniejszeniem liczby przejazdów walcowania wymaganych do produkcji walcówki i prętów.

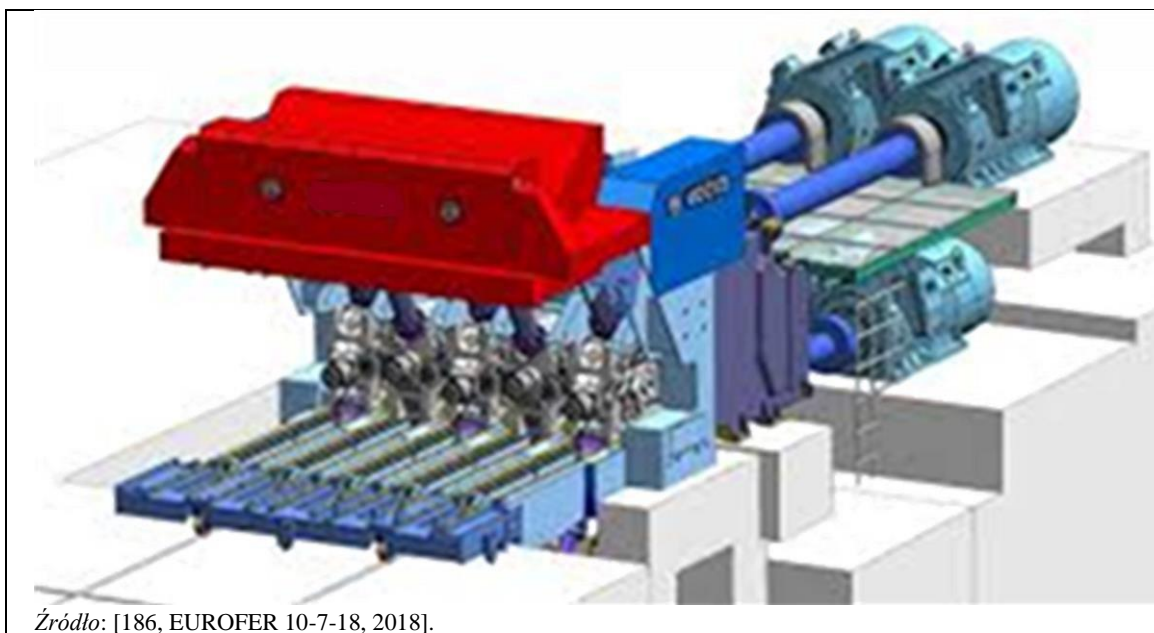
### ***Opis techniczny***

Stanowisko trójwalcowe jest wykańczającą walcarką odpowiednią do stosowania w walcowniach walcówki i prętów. Składa się ze stanowiska walcowania zawierającego trzy rolki i związane z nimi prowadnice z regulowanymi pozycjami, które umożliwiają walcowanie produktów do bardzo wąskiej tolerancji rozmiaru i dowolnego pożądanego gotowego rozmiaru w określonym zakresie rozmiarów. W porównaniu z konwencjonalnymi młynami pośrednimi, technika trzech walców zwiększa elastyczność produkcji i produktywność zakładu przy jednoczesnym zmniejszeniu zużycia energii i smarów.

W konwencjonalnych walcowniach tolerancja gotowego produktu zależy głównie od zmian przekroju poprzecznego materiału wsadowego wchodzącego do sekcji wykańczającej walcarki. Stanowisko trójwalcowe do produkcji walcówki i prętów umożliwia bezskrotne walcowanie stali jakościowych, gatunków specjalnych, nadstopów, materiałów spiekanych, a także metali nieżelaznych i ich stopów w bardzo zwartych blokach. Ponadto stanowisko trójwalcowe zmniejsza rozrzut podczas deformacji. W rezultacie poprawia się jednorodność odkształcenia podczas walcowania.

Stanowisko trójwalcowe wyposażone jest w system szybkiej wymiany stanowisk oraz zaawansowaną instalację do wymiany i regulacji rolek w walcowni, umożliwiającą niezwykle szybką wymianę stanowisk i rolek. Zapewnia również możliwość przeskakiwania do i z każdego rozmiaru we wspomnianym zakresie rozmiarów gotowych prętów (walcowanie bez sekwencji). W rezultacie, elastyczność produkcyjna zakładu zostaje znacznie poprawiona, a produktywność zwiększona z wysokim wzrostem wydajności i przepustowości. Wreszcie, stanowisko trójwalcowe umożliwia walcowanie w temperaturach niższych niż w konwencjonalnych walcarkach wykańczających, co powoduje znaczne oszczędności energii. [157, Ammerling et al., 2005].

Rysunek 2.101 przedstawia schemat stanowiska trójwalcowego.



Źródło: [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

Rysunek 2.101: Schemat stanowiska trójwalcowego

W handlu dostępnych jest kilka wersji technologii stanowisk trójwalcowych, w tym:

- Trójwalcowy blok redukcyjny i sortujący

Blok wykańczający do prętów i/lub blok wykańczający do walcówki w zakresie średnic 5,0-160,0 mm, jak również odpowiednie wymiary sześciokątów.

- Trójwalcowy blok wykańczania wstępnego

Do wymiarowania przekroju wejścia do bloku wykańczającego walcówkę w zakresie średnic 5,0-30,0 mm oraz odpowiednich wymiarów sześciokątów.

- Trójwalcowy blok redukcyjny

W wstępnych i pośrednich walcowni walcówki i prętów do produkcji pośrednich rozmiarów w zakresie średnic 12,0-160,0 mm, jak również odpowiednich wymiarów sześciokątów.

- Trójwalcowy blok wykańczania walcówki

Blok wykańczający w walcowni walcówki do wykańczania wielkości w zakresie średnic 5,0-23,0 mm, jak również odpowiednie wymiary sześciokątów.

#### ***Korzyści dla środowiska***

- Zmniejszone zużycie oleju dzięki niższej temperaturze toczenia i szybkiej wymianie stanowisk.
- Zmniejszone zużycie energii dzięki obniżonej temperaturze podczas walcowania.

#### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Zgłoszono, że instalacja stanowiska trójwalcowego w konwencjonalnej walcowni prętów spowodowała wzrost wydajności o 14,9 % (wydajność wyrażona w tonach/godzinę pracy). Podobnie w konwencjonalnych walcowniach walcówki i prętów odnotowano wzrost produktywności od 14,4 % do 16,1 %. Instalacja stanowiska trójwalcowego znacząco zmniejsza również zużycie oleju (np. około 20 % i 80 % spadek zużycia odpowiednio oleju smarowego i hydraulicznego w porównaniu z konwencjonalnymi walcowniami walcówki i prętów). [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

#### ***Efekty krzyżowe***

Brak.

#### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Generalnie nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

- Korzyści ekonomiczne dzięki zmniejszeniu czasu przestoju przy zmianie rozmiaru i gatunku (szybka wymiana stojaków i rolek).
- Korzyści ekonomiczne dzięki zwiększonej prędkości walcowania i przepustowości.
- Instalacja stanowiska trójwalcowego w walcowni konwencjonalnej zwiększa prędkość walcowania i wydajność o około 20 %, co zapewnia szybki zwrot stosunkowo wysokich początkowych kosztów inwestycyjnych. [179, Seki et al., 2007].

### **Cel wdrożenia**

- Zmniejszenie kosztów dzięki zminimalizowaniu przestoju i zwiększeniu produktywności poprzez przeniesienie wszystkich operacji przerywających produkcję z linii walcowniczej do walcowni. [157, Ammerling i in., 2005].
- Zwiększona elastyczność w obrębie walcowni pośredniej z możliwością walcowania różnych gotowych rozmiarów w dowolnym momencie.
- Zastosowanie stanowiska z trzema rolkami powoduje bardzo równomierne odkształcenie, mniejszy rozrzut i większe wydłużenie podczas procesu walcowania.

### **Przykładowe zakłady**

W sumie w latach 1977-2018 93 zakłady na całym świecie zostały doposażone w stanowisko trójwalcowe. Niektóre europejskie zakłady wyposażone w tę technologię to:

- Acciaierie Valbruna, Bolzano - Włochy;
- Liberty Speciality Steels, Rotherham - Wielka Brytania;
- Ascometal, Hagondange - Francja;
- Saarstahl, Neunkeichen & Nauweiler & Volklingen - Niemcy;
- BGH Edelstahl, Frietal - Niemcy;
- Rodaccia, Mediolan - Włochy;
- Acciaierie Bertoli Safu, Pozzuolo del Friuli - Włochy;
- ArcelorMittal Steel, Gandrange - Francja.

### **Bibliografia**

[186, EUROFER 10-7-18, 2018] [179, Seki et al., 2007] [157, Ammerling et al., 2005].

## **2.4.8 Linie chłodzenia**

### **2.4.8.1 Optymalne pompy wodne dla przepływów laminarnych**

#### **Opis**

Zoptymalizowane systemy kontroli przepływu wody chłodzącej są instalowane w walcowni gorącej taśm, aby dokładnie kontrolować ilość wody chłodzącej dostarczanej do stacji pomp chłodzenia laminarnego w celu schłodzenia walcowanych taśm przy jednoczesnej optymalizacji zużycia wody i energii.

#### **Opis techniczny**

W walcowniach taśm gorących szereg pomp doprowadza wodę chłodzącą do pompowni chłodzenia laminarnego, która służy do zapewnienia ciągłego strumienia wody do chłodzenia taśm walcowanych. Układ sterowania przepływem wody chłodzącej składa się z pomp wyposażonych w silniki elektryczne do zasysania i tłoczenia wody (serwo- napędowe lub o zmiennej prędkości) oraz rurociągów wodnych doprowadzających wodę do taśmy walcowanej. Taśma jest chłodzona strumieniem wody dostarczanym zarówno od góry, jak i od dołu w trybie automatycznym, według strategii chłodzenia dla określonych kodów technologicznych, do temperatury zwijania lub w zależności od grubości walcowania taśmy gorącej. Generalnie, ilość wody niezbędnej do chłodzenia jest kontrolowana i zmienia się w zależności od wymaganej temperatury wylotowej taśmy. [188, EUROFER 31-5-17, 2017].

Do optymalizacji chłodzenia taśmy opracowano dwa główne systemy:

- Optymalne sterowanie przepływem zaworów za pomocą serwonapędów, a także konwencjonalne napędy silników elektrycznych.
- Zoptymalizowana kontrola przepływu pomp z silnikami elektrycznymi: napęd o zmiennej prędkości (poprzez zmienną częstotliwość), oraz konwencjonalne zawory z regulacją on/off. Należy zauważyć, że w przypadku technologii napędu o zmiennej prędkości wymagana konserwacja jest wyższa w porównaniu z technologią zoptymalizowanego sterowania-zaworu. W celu zapewnienia równomiernego chłodzenia taśmy, za każdą sekcją chłodzącą zainstalowane są boczne dmuchawy wodne, które usuwają wodę chłodzącą z taśmy. [188, EUROFER 31-5-17, 2017].

Te zoptymalizowane systemy kontroli przepływu umożliwiają dostarczanie dokładnych ilości wody chłodzącej potrzebnych do schłodzenia taśm walcowanych do odpowiedniej temperatury, zmniejszając tym samym zużycie wody i koszty energii związane z pompowaniem wody.

#### ***Korzyści dla środowiska***

Zmniejszone zużycie energii i wody chłodzącej [188, EUROFER 31-5-17, 2017].

#### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

#### ***Efekty krzyżowe***

Brak informacji.

#### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Brak informacji.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

#### ***Cel wdrożenia***

Brak informacji.

#### ***Przykładowe zakłady***

37 HR, 38 HR, 97 HR, 103 HR 3, 106 HR, 110 HR 1, 110 HR 2, 118 HR, 127 HR, 158 HR, 178 HR, 205 HR, 222 HR, 244 HR, 265 HR. [150, FMP TWG 2018].

#### ***Bibliografia***

[188, EUROFER 31-5-17, 2017] [150, FMP TWG 2018].

## **2.4.9 Wytrawianie i olejenie stali walcowanej na gorąco (HRPO)**

Techniki do rozważenia przy ustalaniu BAT - zob. techniki stosowane w walcowaniu na zimno (pkt 3.4.1) oraz techniki ogólne w rozdziale 8 (pkt 8.8.4 i 8.8.7).

## **2.4.10 Warsztat walców**

### **2.4.10.1 Recykling zużytych walców roboczych i obróbka osadów**

#### ***Opis***

Zużyte walce robocze, które nie nadają się do teksturowania, są ponownie wykorzystywane do produkcji żelaza i stali lub zwracane producentowi do ponownego wykorzystania. Oczyszczanie szlamu szlifierskiego odbywa się poprzez separację magnetyczną w celu odzyskania cząstek metalu i recyklingu metali, np. do produkcji żelaza i stali.

#### ***Opis techniczny***

Kondycjonowanie walców roboczych i zapasowych stosowanych w walcarkach wykańczających i wstępnych odbywa się w walcowni, gdzie stosowane są dobre praktyki operacyjne w zakresie wykorzystania rozpuszczalników i zarządzania pozostałościami (np. recykling lub utylizacja). W walcowni walce robocze są chłodzone i regenerowane przy użyciu szeregu technik czyszczenia w celu usunięcia osadów i smarów. Typowe techniki czyszczenia to czyszczenie parą, stosowanie roztworów zasadowych lub rozpuszczalników organicznych do odtłuszczenia. Dla wszystkich tych operacji wdrażane są dobre praktyki operacyjne dotyczące:

#### Stosowanie rozpuszczalników

- O ile jest to technicznie dopuszczalne dla wymaganego stopnia czystości, należy stosować odtłuszczenie na bazie wody.
- Jeśli stosowane są rozpuszczalniki organiczne, należy preferować rozpuszczalniki nie zawierające chlorków.

#### Gospodarka odpadami i pozostałościami

- Tłuszcz usuwany z pni rolkowych jest zbierany i odpowiednio utylizowany (np. poprzez spalanie).
- Szlam szlifierski jest przetwarzany przez separację magnetyczną w celu odzyskania cząstek metalu, które są ponownie wykorzystywane w procesie produkcji stali.
- Obroty stali i żelaza są ponownie wykorzystywane w procesie produkcji stali.
- Zużyte walce, które nie nadają się do dalszej regeneracji, są ponownie wykorzystywane w procesie produkcji stali lub zwracane producentowi do ponownej produkcji.
- Ciecze chłodzące i emulsje do cięcia są poddawane obróbce w celu oddzielenia oleju od wody. Oleiste pozostałości są usuwane w odpowiedni sposób (np. poprzez spalanie).
- Ścieki z chłodzenia i odtłuszczenia oraz z oddzielania emulsji są odzyskiwane przez oczyszczalnię ścieków walcowni gorącej.

#### ***Korzyści dla środowiska***

Zmniejszenie ogólnego wpływu na środowisko.

#### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

#### ***Efekty krzyżowe***

Brak informacji.

#### ***Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania***

Ogólnie stosowane w zakładach rolniczych.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

#### ***Cel wdrożenia***

Brak informacji.

#### ***Przykładowe zakłady***

Szeroko stosowany.

#### ***Bibliografia***

[150, FMP TWG 2018].

## **2.4.11 Oczyszczanie wody i generowanie ścieków**

### **2.4.11.1 Półzamknięte i zamknięte obiegi wody**

#### ***Opis***

Półzamknięte i zamknięte obiegi wody są stosowane w walcowniach gorących w celu ponownego

wykorzystania wody procesowej i chłodzącej po uzdatnieniu oraz zminimalizowania zużycia wody.

#### **Opis techniczny**

Techniczny opis obiegów wodnych w obiegu półzamkniętym i zamkniętym, z odprowadzeniem jak najmniejszym, znajduje się w punkcie 2.2.17.

#### **Korzyści dla środowiska**

- Ograniczenie ilości odprowadzanych ścieków i zanieczyszczeń.
- Zmniejszenie zużycia wody.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

- Zwiększone zużycie energii i zużycie środków chemicznych.
- Wytwarzanie odpadów (osadów).

#### **Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania**

W niektórych przypadkach modernizacja istniejących zakładów z "młynów mokrych" (jednokrotnego przejścia) na młyny wyposażone w półzamknięte lub zamknięte obiegi wody nie jest możliwa ze względu na niewystarczającą ilość miejsca na instalację oczyszczalni ścieków.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Koszty inwestycji silnie zależą od takich czynników jak istniejąca infrastruktura, jakość wtórnej wody chłodzącej czy lokalne warunki klimatyczne. [184, EUROFER 2018].

#### **Cel wdrożenia**

Brak informacji.

#### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

Półzamknięte: Brak informacji.

Zamknięte: ArcelorMittal Bremen, U.S.Steel Košice

#### **Bibliografia**

[150, FMP TWG 2018] [184, EUROFER 2018]

### **2.4.11.2 Oczyszczanie i ponowne wykorzystanie wody technologicznej zawierającej zgorzelinę i olej w walcowaniu na gorąco**

#### **Opis**

Ścieki zawierające zgorzelinę i olej z walcowni gorących są oczyszczane oddzielnie przy użyciu różnych etapów czyszczenia, w tym dołów zgorzelinowych, osadników, cyklonów i filtracji w celu oddzielenia oleju i zgorzeliny. Duża część oczyszczonej wody jest ponownie wykorzystywana w procesie.

#### **Opis techniczny**

Ścieki zawierające zgorzelinę i olej z walcowania na gorąco (i często z ciągłego odlewania) są oczyszczane w kilku stopniach oczyszczania, na przykład w dołach na zgorzelinę, osadnikach, cyklonach, stacjach filtracyjnych itd. tworzących kompleksowe systemy oczyszczania ścieków. Pierwszym stopniem jest zwykle dół na zgorzelinę do usuwania grubej zgorzeliny przez sedymentację. Po tym stopniu następuje kilka stopni wtórnego lub dokładnego oczyszczania mającego na celu rozdzielanie i ograniczanie oleju i pozostałej zgorzeliny. Oczyszczona woda jest recykulowana do różnych procesów i ponownie wykorzystywana, w stopniu przekraczającym 95 %.

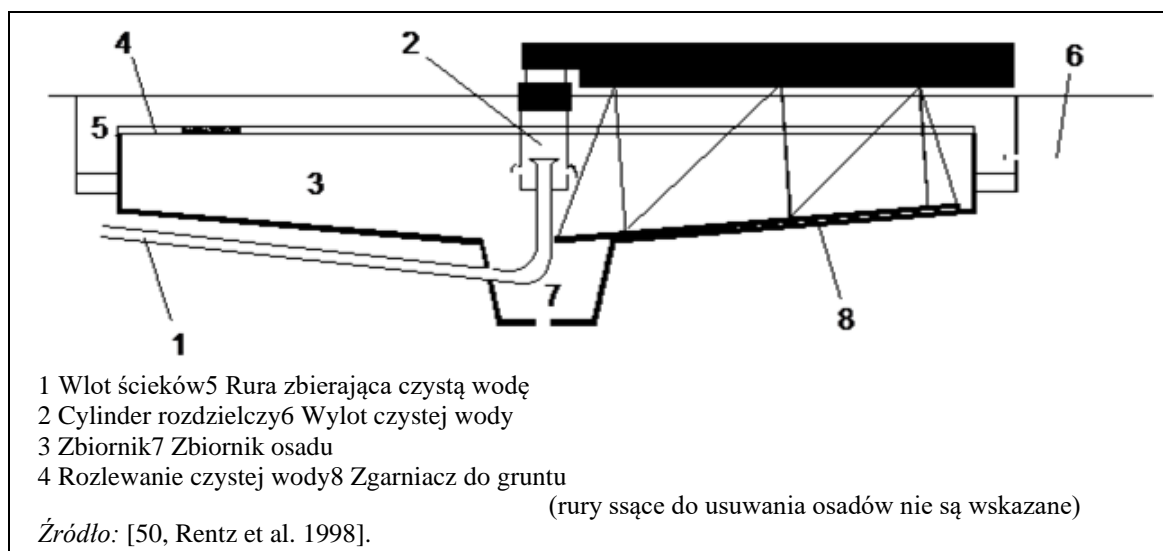
Ponieważ istnieją liczne opcje łączenia poszczególnych stopni oczyszczania, to oczyszczanie ścieków, zawierających zgorzelinę i olej, oraz możliwe do osiągnięcia poziomy emisji są opisane za pomocą

przykładów systemów oczyszczania ścieków, wdrożonych na walcowniach gorących.

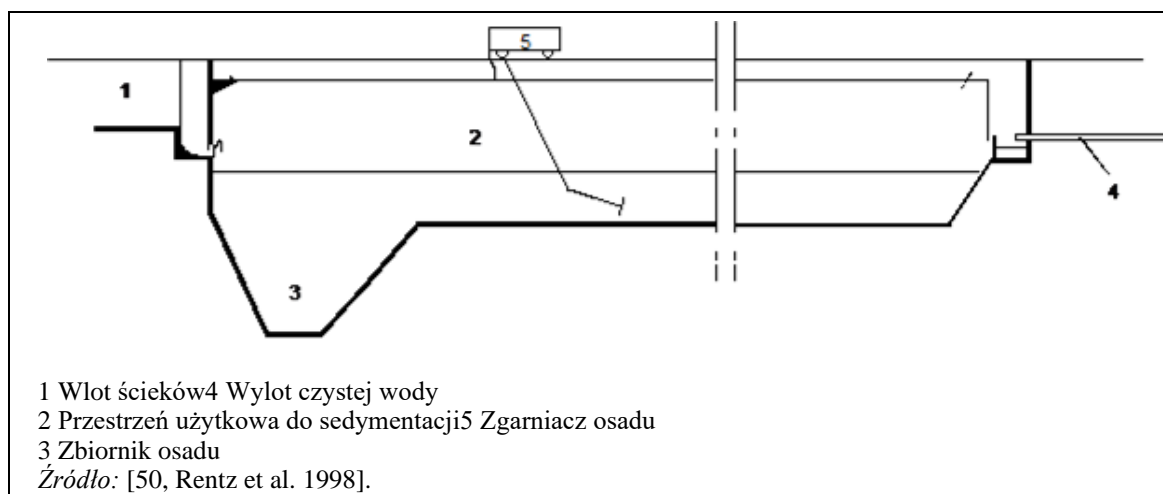
W większości przypadków gruby kamień jest wychwytywany w pobliżu miejsca jego powstawania przez **doły zgorzelinowe**, małe separatory grawitacyjne, aby zapobiec uszkodzeniu instalacji, np. w przypadku konieczności transportu wody obciążonej kamieniem przez pompy. Dołki zgorzelinowe mogą zmniejszyć zawartość zawieszin w ściekach (obciążenie  $20-40 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \text{ h})$ ) z  $200-800 \text{ mg/l}$  do  $60-100 \text{ mg/l}$ . Zaletą zdecentralizowanego zatrzymywania kamienia jest to, że nie ma sedimentacji w kanałach korytowych i dochodzi do mniejszej korozji.

W celu dalszego wstępnego oczyszczania (oczyszczanie pośrednie) woda jest zwykle poddawana obróbce fizycznej w osadnikach w celu oddzielenia wstępnego kamienia i węglowodorów. Dostępne są różne konstrukcje, np. **osadniki** o przepływie pionowym i poziomym. Na Rysunku 2.102 i Rysunku 2.103 przedstawiono przykłady separatorów grawitacyjnych.

Podstawowa zasada działania tych separatorów polega na tym, że grube cząstki grawitacyjnie osiadają na dnie zbiornika, natomiast większa część oleju rozproszonego w wodzie unosi się na powierzchnię. Woda jest odprowadzana przez wylot wyposażony z przodu w zanurzoną barierę, która zapobiega odprowadzaniu oleju unoszącego się na powierzchni wraz z oczyszczoną wodą. Osadzone osady są zwykle przenoszone do wanny przez zgarniacze, gdzie mogą być usunięte przez koparki lub pompy.



Rysunek 2.102: Osadnik okrągły (pionowy)



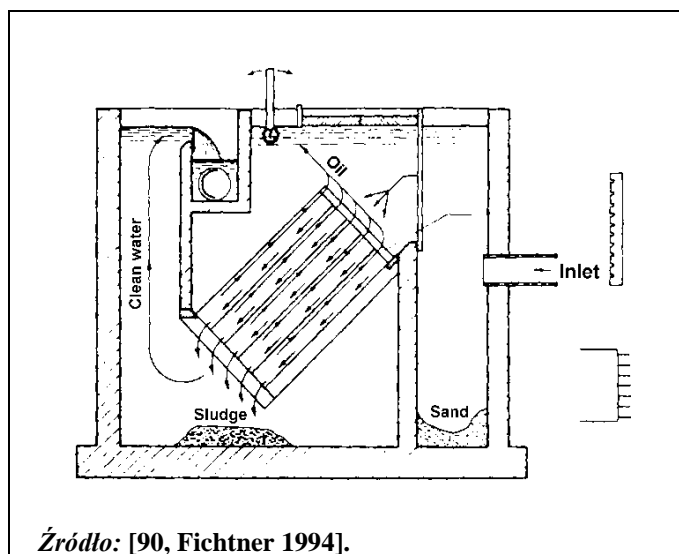
Rysunek 2.103: Osadnik o przepływie poziomym

Osiągalna redukcja zależy od wielkości zbiornika, rozkładu wielkości cząstek, dodatku środków

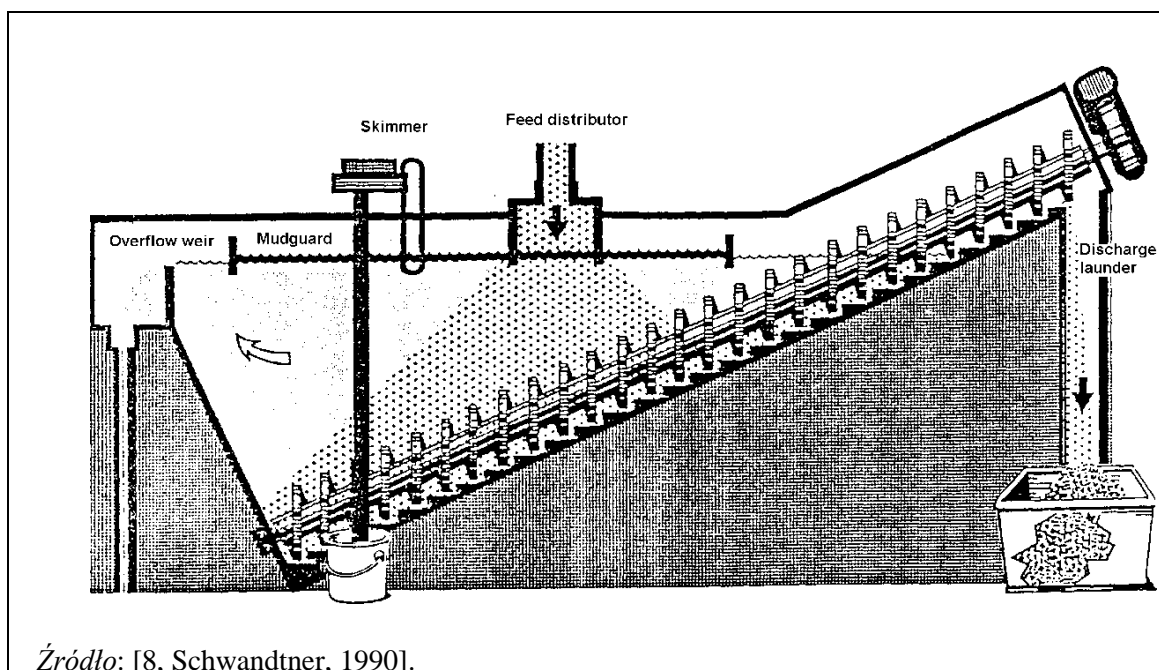
flokulujących i zawartości oleju. Osadniki mogą zredukować zawiesinę z 40-80 mg/l do 20-35 mg/l (obciążenie 4-15 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> h)).

Inne rodzaje separatorów grawitacyjnych to **klarownik śrubowy (lub odwadniacz śrubowy)** i **separator lamelowy**. W porównaniu z osadnikami mają one bardziej zwartą konstrukcję. W separatorach lamelowych (rysunek 2.104), napływająca woda jest prowadzona przez szereg nachylonych płyt (lameli). Odległość osiadania jest znacznie krótsza. Osady są spychane w dół wzdłuż płyt przez grawitację, podczas gdy oleje przemieszczają się w górę po spodniej stronie płyt i mogą być zbierane przez mechanizmy odpieniające. Oczyszczona woda jest odprowadzana przez wylot, który jest oddzielony od zbiornika zanurzoną barierą. Osad jest odprowadzany z dna np. poprzez ślimak, który również jest oddzielony od basenu głównego zanurzoną barierą.

Klarownice śrubowe (patrz Rysunek 2.105) to w zasadzie osadniki z nachylonym dnem. Osadzające się grawitacyjnie cząstki stałe są transportowane z separatora przez obracającą się śrubę, częściowo zanurzoną w osadzie.



Rysunek 2.104: Schemat separatora lamelowego





Rysunek 2.105: Separator śrubowy

W **separatorach odśrodkowych** cząstki kamienia są dociskane do ściany przez przepływ. Po ścianie komory separacyjnej cząstki kamienia przesuwają się powoli w dół do komory zbiorczej. Gdy komora zbiorcza jest pełna, rozpoczyna się automatyczne elutowanie. Wadą tej metody jest fakt, że nie jest możliwe oddzielenie oleju.

Olej unoszący się na powierzchni wody jest usuwany przez **odpieniacze oleju**. Olej przylega do bezkońcowej taśmy lub węża, który jest zanurzony w zbiorniku. Wraz z tą taśmą lub wężem olej jest przenoszony do lejka znajdującego się poza zbiornikiem, gdzie jest zgarniany z taśmy. Zamiast pasa bezkońcowego można również zastosować koło.

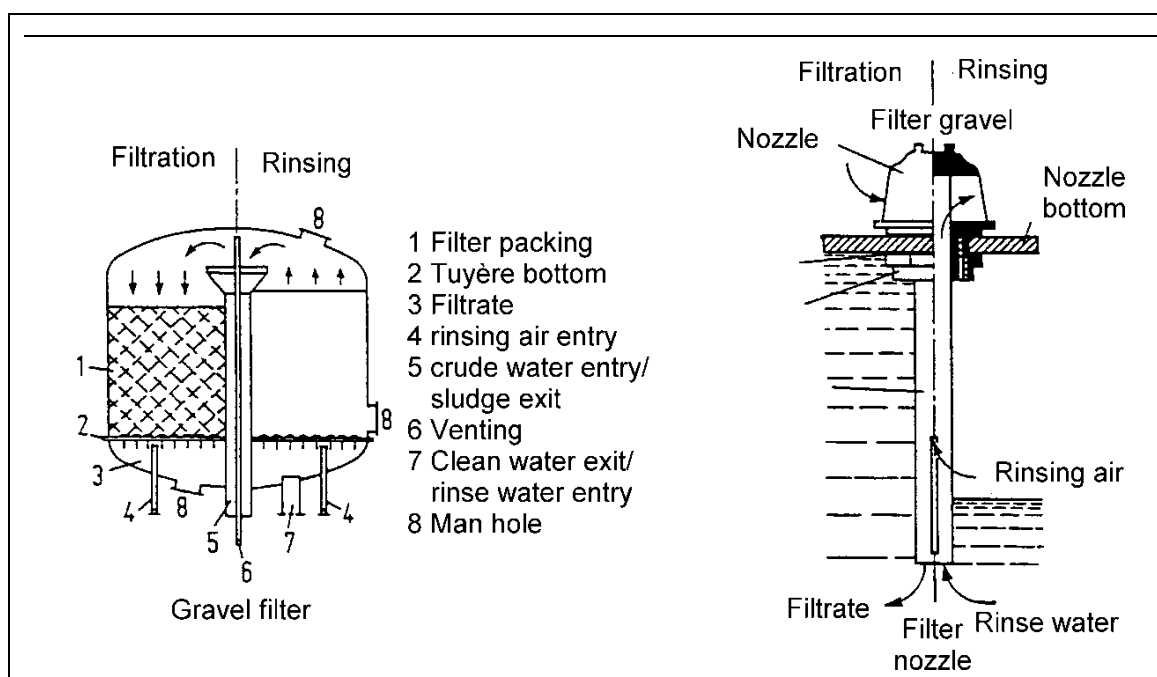
Oczyszczanie dokładne można przeprowadzić w **filtrach żwirowych** lub **piaskowych** (rysunek 2.106). Woda przepływa przez medium filtracyjne z góry na dół. W ten sposób zatrzymywane są duże ilości kamienia, osadów i oleju. W zależności od systemu oczyszczania filtry te mogą usuwać wszystkie cząstki niesione przez wodę o wielkości ziarna 1 mikrona. Oczyszczona, ale nadal obciążona termicznie woda jest chłodzona w wieżach chłodniczych w celu osiągnięcia odpowiedniej temperatury do recyrkulacji. Filtry żwirowe i piaskowe muszą być czyszczone w celu usunięcia cząstek stałych i węglowodorów. Filtry są poddawane płukaniu wstecznemu po upływie ustalonego czasu lub po osiągnięciu określonego oporu filtra. Płukanie wsteczne odbywa się za pomocą wody lub powietrza. Wymagana objętość wody do płukania wstecznego wynosi około 1-3% wody oczyszczonej.

Niektóre filtry piaskowe pracują z ciągłym płukaniem wstecznym. Tutaj woda przepływa przez medium filtracyjne od dołu do góry. Piasek jest stale transportowany do góry i stale płukany. Oczyszczony piasek opada na wierzch czystego złoża piaskowego.

Woda z płukania wstecznego jest zwykle bardzo zanieczyszczona i jest albo oczyszczana w jednostkach czyszczenia wstępnego, w razie potrzeby z dodatkiem środków flokulacyjnych, albo jest oczyszczana oddzielnie w specjalnych jednostkach oczyszczania osadu.

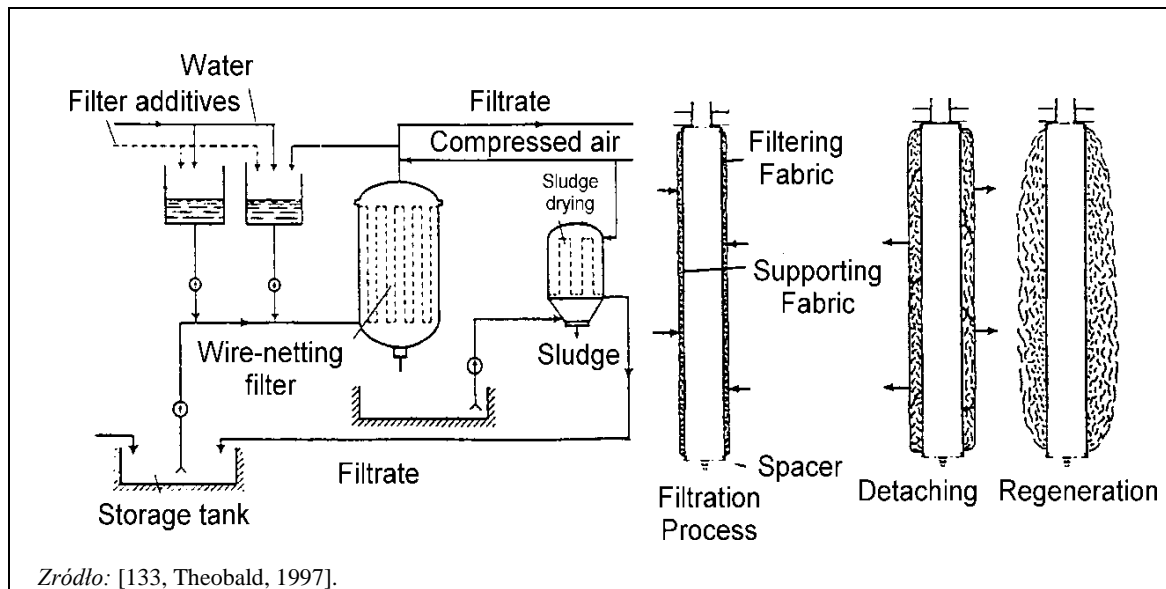
W celu **oczyszczenia wody** z płukania wstecznego z filtrów piaskowych, woda jest zagęszczana w zagęszczaczu poprzez dodanie flokulantów i zastosowanie technik sedymentacyjnych. Flokulant jest dodawany i mieszany z wodą z płukania wstecznego w komorze wstępnej. W komorze centralnej osad osadza się. Oczyszczona woda jest odprowadzana przez wgłębiony jaz i wraca do systemu filtrów piaskowych. Za pomocą zgarniacza osad jest transportowany do śluzy osadowej, gdzie jest odprowadzany.

Jeśli powstający osad zawiera zbyt dużo wody, do dalszego odwodnienia można użyć prasy. Prasa taka może być zaprojektowana jako komorowa prasa filtracyjna, membranowa prasa filtracyjna lub wirówka z misą stałą. Przefiltrowana woda jest recyrkulowana do zagęszczacza. [87, EUROFER 1998].



Rysunek 2.106: Przykład filtra żwirowego pokazujący szczegółowo operację płukania wstecznego

Inną możliwością dokładnego oczyszczenia wstępnie oczyszczonych ścieków są filtry składające się z **cylicydrycznych, drucianych elementów filtrujących** (patrz Rysunek 2.107).

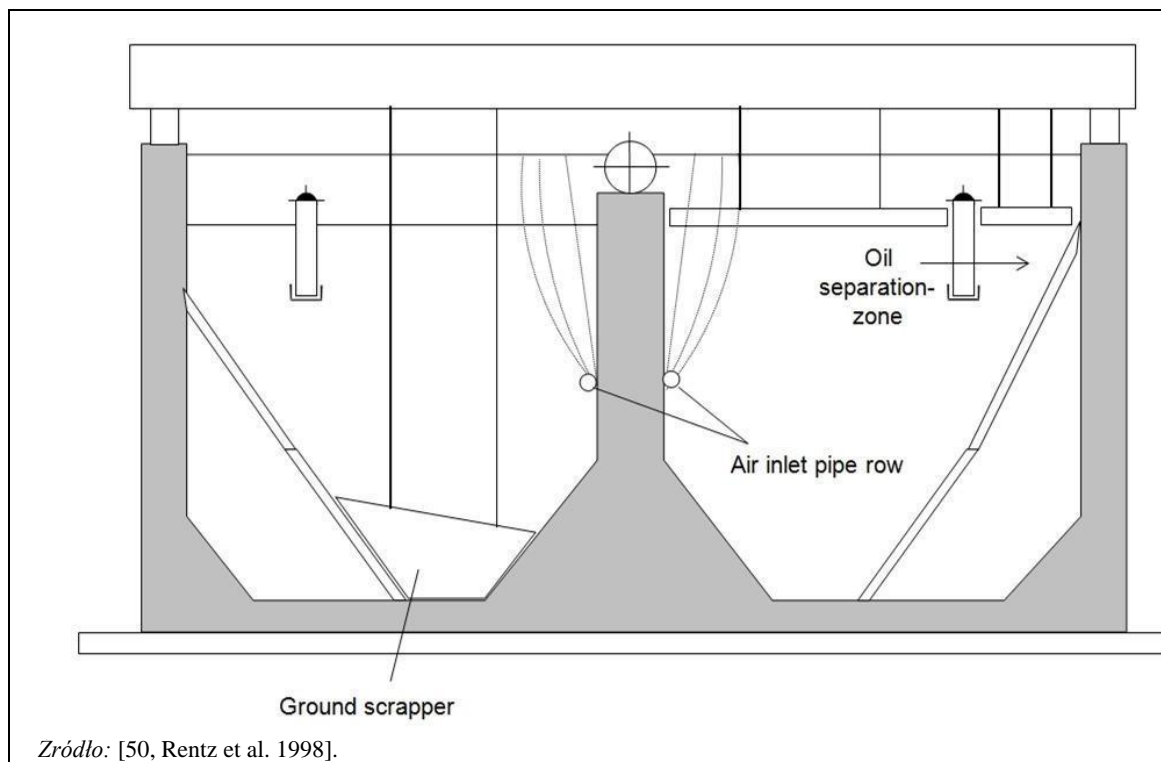


Rysunek 2.107: Przykład filtrów siatkowych pokazujący szczegółowo operację płukania wstecznego.

Cykle pracy tych filtrów dzielą się na:

- faza początkowa, podczas której na filtrach o drobnych oczkach tworzy się warstwa pomocy filtracyjnej;
- faza filtracji, podczas której dodaje się dalszy środek wspomagający filtrację, aby utrzymać przepuszczalność warstwy filtratu i osadu;
- faza płukania wstecznego, podczas której filtry są czyszczone poprzez odwrócenie kierunku przepływu. Szlamy uzyskane z płukania wstecznego mogą być odwadniane bezpośrednio i wymagają specjalnej obróbki przed ponownym wykorzystaniem (np. w spiekalni) tylko w przypadku dużej zawartości oleju. [133, Theobald, 1997].

W celu zapewnienia bardziej efektywnego oczyszczania pośredniego i lepszego oddzielenia kamienia i oleju opracowano tak zwane **napowietrzane pułapki na drobny kamień**, przedstawione na Rysunku 2.108. Łączą one zasady sedymentacji i flotacji. Ciała stałe osadzają się na dnie i są usuwane przez zgarniacze, a wdmuchiwane powietrze (pęcherzyki powietrza) wspomaga flotację oleju.



Rys. 2.108: Napowietrzana pułapka na drobnicę.

Ponadto olej zaadsorbowany przez drobny kamień jest "wymiwany" przez mieszanie. Ze względu na lepsze oddzielenie oleju od kamienia i obniżoną zawartość oleju w kamieniu, poprawiają się możliwości recyklingu. Przy czasach zatrzymania 15-30 minut i obciążeniu  $15-20 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \text{ h})$ , napowietrzane pułapki na drobny kamień mogą osiągnąć stopień redukcji 99 % dla cząstek  $> 63 \mu\text{m}$  i 20-80 % dla cząstek o wielkości 31-63  $\mu\text{m}$  (w zależności od rozkładu wielkości cząstek). [50, Rentz et al. 1998] [133, Theobald, 1997].

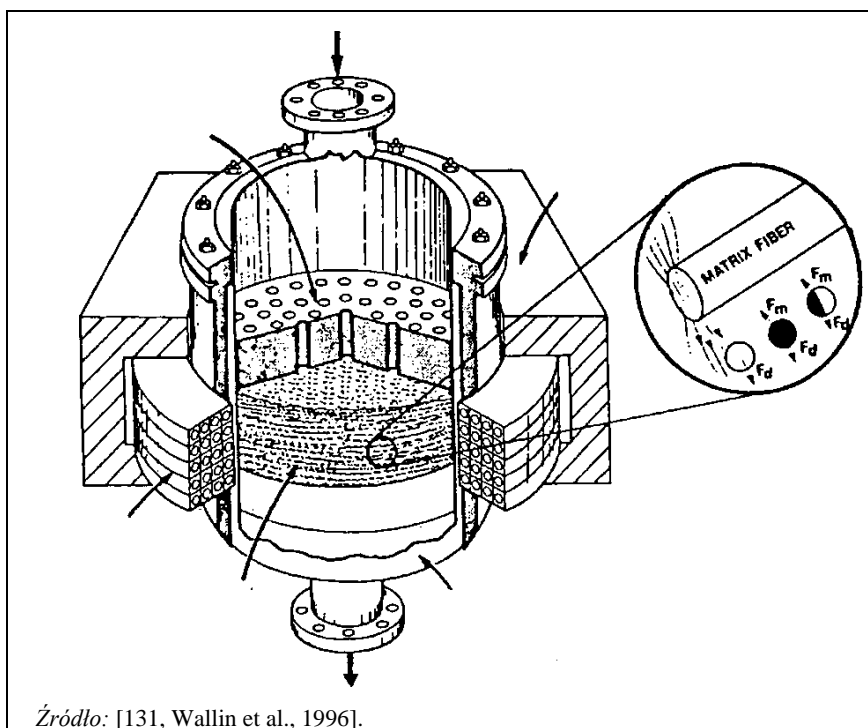
Tabela 2.24: Przykład osiągniętych poziomów emisji dla napowietrzanych łapaczy drobnych kamieni

	Dopływ [mg/l]	Odpyw [mg/l]	Redukcja [%]
Zawiesiny stałe	32.3	25.8	20.1
Substancje stałe ulegające osadzeniu	95.5	44.2	53.7
Fe ogółem	43.5	24.6	43.4
Węglowodory <sup>1</sup>	2.0	1.3	35.0

Zródło: [123, Dammann et al., 1994].  
<sup>1</sup> Ustalone zgodnie z DIN 38 409, część 18, 1981 r.

Zmniejszenie zawartości oleju i tłuszczu poprzez zastosowanie aretowanych łapaczy drobnego kamienia jako urządzenia do wstępnego oczyszczania przed filtrami żwirowymi lub piaskowymi może poprawić ich działanie. Częstotliwość płukania wstecznego zwiększa się wraz ze zmniejszeniem obciążenia cząstkami i zminimalizowaniem zatykania filtrów przez olej i tłuszcz. [137, Batisch et al., 1996].

Kamień młyński ma wysoką podatność magnetyczną i dlatego może być usuwany za pomocą **filtracji magnetycznej** (patrz przykład na rysunku 2.109). Cewka wytwarza pole magnetyczne, w którym namagnesowana jest również stalowa obudowa filtra i matryca z materiału włókienkowego (wzmocnienie); ze względu na wysokie gradienty przyciągane są małe cząstki ferromagnetyczne, takie jak drobiny kamienia młyńskiego.



Rysunek 2.109: Filtracja magnetyczna (przykładowy wysoki gradient MF)

#### ***Korzyści dla środowiska***

- Ograniczenie zrzutu zanieczyszczeń do wody, zwłaszcza zawiesiny, oleju i tłuszczu.
- Zmniejszenie zużycia wody.
- Zmniejszenie ilości wytwarzanych ścieków.

#### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

##### Przykład A: SSAB

Większa część zgorzeliny i oleju jest oddzielana w dwóch dołach zgorzelinowych w pobliżu walcowni. Stacja uzdatniania wody posiada trzy baseny do grawitacyjnego oddzielania kamienia oraz powierzchniowego oddzielania oleju i smaru. Końcowe oczyszczanie odbywa się w 10 filtrach piaskowych. W ostatnich latach stopniowo zwiększano stopień cyrkulacji wody, aby zredukować zrzut wody do rzeki do poziomu poniżej 200 m<sup>3</sup>/h (poprzednio: 3 500 m<sup>3</sup>/h, stopień recyrkulacji około > 95 %). Dodatkowo podjęto podstawowe działania mające na celu zmniejszenie wycieku np. smarów, olejów hydraulicznych z urządzeń maszynowych. Wymieniono węże, zainstalowano lepsze złącza i przeprowadza się rutynowe kontrole. [118, Andersson, 1995].

Osiągnięte wartości zrzutu wynoszą 0,4 mg/l dla oleju (0,7 t/rok) i 3,8 mg/l dla zawiesiny (6 t/rok) (rok referencyjny 1994, średnia miesięczna wartość). [118, Andersson, 1995].

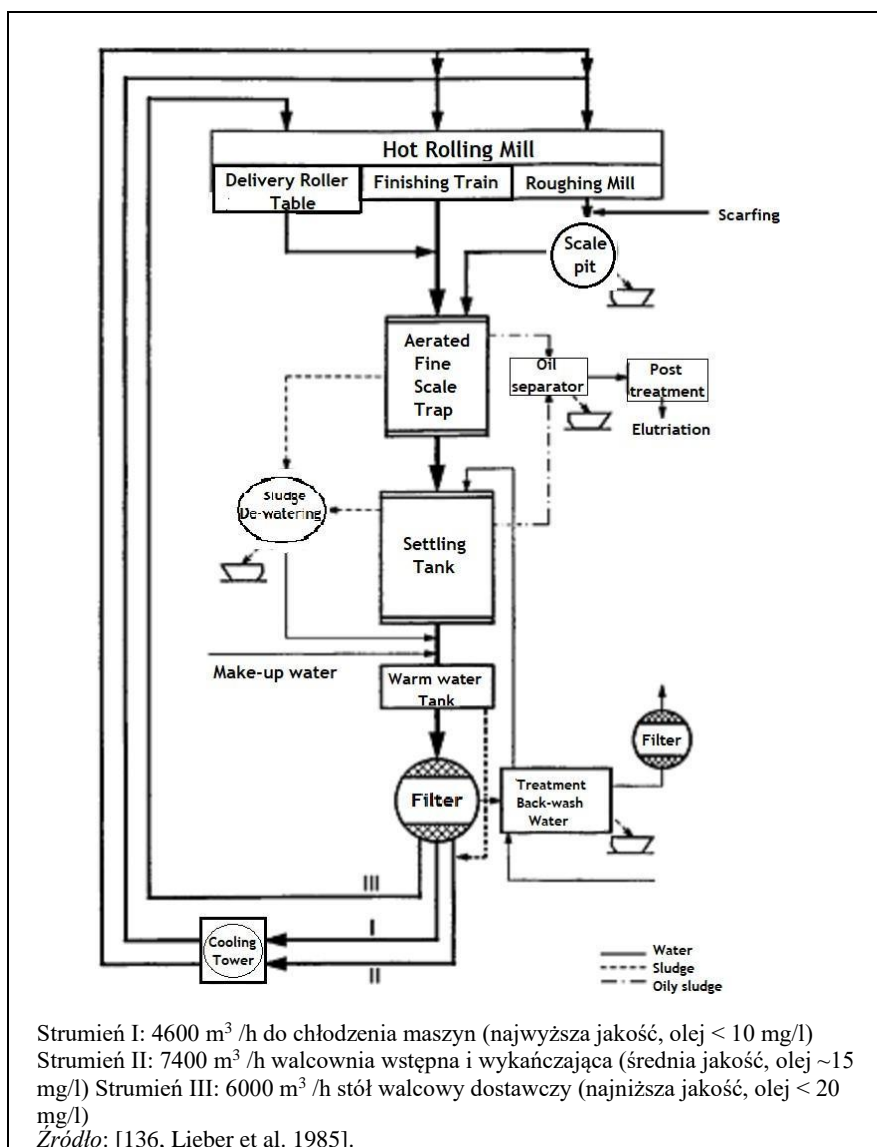
##### Przykład B: ArcelorMittal Bremen

Rysunek 2.110 przedstawia obieg wody i system oczyszczania wody zainstalowany w zakładzie ArcelorMittal Bremen. System uzdatnia średni przepływ wody wynoszący 18 000 m<sup>3</sup>/h, w tym 3 500 m<sup>3</sup>/h z walcowni wstępnej i 14 500 m<sup>3</sup>/h z ciągu wykańczającego (w tym wodę ze stołu walców podawczych, zwijarki i systemu odsysania mgły). Kamień gruby jest usuwany z wody technologicznej walcowni wstępnej w dołach zgorzelinowych, po czym jest oczyszczany wraz ze strumieniem z ciągu wykańczającego w napowietrzanych osadnikach kamienia drobnego, a następnie w osadnikach. Zanim woda zostanie ponownie wprowadzona do obiegu i rozdzielona na strumienie o różnej jakości, jest oczyszczana w filtrach piaskowych. Składają się one z trzech grup filtrów ciśnieniowych; pracując przy pełnej wydajności produkcyjnej, prędkość filtrowania wynosi 21,4 m<sup>3</sup>/h. Zredukowane stężenie zawiesin, żelaza i węglowodorów przedstawiono w tabeli 2.25. [47, Dammann 1994] [137, Batisch et al., 1996].

Tabela 2.25: Stężenie zanieczyszczeń w obiegu wody

Substancja	Dolki zgorzelinowe, napowietrzany osadnik drobnoziarnisty, osadnik		Filtr piaskowo-żwirowy		
	Wylot		Wlot <sup>1</sup>	Wylot	Redukcja
	[mg/l]		[mg/l]	[mg/l]	[%]
Zawiesiny stałe	40 - 70		36	3.5 ~ 3.8	90
Iron	10 - 20		7.7	0.85	90
Węglowodory	1 - 2		1.7	0.5 ~ 0.6	65

<sup>1</sup> Średnie stężenie na wlocie.  
Źródło: [137, Batisch et al., 1996].



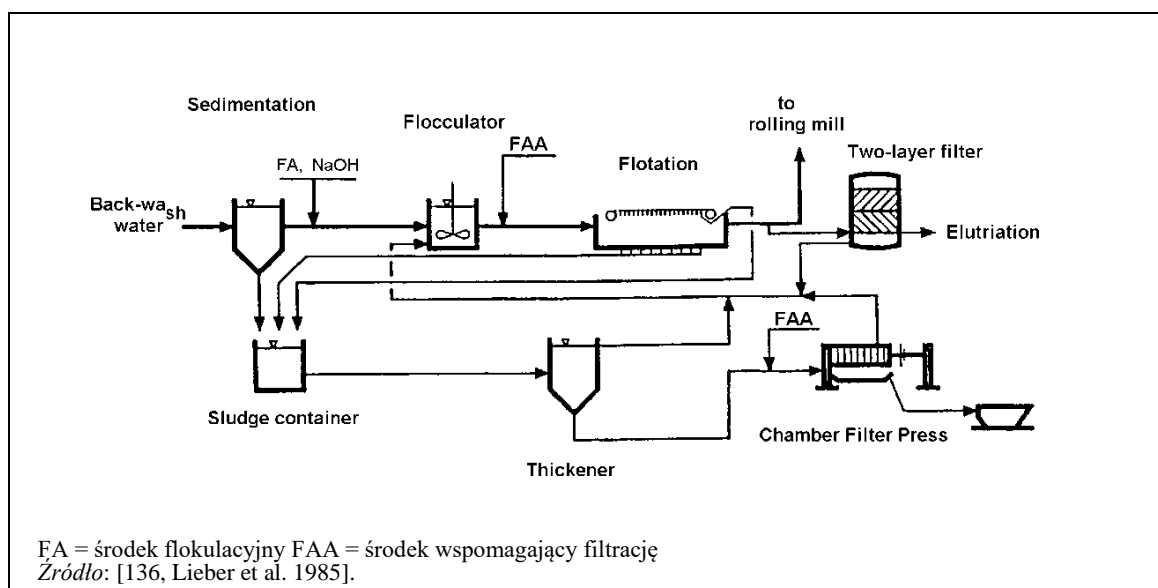
Rysunek 2.110: Przykład systemu recyrkulacji wody dla walcowni gorącej

W celu uzupełnienia strat wynikających z parowania oraz wody elucyjnej, do systemu dodawana jest woda z huty LD lub - w przypadku zatrzymania produkcji - wstępnie przefiltrowana woda z rzeki. Ilość

wody z elucji, która musi być wycofana z systemu, aby uniknąć gromadzenia się soli, jest minimalizowana poprzez ponowne wykorzystanie do płukania filtrów piaskowych oraz poprzez częściowe wykorzystanie w procesie przetwarzania żużla. [47, Dammann 1994] [137, Batisch et al., 1996].

Z płukania zwrotnego filtrów, około 750 m<sup>3</sup> /h powstaje, jak pokazano na rysunku 2.111, około 92 % ciał stałych osiada w stopniu sedymentacji; pozostałe zawiesiny (około 50 mg/l) i węglowodory (średnio 1,5 mg/l) są oczyszczane przez flokulację i flotację. Woda jest następnie recykulowana do systemu wodnego. Strumień częściowy, który musi być odrzucony, jest oczyszczany w filtrach dwuwarstwowych. Stężenie zawiesiny i węglowodorów jest znacznie poniżej dopuszczalnych wartości emisji określonych przez władze (10 mg/l SS i 1 mg/l HC). Osiągnięte poziomy emisji przedstawiono w tabeli 2.26.

W celu utrzymania obiegu wody dodaje się biocydy, inhibitory korozji i środki dyspergujące. W razie potrzeby (np. raz dziennie) przeprowadza się chlorowanie błyskawiczne.



Rysunek 2.111: Oczyszczanie wody z płukania wstecznego

Tabela 2.26: Stężenie ścieków z oczyszczania wody z płukania wstecznego

Substancja	Stężenie w mg/l	Rodzaj pobierania próbek	Pomiary w 1998 r. Organ prowadzący/komp.
Fe	0.13	Kwalifikowana próba losowa	12/6
Olej	< 0.1	Kwalifikowana próba losowa	12/6
Zawiesiny stałe	< 3	Kwalifikowana próba losowa	12/6
Cr	< 0.01	Kwalifikowana próba losowa	12/6
Ni	0.02	Kwalifikowana próba losowa	12/6
Zn	0.03	Kwalifikowana próba losowa	12/6

Uwaga:  
 Wartości średnie kwalifikowanych prób losowych z 1998 r. Objętość ścieków: 1620404 m<sup>3</sup>  
 Źródło: Senator für Bau und Umwelt Bremen. Zakład: Stahlwerke Bremen[28, DE, member TWG, 2000].

### Przykład C: ArcelorMittal Ghent

Obieg wody zainstalowany w zakładzie ArcelorMittal Ghent składa się zasadniczo z trzech systemów: systemu 3 barów do chłodzenia walców nośnych, stołu walcowniczego i silników; systemu 12 barów do chłodzenia walców roboczych i zasilania układu pomp odkamieniających oraz systemu 150 barów do odkamieniania na wyjściu z pieca oraz w walcowni wstępnej i wykańczającej. Całkowity przepływ wynosi do 13 000 m<sup>3</sup> /h.

Woda zawierająca olej i kamień z systemu 150 barów jest oczyszczana w pierwszym etapie przez doły zgorzelinowe, a następnie przez grawitacyjne filtry piaskowe. Woda technologiczna z młyna wstępnego zawiera głównie duże zgorzeliny, mniej niż 20 % zużytego oleju i smaru, nie wymaga chłodzenia i może być ponownie wykorzystana w systemie 3 barów bez dalszego uzdatniania. Woda z walcowni wykańczającej zawiera drobny kamień i ponad 80 % zużytego oleju i smaru. Po przejściu przez dekantery i filtry piaskowe, woda ta wymaga schłodzenia przed ponownym użyciem w systemie 3 bar. Ponownie wykorzystana woda z kanału zawiera mniej niż 5 mg/l zawiesiny i mniej niż 0,2 mg/l węglowodorów.

Ze względu na straty parowania i wysoką zawartość Na, Cl itp. potrzeba około 500 m<sup>3</sup> /h wody odświeżającej, która jest pobierana z walcowni zimnej. Woda elutrowana wychodzi do stalowni.

Wskaźnik ponownego wykorzystania opisanego systemu wynosi ponad 95 %.

Skuteczność oczyszczania ścieków, a tym samym stężenie odprowadzanych zanieczyszczeń, zależy między innymi od kombinacji poszczególnych operacji oczyszczania. W tabeli 2.27 zestawiono więcej przykładowych sekwencji oczyszczania wody i osiągnięte poziomy emisji.

Tabela 2.27: Redukcja zanieczyszczeń dla kilku rodzajów oczyszczania ścieków

Wyniki oczyszczania ścieków		
Przed leczeniem	Leczenie	Po obróbce [mg/l]
<b>Olej/smar:</b> 10 -200 mg/l 0,7 - 2,73 kg/t  <b>Zawiesiny (SS):</b> 120 - 2000 mg/l 0,13 - 4,57 kg/t	<b>Przykład E</b> Sedymentacja + flokulacja, flotacja + filtr piaskowy	Olej: 50 SS: 50
	<b>Przykład F</b> Sedymentacja + flokulacja + chłodzenie + filtr piaskowy	SS: < 10 Olej: <5 Fe: 12 Ni, Cr, Cu, Zn, Pb, Cd: < 0,1
	<b>Przykład G</b> Sedymentacja + flokulacja + chłodzenie + filtracja magnetyczna <sup>1</sup>	Redukcja: SS: 90 % (do 3 - 9 mg/l) Olej: 50 - 90 %.
	<b>Przykład B</b> Sedymentacja + napowietrzanie spieków + flotacja + filtr piaskowy, przedmuch: polerowanie biologiczne	Redukcja: SS (>63 m): > 99 %. 31 < SS <63 m): 20 - 80 %:
	<b>Przykład H</b> Cyklony, osadniki, filtry piaskowe, chłodnie kominowe	Ropa: 50 (= 20 g/t) SS: 50 (= 20 g/t) CHZT: 100
<sup>1</sup> Stężenie przed obróbką: 30 - 100 mg zawiesiny/l Źródło: [55, Haskoning 1993].		

### Efekty krzyżowe

Olej i szlam powstają jako odpady przy oczyszczaniu ścieków. [27, DE, member TWG, 1999].

### Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania

Generalnie nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

### Aspekty ekonomiczne

Brak informacji.

***Cel wdrożenia***

Przepisy dotyczące ochrony środowiska.

***Przykładowe zakłady***

Szeroko stosowany.

***Bibliografia***

[87, EUROFER 1998] [50, Rentz et al. 1998] [150, FMP TWG 2018] [133, Theobald, 1997].  
[137, Batisch et al., 1996] [118, Andersson, 1995] [47, Dammann 1994] [27, DE, TWG member, 1999].



## 2.5 Pojawiające się techniki walcowania na gorąco

### 2.5.1 Organiczny cykl Rankina (ORC) - odzyskiwanie ciepła z gazów odlotowych z pieców do nagrzewania walcowni

#### *Opis*

Ciepło niskoprocentowe z gazów spalinowych pieców do dogrzewania walców gorących jest przetwarzane na energię elektryczną za pomocą cieczy o dużej masie cząsteczkowej.

#### *Opis techniczny*

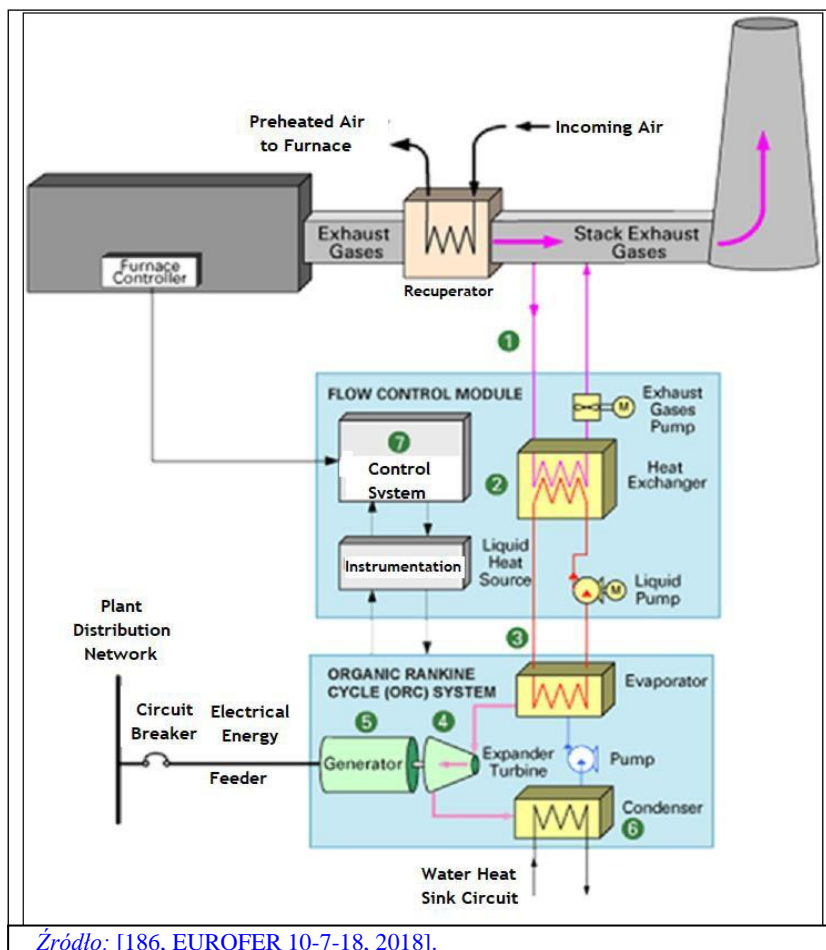
##### Ogólne zasady organicznego cyklu Rankina

W konwencjonalnym cyklu Rankina płyn roboczy (zwykle woda) jest podgrzewany do nasycenia w kotle, para wodna rozpręża się w turbinie wytwarzając pracę, wraca do stanu ciekłego w skraplaczu i jest pompowana z powrotem do kotła, aby powtórzyć cykl.

W ORC zamiast wody jako cieczy roboczej stosuje się ciecze organiczne o wysokiej masie cząsteczkowej. Na ogół stosowane rodzaje płynów roboczych to siloksany lub węglowodory. Płyny te wykazują znacznie niższe temperatury wrzenia niż woda. Ciecz robocza jest odparowywana w wymienniku ciepła przy użyciu ciepła z odpadowych gazów spalinowych. Ciecz robocza przechodzi w stan gazowy i rozpręża się w turbinie bezpośrednio połączonej z generatorem w celu wytworzenia energii elektrycznej. Ciecz robocza jest skraplana w chłodzonym wodą skraplaczu i pompowana z powrotem do wymiennika ciepła. ORC są stosowane do wytwarzania energii elektrycznej z wykorzystaniem nisko- i średniotemperaturowych źródeł ciepła (np. ciepła niskotemperaturowego), zwykle w zakresie od 80 °C do 350 C.

Proces wychwytywania ciepła odpadowego i wytwarzania energii elektrycznej w układzie ORC przedstawiono na rysunku 2.112. Poszczególne etapy to: [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

- gorące spaliny przechodzą przez wymiennik ciepła;
- w wymienniku ciepła ciepło jest przekazywane z gorących spalin do organicznego płynu roboczego, takiego jak olej silikonowy (heksametylodisiloksan), węglowodory lub fluorowane czynniki chłodnicze [163, Foresti i in., 2016];
- gorący płyn roboczy jest pompowany do parownika odzysku ciepła w układzie ORC;
- płyn roboczy jest gotowany w parowniku ORC i podawany do turbiny rozprężnej, która napędza generator elektryczny;
- turbogenerator wytwarza energię elektryczną, która jest wprowadzana do zakładowej sieci dystrybucyjnej;
- Spalony czynnik chłodniczy jest skraplany przy użyciu wody roślinnej jako radiatora i pompowany z powrotem do parownika, aby powtórzyć cykl;
- sterownik główny monitoruje wszystkie istotne parametry i zmienne procesu ORC, w tym przepływ, ciśnienie, temperaturę i moc elektryczną, ale także steruje pompami o zmiennej prędkości dla optymalnej sprawności cieplnej.



Rysunek 2.112: Schemat organicznego cyklu Rankina.

### Zastosowanie techniki ORC do pieców grzewczych w walcowniach gorących

W walcowniach gorących stosuje się piece do ponownego podgrzewania kęsów, kęsisk lub blach z temperatury otoczenia lub z około 800 °C w przypadku ładowania na gorąco do 1 250 °C. Najważniejszymi typami pieców do dogrzewania są piece przepychowe lub piece pokroczne. W tych piecach od 20 % do 30 % energii wejściowej jest zwykle marnowane przez straty w ścianach i drzwiach, ale także przez spaliny. Zazwyczaj temperatura spalin pomiędzy rekuperatorem powietrza do spalania a kominem mieści się w zakresie 250-400 °C.

Pierwsze zastosowanie odzysku ciepła przez ORC z pieców dogrzewających w walcowniach gorących rozpoczęto w kwietniu 2013 roku w Singapurze. Ciepło ze spalin pieca dogrzewającego (o temperaturze około 400°C) jest przechwytywane poprzez wymiennik ciepła w instalacji ORC. Ciecz robocza jest cieczą organiczną (heksametylodisiloksan). Po odzyskaniu w układzie ORC, temperatura spalin przed wypuszczeniem do atmosfery przez komin mieści się w zakresie 130-150 °C. W efekcie podgrzany płyn roboczy przechodzi w stan gazowy i rozpręża się w turboekspanderze, który jest bezpośrednio podłączony do generatora w celu produkcji energii elektrycznej [181, Wong, 2013].

Drugie zastosowanie odzysku ciepła z wykorzystaniem układu ORC do wytwarzania energii elektrycznej zostało zgłoszone w walcowni gorącej w Niemczech dla pieca przepychowego jako rozpoczynające się w 2014 roku (Badische Stahlwerke GmbH (Plant 140 HR - data collection) [197, Menges et al., 2017].

### **Korzyści dla środowiska**

Zwiększona efektywność energetyczna.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

W walcowni NatSteel skumulowana energia elektryczna wytworzona w okresie testowym trwającym

37 dni przy zastosowaniu układu ORC o mocy 700 kW wyniosła 109 390 kWh [181, Wong, 2013].

W 2017 roku w Badische Stahlwerke GmbH po zainstalowaniu systemu ORC zaoszczędzono około 60 000 kWh rocznie. Oczekiwano jednak ponad 1 400 000 kWh oszczędności energii, ale nie udało się ich osiągnąć z powodu problemów inżynierskich zakładu [197, Menges et al., 2017].

### ***Efekty krzyżowe***

Nie stwierdzono.

### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Generalnie nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

### ***Aspekty ekonomiczne***

W skali globalnej oszacowano potencjalny odzysk 310 MW energii, gdyby instalacje ORC zostały zainstalowane w 209 walcowniach w całej UE-27. [158, Campana et al., 2013].

W piecu grzewczym walcowni NatSteel, koszty instalacji instalacji ORC wyniosły 3,7 mln USD przy rocznych oszczędnościach energii netto w granicach 650 000 USD - 750 000 USD rocznie. [181, Wong, 2013].

### ***Cel wdrożenia***

Dostawa energii elektrycznej do zakładowej sieci dystrybucyjnej.

### ***Przykładowe zakłady***

- Piec dogrzewający walcowni NatSteel w Singapurze. [163, Foresti et al., 2016] [181, Wong, 2013].
- Badische Stahlwerke GmbH (zakład 140 HR - gromadzenie danych).

### ***Bibliografia***

[186, EUROFER, 2018] [158, Campana et al., 2013] [163, Foresti et al., 2016].  
[181, Wong, 2013] [197, Menges et al., 2017].

## **2.5.2 Elektryczne spawanie kęsów z użyciem rozpylaczy wodnych i urządzenia typu "spark killer" dla ograniczenia emisji niezorganizowanej pyłu**

### ***Opis***

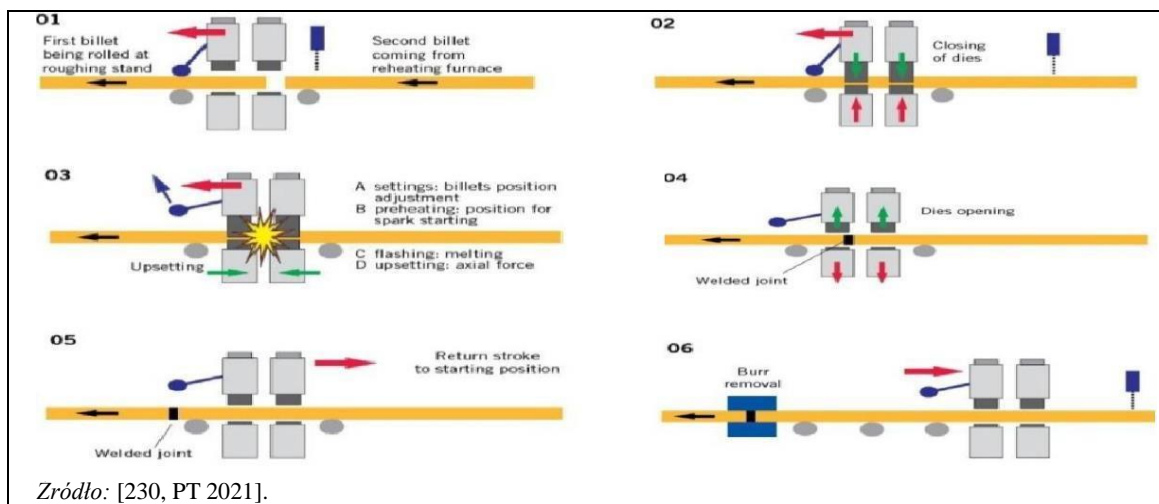
Elektryczne spawanie kęsów odbywa się bez użycia jakichkolwiek zewnętrznych elementów chemicznych do procesu stapiania i przy użyciu natrysków wodnych w połączeniu z urządzeniem iskrzącym do tłumienia niezorganizowanej emisji pyłu.

### ***Opis techniczny***

Zasadniczo, łączenie kęsów jest realizowane przy użyciu prądu elektrycznego przepływającego przez dwa kęsy umieszczone w kontakcie z zaciskami z materiału przewodzącego (stop miedzi). W procesie spawania elektrycznego, stapianie materiału i w konsekwencji łączenie kęsów odbywa się bez udziału jakichkolwiek zewnętrznych elementów chemicznych, poza tymi, które już są obecne w kęsach.

Ponadto, technika ta nie wymaga stosowania związków gazowych i wykorzystuje urządzenie zabijające iskry w połączeniu z natryskami wodnymi w celu zmniejszenia emisji pyłów ulotnych. Ze względu na te cechy, ten proces spawania kęsów różni się od wszystkich innych konwencjonalnych procesów spawania.

Podczas łączenia, które jest procesem przerywanym trwającym około 12 sekund, urządzenie do zabijania iskier zainstalowane na urządzeniu do spawania elektrycznego przesuwają się w dół do miejsca łączenia, aby ograniczyć iskry elektryczne i opary. Jednocześnie strefa łączenia jest spryskiwana stosunkowo dużą ilością wody chłodzącej, która w bardzo skuteczny sposób przyczynia się do ograniczenia emisji niezorganizowanych pyłów. [230, PT 2021]



Rysunek 2.113: Schemat przedstawiający zasady spawania elektrycznego kęsów z wykorzystaniem natrysków wodnych w połączeniu z urządzeniem iskrzącym do tłumienia niezorganizowanej emisji pyłu.

### **Korzyści dla środowiska**

Ograniczenie emisji niezorganizowanej pyłu.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Ze względu na skuteczne działanie urządzenia zabijającego iskry w połączeniu z natryskami wodnymi, podczas procesu spawania elektrycznego kęsów nie dochodzi do znacznych emisji cząstek stałych. W związku z tym zakłady stosujące tę technikę spawania nie są wyposażone w urządzenia odciągowe i redukujące niezorganizowane emisje pyłów.

W zależności od wielkości kęsów, elektryczny system spawania zużywa średnio 2 kWh na każdą spoinę.

Powstają odpady w postaci iskier spawalniczych, zadziórów z urządzenia do czyszczenia spoin (są to kawałki stali o tym samym składzie chemicznym co kęsy). Powstałe odpady są zbierane za pomocą dedykowanego przenośnika i mogą być w całości ponownie wykorzystane w hucie. Ponadto, jedną z zalet techniki spawania elektrycznego jest ograniczenie cięć czołowych i ogonowych podczas walcowania, co pozwala na zmniejszenie ogólnej ilości odpadów stalowych.

System spawania elektrycznego jest zainstalowany na samochodzie, co pozwala na odsunięcie sprzętu na bok w celu wykonania operacji konserwacyjnej w bezpiecznych warunkach. Urządzenie do zabijania iskier jest samoczyszczące przy użyciu czterech ostrzy i dedykowanego cyklu czyszczenia. System spawania elektrycznego jest zwykle instalowany w zamkniętym obszarze bez pracowników w pobliżu.

W sumie natryski wodne zużywają 11 m<sup>3</sup> /h wody chłodzącej, co w walcowni jest ilością pomijalną. Woda chłodząca może być ponownie wykorzystana w otwartym obiegu wody chłodzącej walcarki. [230, PT 2021]

### **Efekty krzyżowe**

Nie zgłoszono.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

- Ogólnie stosowane do spawania kęsów stalowych.
- Technika może mieć zastosowanie również do innych rodzajów spawania metali żelaznych.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Zapobieganie emisji niezorganizowanej pyłu.

***Przykładowe zakłady***

- Alfa Acciai (Włochy, zainstalowany w 2019 roku).
- Alpa (Francja, zainstalowana w 2018 roku).
- Ferriere Nord (Włochy, zainstalowany w 2016 roku).
- Elbe Stahlwerke (Niemcy, zainstalowany w 2021 roku).

***Bibliografia***

[230, PT 2021].

### 3. WALCOWANIE ZIMNE

#### 3.1 Ogólne informacje o walcowaniu na zimno

##### 3.1.1 Płaskie wyroby zimno walcowane

Całkowita produkcja wyrobów walcowanych na zimno w 2019 r. wyniosła 43,0 mln ton w UE-27 i Wielkiej Brytanii.

Produkcję taśm zimno walcowanych można podzielić na różne sektory produkcji: walcowanie na zimno wąskich taśm gorących o szerokości mniejszej niż 500 mm oraz walcowanie na zimno szerokich blach walcowanych na gorąco, a następnie cięcie. Około dwie trzecie całkowitego zapotrzebowania na wąskie taśmy w UE jest produkowane przez cięcie szerokich blach. [5, Beddows & Co. 1995].

W tabeli 3.1 przedstawiono produkcję blach i taśm walcowanych na zimno dla kilku państw członkowskich UE i Zjednoczonego Królestwa. W tabeli 3.2 przedstawiono liczbę i zdolności produkcyjne dwóch głównych typów walcowni zimnych działających w UE (tj. walcowni nawrotnych i tandemowych).

Tabela 3.1: Produkcja blach i taśm CR w 2019 r.

	Produkcja blach i taśm walcowanych na zimno [tys. t]
<b>Austria</b>	3 071.5
<b>Belgia</b>	5 155.3
<b>Bułgaria</b>	0
<b>Czechy</b>	42.7
<b>Dania</b>	0
<b>Finlandia</b>	1 296.8
<b>Francja</b>	5 095.4
<b>Niemcy</b>	10 513.7
<b>Grecja</b>	0
<b>Luksemburg</b>	0
<b>Holandia</b>	2 732.1
<b>Polska</b>	984.2
<b>Portugalia</b>	321.2
<b>Rumunia</b>	512.2
<b>Słowacja</b>	1 907.9
<b>Słowenia</b>	8.9
<b>Szwecja</b>	822.7
<b>Hiszpania</b>	3 311.2
<b>UK</b>	1 682.8
<b>Węgry</b>	397.2
<b>Włochy</b>	5 146.2
<b>Razem</b>	<b>43 002.6</b>
Uwaga: rok referencyjny 2019. Źródło: [229, EUROFER 2021].	

Tabela 3.2: Liczba i wydajność nominalna walcowni CR w UE (walcownie nawrotowe/tandemowe)

Typ walcarki do walcowania na zimno		Razem	Zakres wydajności nominalnej (t/h)								
			0-19	20-39	40-59	60-79	80-99	100-119	120-149	150-199	200-299
Walcarka nawrotowa	Wydajność nominalna (t/h)	1266	551	425	46	129	0	114	0	0	0
Walcarka nawrotowa	Liczba instalacji	96	78	14	1	2	0	1	0	0	0

Walcarka posobna	Wydajność nominalna (t/h)	6155	15	73	197	616	88	342	1418	872	2533
Walcarka posobna	Liczba instalacji	49	3	3	4	9	1	3	10	5	11
Uwaga: rok referencyjny 2019. Źródło: [229, EUROFER 2021].											

## 3.2 Stosowane procesy i techniki w walcowaniu na zimno

### 3.2.1 Przegląd procesu

Przy walcowaniu na zimno właściwości wyrobów taśmowych walcowanych na gorąco, np. grubość, cechy mechaniczne i technologiczne, są zmieniane przez zginięcie między walcami, zwykle bez uprzedniego nagrzewania wsadu. W niektórych przypadkach może być przeprowadzone wcześniejsze wyżarzanie taśmy na gorąco. Wsad jest otrzymywany z walcowni gorących w postaci kręgów.

Etapy i kolejność przetwarzania w walcowni zimnej zależy od jakości obrabianej stali. Obróbka stali **niskostopowych i stopowych (stali węglowych)** przebiega zwykle w kolejności: trawienie, walcowanie, wyżarzanie, walcowanie wygładzające i wykańczanie.

Ścieżka technologiczna dla **stali wysokostopowej (stali nierdzewnej)** wymaga wstępnego etapu wyżarzania przed trawieniem ze względu na twardość stali jakościowej, a ponadto może być konieczne kilka dodatkowych etapów wyżarzania i/lub trawienia podczas walcowania.

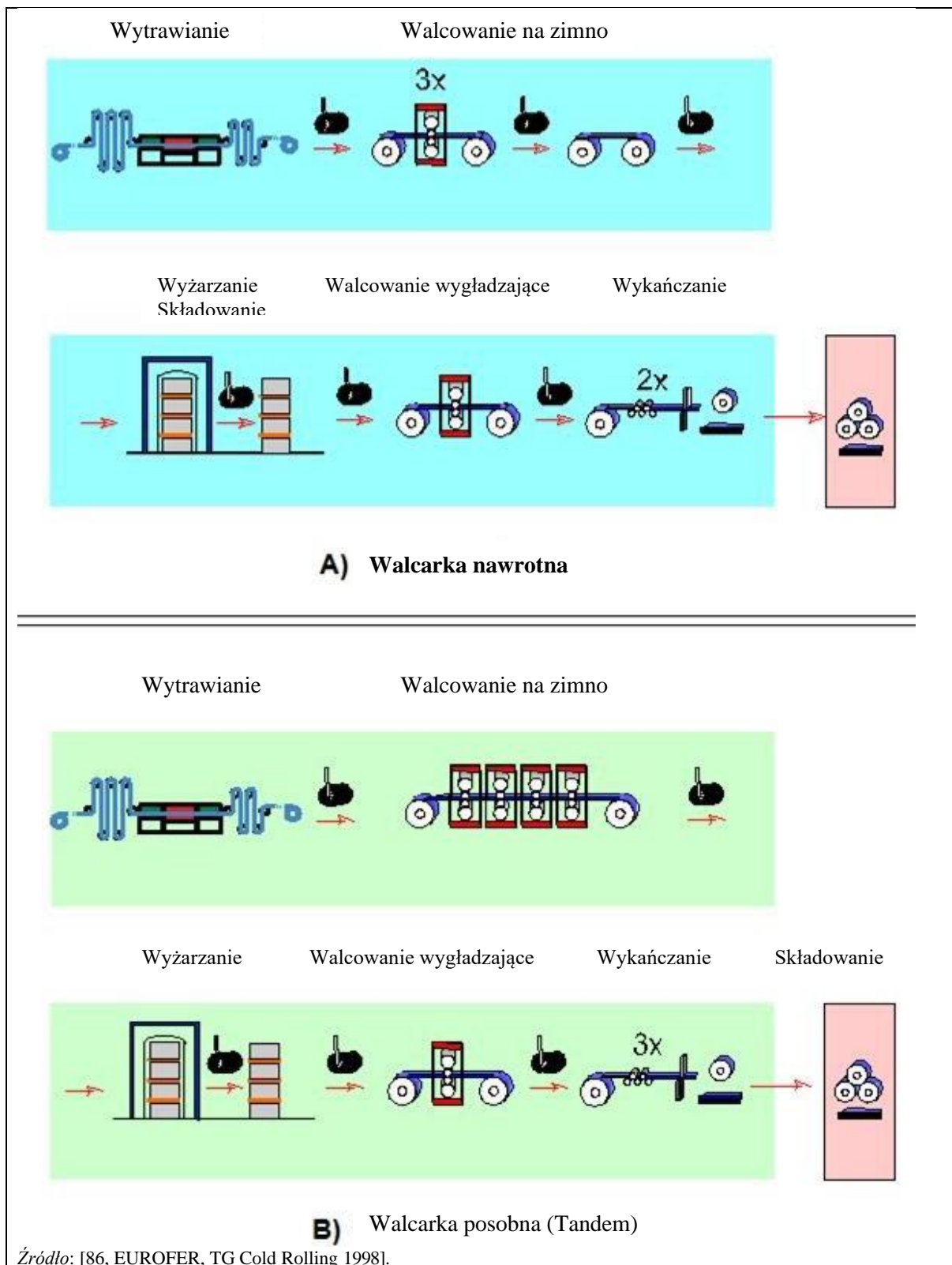
Wyroby walcowane na zimno to głównie taśmy i blachy cienkie (typowa grubość 0,16-3 mm) z wysokiej jakości wykończeniem powierzchni i precyzyjnych właściwościach metalurgicznych do zastosowania w produktach o wysokich wymaganiach.

#### *Walcownie zimne (walcownie zimne taśm)*

Typowe układy walcowni zimnych przedstawiono na rysunku 3.1. Zakłady te zazwyczaj obejmują:

- **Ciągłą linię wytrawiania**, gdzie warstwa tlenku powstała podczas walcowania na gorąco jest usuwana poprzez trawienie kwasem siarkowym, solnym lub mieszaniną kwasu azotowego i fluorowodorowego. W celu poprawienia kształtu taśmy i mechanicznego rozbicia warstwy tlenku można zastosować prostownicę rozciągającą lub zabudowany w linii przepust wygładzający.
- **Walcarkę zimną** składającą się zazwyczaj z czteroklatkowej lub pięcioklatkowej **walcarki posobnej** lub **walcarki** nawrotnej czterowalcowej. Alternatywnie, można stosować walcarki sześciowalcowe, które poprawiają kontrolę płaskości. Walcowanie na zimno zmniejsza początkową grubość taśmy gorąco walcowanej zazwyczaj o 50-80 % (możliwe jest również osiągnięcie 90 %).
- **Urządzenia wyżarzające** do przywrócenie ciągliwości poprzez rekrytalizację taśmy stalowej, którą traci w wyniku umocnienia podczas walcowania na zimno lub, w niektórych przypadkach normalizację taśmy stalowej w temperaturze 950 °C, na przykład w celu uzyskania wyrównanej drobnoziarnistej mikrostruktury [218, EUROFER 2020].
- **Walcarki wygładzające** do nadawania wyżarzonemu materiałowi wymagane właściwości mechaniczne (zapobiegają powstawaniu linii Lüdersa podczas ciągnięcia) oraz wymaganą chropowatość powierzchni. Materiał jest poddawany lekkiemu przepustowi wygładzającemu, zwykle na walcarce cztero-, a czasami sześciowalcowej. Gładkość walców roboczych walcarki jest przenoszona na taśmę poprzez nacisk walców. Walcarka wygładzająca zapewnia również ostateczną płaskość produktu.
- **Kontrola i linie wykańczające**, gdzie kręgi o różnych długościach mogą być zgrzewane razem, aby osiągnąć wymagany ciężar lub mogą być cięte na wymaganą szerokość. Ponadto kręgi są cięte na arkusze o wymaganej długości i szerokości. Jednocześnie wadliwe odcinki taśmy mogą być złomowane. Można stosować liniowe prostownice naprężeń oraz urządzenia do olejowania taśmy w celu zapobiegania rdzy.
- **Linie pakowania kręgów lub arkuszy blach** w zależności od miejsca przeznaczenia i/lub środka transportu.
- **Warsztat walców**, gdzie przygotowywane są walce robocze i zapasowe dla walcarki zimnej i walcarki wygładzającej.





Rysunek 3.1: Typowe konfiguracje walcowni taśm zimno walcowanych

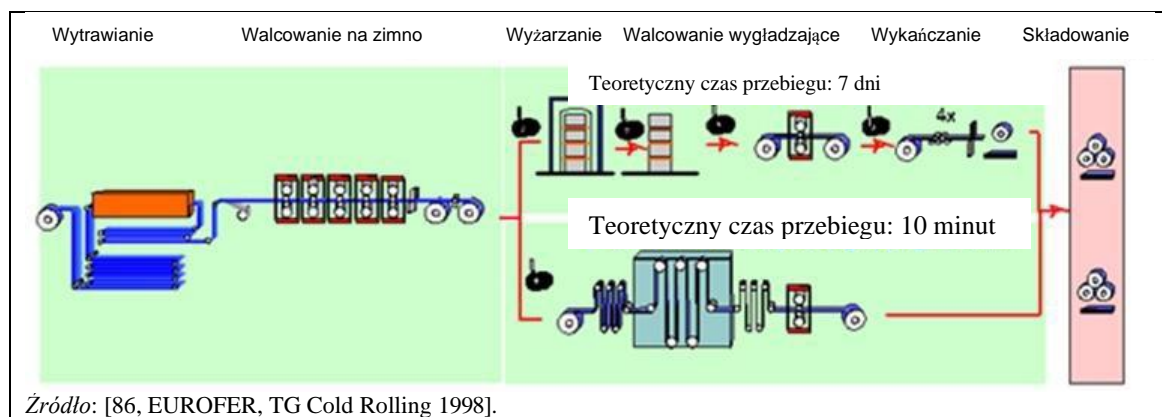
W przypadku produkcji blach ze stali elektrotechnicznej konstrukcja walcarki jest podobna do opisanych powyżej. Walcarka składa się zwykle z nawrotnej klatki walcowniczej kwatro, która jest powiększona do walcowania i alternatywnego walcowania wygładzającego (przepust zgrubny ze zgniotem do 7 %).

W przypadku wyższej zawartości krzemu, grzewzenie doczołowe przednich i tylnych końców kręgów

do taśmy bezkońcowej musi być zastąpione „klamrowaniem” końców kręgów.

Tendencje techniczne i postęp w produkcji taśm zimno walcowanych, napędzane rosnącym zapotrzebowaniem rynku i konkurencją ze strony alternatywnych materiałów, mają na celu zwiększenie wydajności i produkcji zakładów poprzez minimalizację czasu przetwarzania oraz zużycia materiałów i energii. Równocześnie zmniejsza się wpływ zakładów na środowisko. Rysunek

3.2 przedstawia sprzężoną linię do wytrawiania i walcowania oraz zmodyfikowaną koncepcję zakładu, która skraca czas procesu wyżarzania i następujących po nim operacji z 3-7 dni (2-3 dni przy zastosowaniu wodoru) przy wyżarzaniu wsadowym do około 10 minut przy ciągłej linii wyżarzania i obróbki (CAPL). [86, EUROFER, TG Cold Rolling 1998][Com VDMA]



Rysunek 3.2: Kombinowana linia technologiczna wytrawiania i walcowania na zimno z konwencjonalnym procesem nieprzelotowym a wyżarzanie ciągłe z obróbką.

### 3.2.2 Wytrawianie walcowanej na gorąco stali niskostopowej i stopowej

Cała powierzchnia kręgów walcowanych na gorąco jest pokryta cienką warstwą zgorzeliny zawierającej tlenki, które muszą być usunięte przed walcowaniem na zimno. Realizuje się to przez wytrawianie kwasem solnym lub kwasem siarkowym w temperaturach najczęściej w zakresie od 75°C do 95°C.

Po wytrawieniu taśma lub blacha cienka musi być dokładnie spłukana wodą zdemineralizowaną (lub o równoważnej jakości), a następnie wysuszona. Natłuszczanie wykonuje się albo olejem walcowniczym, albo olejem antykorozyjnym. [86, EUROFER, TG Cold rolling 1998].

#### *Linie wytrawiania*

Wytrawianie może być realizowane w procesie nieprzelotowym (zazwyczaj dla prętów, walcówki lub rur), w procesie pół-ciągłym lub w procesie ciągłym i może się składać z kilku etapów stosujących różne kąpiele kwasowe. Poniższy opis procesu dotyczy linii ciągłego wytrawiania, w których stal jest wytrawiana w formie kręgów. Każdy z niżej opisanych etapów wytrawiania może być również realizowany jako nieprzelotowy proces indywidualny.

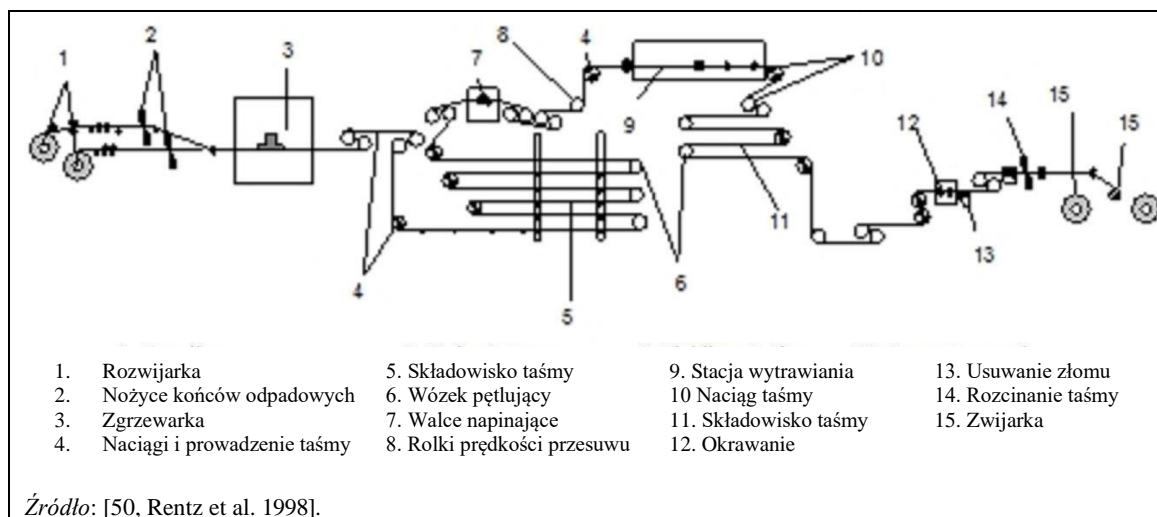
- Typowa instalacja do trawienia może zawierać następujące elementy:
- Urządzenie chroniące kręgi przed uszkodzeniem, zainstalowane na rozwijarce, dla uniknięcia występowania linii płynięcia (linie Lüdersa) przy wchodzeniu kręgu gorąco walcowanego.
- Zgrzewanie końców kręgów gorąco walcowanych, dla uzyskania taśmy ciągłej, w celu zapewnienia stałych czasów wytrawiania.
- Wyposażenie prostujące przed wejściem taśmy gorąco walcowanej do wanien do wytrawiania. Prostowanie poprawia płaskość taśmy gorąco walcowanej i wydajność trawienia w wyniku usuwania zgorzeliny podczas prostowania.
- Strefę wytrawiania chemicznego; wyposażenie do wytrawiania w postaci głębokiej wanny lub płytkiej wanny (z turbulencją).

- Strefy płukania do usuwania resztek kwasu z powierzchni taśmy.
- Okrawanie taśmy dla uzyskania ciętych krawędzi i dokładnych szerokości.
- Kontrolę taśmy na tolerancje wymiarowe, wady powierzchniowe i pozostałości.
- Natłuszczanie taśmy (Uwaga: może to nie być wymagane w kombinowanej linii wytrawiania i walcowania).

Wytrawianie odbywa się w całkowicie zamkniętych instalacjach lub wannach wyposażonych w okapy. W obu przypadkach urządzenia pracują przy ciągłym odsysaniu w celu usunięcia wszelkich oparów generowanych przez specyficzne techniki ograniczania emisji, takie jak płuczki mokre.

Nowoczesna wytrawialnia składa się z wani do wytrawiania wyposażonych w pompy zewnętrzne. Zamiast ciągłego przepuszczania taśmy stalowej przez kąpiel kwasową, kwas jest pompowany przez system obiegowy przez dysze zamontowane w samej kąpeli. Powstałe w ten sposób turbulencje sprzyjają reakcjom trawienia. [86, EUROFER, TG Cold rolling 1998].

Duże linie ciągłego wytrawiania mogą mieć wydajność do 2,4 mln t/r. Na rysunku 3.3 przedstawiono etapy operacyjne w liniach do ciągłego wytrawiania. [50, Rentz et al. 1998].



Rysunek 3.3: Schemat linii ciągłego wytrawiania.

### 3.2.3 Wyżarzanie (I) i wytrawianie (I) stali wysokostopowej gorąco walcowanej

Kręgi taśm ze stali nierdzewnej produkowane przez walcowanie na gorąco są znane jako kręgi „taśmy gorącej”. Ze względu na obecność zgorzeliny tlenkowej i warstwy zubożonego chromu, powstałych podczas walcowania na gorąco, stal musi być również poddawana usuwaniu zgorzeliny/wytrawianiu przed walcowaniem na zimno. Ponadto, ze względu na większą twardość stali w porównaniu ze stalą węglową, konieczne jest wyżarzanie początkowe (I). Proces wyżarzania obejmuje trzy stopnie: podgrzewania do temperatury wyżarzania, wygrzanie w tej temperaturze i ochłodzenia. Można stosować zarówno procesy wyżarzania ciągłego, jak i nieprzelotowego. [86, EUROFER, TG Cold rolling 1998].

#### Wyżarzanie

Gatunki ferrytyczne są zazwyczaj wyżarzane w postaci ciasno zwiniętych kręgów w nieprzelotowym urządzeniu do obróbki cieplnej. Instalacje takie mogą być wykorzystywane do pełnego cyklu nagrzewania, wyrównywania temperatury i ochładzania. Na trzonie pieca umieszcza się jeden lub więcej kręgów i przykrywa je, aby utworzyć zamkniętą komorę piecową. Grzanie może być uzyskiwane przez opalanie gazem lub ogrzewanie elektryczne. Z powodów metalurgicznych

potrzebna jest atmosfera ochronna (azot/wodór). Stale ferrytyczne są najczęściej wyżarzane przy temperaturach stali do 800°C. [86, EUROFER, TG Cold rolling 1998].

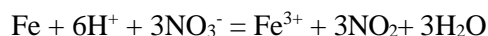
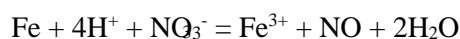
W przypadku ciągłego wyżarzania stali austenicznych, krąg stalowy jest rozwijany i przepuszczany przez jeden lub więcej pieców do obróbki cieplnej. Piece te składają się zazwyczaj z konstrukcji stalowej wyłożonej materiałami ogniotrwałymi (lub innymi materiałami izolacyjnymi) i są zazwyczaj bezpośrednio opalane paliwem gazowym. Atmosfera utleniająca jest potrzebna do utworzenia zgorzeli, która jest bogata w tlen, aby umożliwić lepsze trawienie. Gazy odlotowe są odprowadzane przez kanały spalinowe pod wpływem naturalnego lub wymuszonego ciągu. Zazwyczaj do wyżarzania stali austenicznych konieczne są temperatury taśmy do 1 100 °C. Taśma stalowa przechodzi następnie przez sekcję chłodzenia i może być schładzana za pomocą strumieni gazu, powietrza, natrysków wodnych lub wody hartowniczej. Wyżarzanie ciągłe jest zazwyczaj połączone z instalacją usuwania zgorzeli/wytrawiania, jak opisano powyżej, w celu stworzenia linii ciągłego wyżarzania i wtrawiania. [86, EUROFER, TG Cold Rolling 1998]

### *Usuwanie zgorzeli i wytrawianie*

Po wyżarzeniu ze stali jest usuwana zgorzelina dla uzyskać powierzchnię stalową odpowiednią do walcowania na zimno. Przed wytrawianiem chemicznym można zastosować mechaniczne usuwanie zgorzeli, takie jak śrutowanie lub rozbijanie zgorzeli, w celu usunięcia trudnej do zbitia zgorzeli. Jednak staranna kontrola takich procesów mechanicznych jest konieczna, aby zminimalizować uszkodzenia powierzchni taśmy, które mogłyby wpłynąć na jakość produktu końcowego.

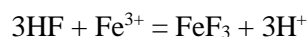
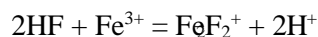
Końcowe usunięcie zgorzeli, w tym usunięcie warstwy zubożonego chromu, znajdującej się pod zgorzeliną, odbywa się zazwyczaj poprzez wytrawianie w mieszaninie kwasów azotowego i fluorowodorowego w temperaturze do 70 °C. Stężenie zastosowanego kwasu zależy od przetwarzanego materiału, ale normalnie mieści się w zakresie 10-18 % kwasu azotowego i 1-5 % kwasu fluorowodorowego.

Reakcje chemiczne zachodzące podczas wytrawiania stali nierdzewnych są złożone i polegają na usunięciu przywarłej warstwy zgorzeli przez połączone działanie stosowanych kwasów. Dominującą reakcją chemiczną podczas wytrawiania jest rozpuszczanie metali przez kwas azotowy. Jako produkt uboczny tych reakcji powstaje zarówno tlenek jak i dwutlenek azotu. Reakcje przedstawione poniżej dotyczą dominującego żelaza, ale podobne reakcje zachodzą również w przypadku pierwiastków stopowych obecnych w stali nierdzewnej, takich jak nikiel i chrom.



Generowany NO<sub>x</sub> jest częściowo rozpuszczalny w kwasie, ale po osiągnięciu granicy rozpuszczalności opary NO<sub>x</sub> przechodzą do fazy gazowej i są uwalniane z wanien do wytrawiania. Szybkość tworzenia się NO<sub>x</sub> wzrasta wraz ze wzrostem temperatury.

Powstałe w reakcjach rozpuszczania jony metali reagują następnie z kwasem fluorowodorowym, co prowadzi do powstania kompleksów metali.



Kombinacja tych dwóch zestawów reakcji powoduje zużycie zarówno kwasu azotowego jak i fluorowodorowego. Aby utrzymać optymalne warunki do usuwania zgorzeli, w razie potrzeby prowadzi się regularne dolewki świeżego kwasu. Kompleksy fluorku żelaza powstające w reakcjach rozpuszczania mają ograniczoną rozpuszczalność i jeśli pozwoли się, aby stężenie żelaza osiągnęło 5% (40 g/l), wówczas rozpocznie się wytrącanie fluorku żelazowego. Wytrącanie to powoduje powstawanie dużych ilości twardego, krystalicznego szlamu.

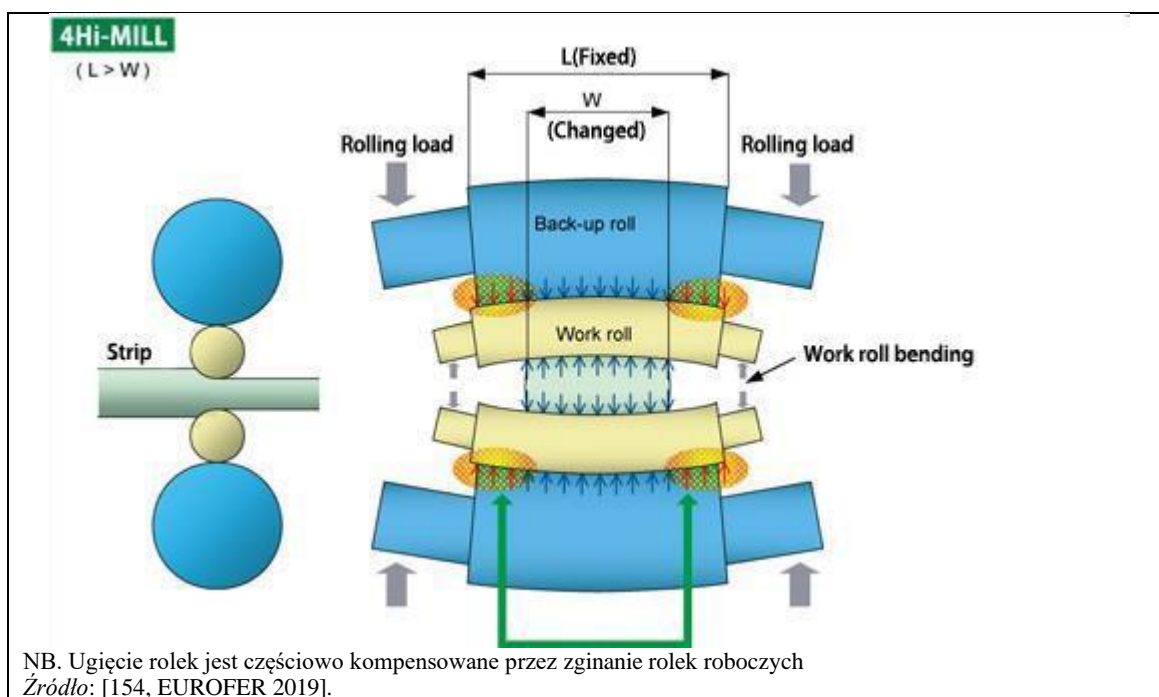
Konstrukcja linii trawienia jest zazwyczaj taka sama jak w przypadku wytrawiania stali niskostopowych, z tym że po wyjściu z ostatniej wanny do wytrawiania taśma stalowa jest płukana wodą

w celu usunięcia śladów kwasu, a następnie suszona. Olej nie jest nakładany na taśmę ze względu na odporność stali nierdzewnej na korozję. [86, EUROFER, TG Cold rolling 1998].

### 3.2.4 Walcowanie na zimno wytrawionej taśmy gorąco walcowanej

#### 3.2.4.1 Stal niskostopowa i stopowa

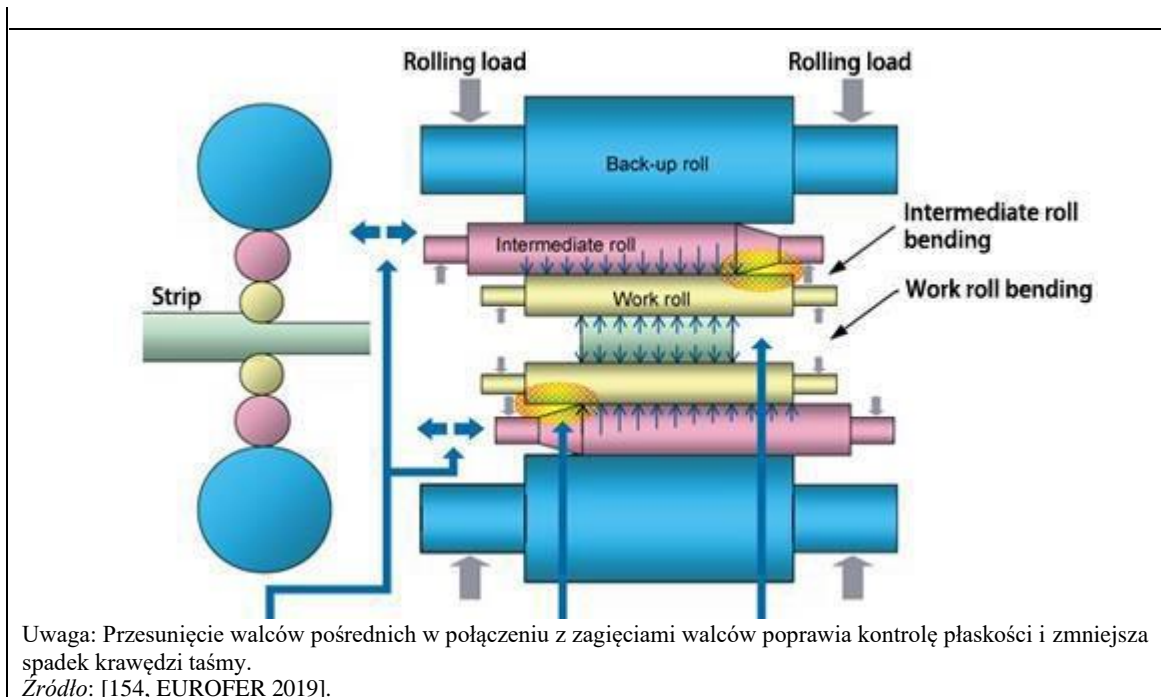
W procesie walcowania na zimno, wytrawione, gorące pręty, blachy cienkie lub taśmy są przepuszczane przez zestawy walców w walcarkach nawrotowych lub walcarkach ciągłych w linii. Stale niskowęglowe, które są mniej twarde, są zazwyczaj walcowane w wieloklatkowych walcarkach posobnych ze względu na większą wydajność tych walcarek. Składają się one z szeregu cztero- lub sześciowalcowych klatek (patrz rysunek 3.4 i rysunek 3.5). Taśma wchodzi w pierwszą klatkę i poddawana jest początkowej redukcji grubości; w każdej kolejnej klatce uzyskuje się dalszą redukcję grubości, aż do osiągnięcia końcowej grubości.



Rysunek 3.4: 4-wysokie stanowisko w walcowni zimnej

W przypadku taśmy niskowęglowej z reguły konieczna jest emulsja 0,5-4 % (10-20 % do bezpośredniego nakładania) oleju w wodzie w celu:

- smarowania;
- chłodzenia taśmy, walców roboczych i oporowych;
- usuwanie cząstek Fe.



Rysunek 3.5: Klatka 6-walcowa w walcarni zimnej

W procesie walcowania taśma szeroka odkształca się głównie w kierunku wzdłużnym, z nieistotnym odkształceniem poprzecznym. Redukcję grubości materiału uzyskuje się pod wpływem sił walcowania i zastosowanych naciągów taśmy (do przodu i do tyłu). Proces kształtowania na zimno prowadzi do odpowiedniego umocnienia materiału. Można zastosować dokładną kontrolę przepływu masy (kontrola siły walcowania i/lub pozycji), wspomaganą przez laserową kontrolę prędkości i naciągu taśmy. Pomiar grubościomierza i kontrola procesu są stosowane w celu zapewnienia ścisłych tolerancji na całej długości taśmy. W celu uzyskania wymaganej płaskości taśmy stosuje się dodatkowe pętle automatycznej kontroli płaskości (zginanie walców, strefa chłodzenia, itp.). Tekstura gładkości powierzchni taśmy jest uzyskiwana jest w ostatniej klatce walcarki posobnej.

Aby uzyskać optymalną czystość powierzchni taśmy, należy unikać zanieczyszczenia emulsji walcarki posobnej olejem hydraulicznym, olejem Morgoila, smarem lub wodą chłodzącą (używaną do chłodzenia emulsji). Środki ostrożności podjęte w celu uniknięcia jakiegokolwiek zanieczyszczenia mogą obejmować:

- ciągłe monitorowanie poziomu oleju;
- monitorowanie stężenia oleju;
- regularną kontrolę urządzeń hydraulicznych i łożysk;
- monitorowanie parametrów emulsji, takich jak temperatura, wartość pH, liczba zmydlenia, liczba kwasowa, przewodność;
- filtrowanie emulsji walcarki posobnej (przy użyciu takich technik jak filtry magnetyczne, filtry papierowe, filtry precoat).

Celem oczyszczenia taśmy i usunięcia z niej pozostałości mydła lub oleju, można ją poddać chemicznemu i/lub elektrochemicznemu odtłuszczeniu. W tym celu instalowane są strefy oczyszczania przed wejściem do dalszych instalacji przetwarzania, takich jak instalacje cynkowania ogniowego lub instalacje ciągłego wyżarzania.. [86, EUROFER, TG Walcowanie na zimno 1998].

#### ***Konwencjonalne walcowanie nieciągłe***

Wytrawiona taśma walcowana na gorąco jest podawana na walcarkę zimną krąg po kręgu. Powoduje to zmianę grubości taśmy odpowiadającą warunkom geometrycznym linii na końcach taśmy podczas przewlekania i na wylocie końca kręgu.



W celu wytworzenia „czystej blachy” w ostatnich klatkach walcarki posobnej można często stosować ciekłą emulsję o maksymalnym stężeniu 1 %. Emulsja jest zwykle nakładana przez dysze natryskowe na walce i taśmę. Czasami w systemach bezpośredniego nakładania stosuje się wyższe stężenia. Walcowanie nieciągłe oferuje wysoki stopień elastyczności procesu, uwzględniające zmiany w składzie produktu. Technika ta jest wskazana dla niektórych gatunków stali. [86, EUROFER, TG Cold rolling 1998].

#### ***Walcowanie ciągle oraz wytrawianie i walcowanie kombinowane***

W procesie walcowania ciągłego, po linii ciągłego wytrawiania następuje oddzielnie walcarka posobna ciągła. W tym przypadku na wejściu do walcarki posobnej ciągłej znajduje się zgrzewarka, a następnie akumulator. Zastosowanie zgrzewarki i akumulatora umożliwia łączenie kręgów i taśmy w sposób ciągły.

Aby osiągnąć jak najwyższe tolerancje grubości, maksymalną wydajność i optymalne wskaźniki produktywności, instalacja do wytrawiania z turbulencją w płytkiej wannie może być sprzężona z walcarką posobną ( tandem), która jest powiększona o jedną klatkę. W tym przypadku zgrzewarka znajduje się na wejściu do sprzężonej linii, następnie akumulator, potem linia wytrawiania i na końcu walcarka posobna. Zazwyczaj zgrzewarka i akumulator przed tandemem mają tak samo dobre wyniki i zwiększoną wydajność.

Na linii tandemowej wchodząca wytrawiona taśma gorąco walcowana jest redukowana do pożądanej grubości końcowej w jednym przejściu przez linię. Dzięki zainstalowaniu kilku oddzielnych systemów emulsji, w ostatniej klatce można zastosować specjalną emulsję w celu zwiększenia efektu czyszczenia. W tym celu można zastosować albo detergent albo ciekłą emulsję (1 % zawartości oleju).

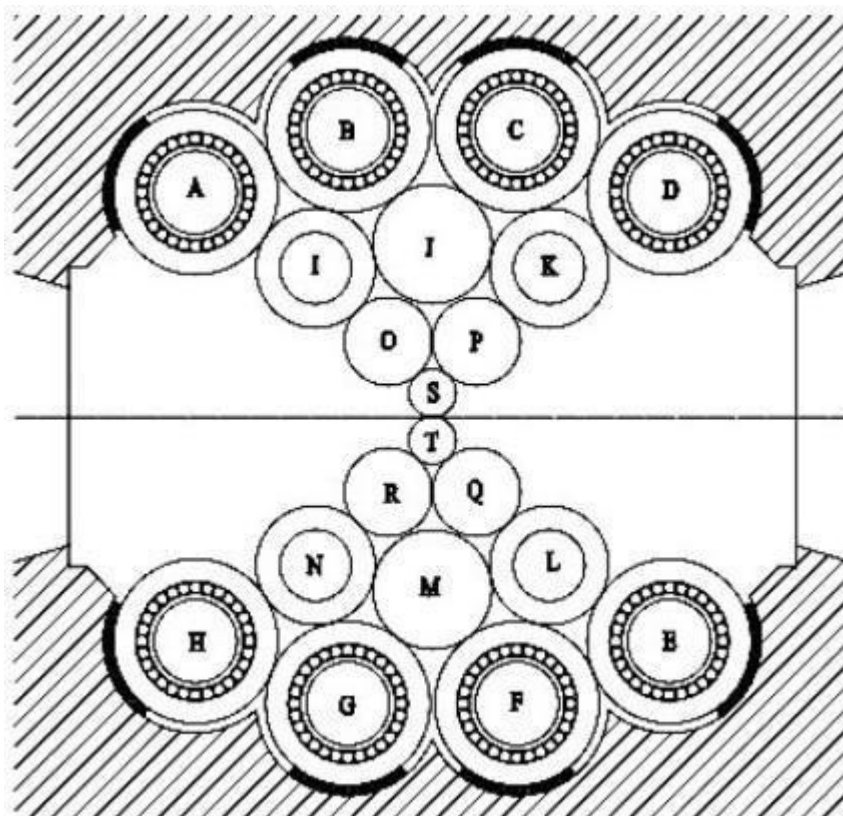
Walcowanie ciągle może umożliwić dobrą kontrolę grubości taśmy na końcach kręgów oraz jakości powierzchni. Może to mieć korzystny wpływ na wydajność materiału. Ponadto pozwala na optymalizację zużycia oleju. [86, EUROFER, TG Cold Rolling 1998].

#### **3.2.4.2 Stal wysokostopowa**

Po początkowym wyżarzaniu i wytrawieniu, stal jest zwykle walcowana do wymaganej grubości na nawrotowych walcarkach wielowalcowych w szeregu przepustów, aż do osiągnięcia pożądanych wymiarów lub do momentu, gdy umocnienie robocze wymaga dalszego wyżarzania. Nawrotna walcownia wielowalcowa składa się z układu wielu walców. Najczęściej spotykany jest układ 20-walcowy (patrz rysunek 3.6). W tym przypadku średnica walców roboczych wynosi około 50-90 mm, co zmniejsza ich nacisk i moment obrotowy. Walce pośrednie zapewniają stabilność walców roboczych. Ośmiem walców podtrzymujących składa się z niezależnych plastrów regulowanych mimośrodami, co zapewnia skuteczną kontrolę płaskości.

W procesie redukcji na zimno powstaje ciepło, którego część jest przekazywana do oleju walcowniczego, który jest rozpylany na stal i walce w celu chłodzenia i smarowania. Do smarowania i chłodzenia używany jest czysty olej. Ciepło to jest następnie odprowadzane przez wymienniki ciepła do systemów chłodzenia wodą.

Oleje mineralne są zazwyczaj stosowane jako oleje walcowniczego i ścisła kontrola czystości oleju jest konieczna dla uzyskania optymalnej wydajności. Można to osiągnąć stosując obiegi filtracji oleju, które zawierają filtry z wkładami materiałów filtrujących lub systemy filtrów z powłoką proszkową. Chociaż dominuje stosowanie olejów mineralnych, to mogą być stosowane systemy chłodzenia emulsją, podobne do tych stosowanych w przypadku stali węglowych. W takich przypadkach należy podjąć dodatkowe środki ostrożności, aby kontrolować czystość oleju w celu uniknięcia płamienia taśmy. Okapy zbiorcze są zamontowane na walcach pracujących w trybie ciągłym w celu usunięcia generowanej mgły olejowej. [86, EUROFER, TG Cold Rolling 1998].



Źródło: [154, EUROFER 2019].

Rysunek 3.6: Typowa walcarka 20-walcowa do walcowania stali nierdzewnej

### 3.2.5 Wyżarzanie stali niskostopowych i stopowych

Na podstawowe etapy procesu wyżarzania obejmują:

- ogrzewanie do temperatury wyżarzania (powyżej 650 °C);
- wygrzewanie w temperaturze wyżarzania;
- chłodzenie.

Ten proces wyżarzania może być prowadzony w piecach nieprzelotowych lub ciągłych. Cykl wyżarzania ma istotny wpływ na właściwości mechaniczne, a w konsekwencji na odkształcalność taśmy stalowej. Głównym parametrem kontrolowania cyklu wyżarzania jest profil temperaturowy. Jest on różny w zależności od tego, czy wyżarzanie odbywa się w piecu ciągłym czy nieprzelotowym oraz w zależności od wymaganej wytrzymałości lub twardości produktu. Cykl wyżarzania zależy od wielu parametrów, w tym od rzeczywistej analizy materiału, redukcji zrealizowanej podczas walcowania na zimno, wymaganych właściwości mechanicznych i wymaganej czystości powierzchni, rodzaju gazu ochronnego, itp.

Wyżarzanie ciągłe i wyżarzanie nieprzelotowe są uważane za procesy komplementarne i nie w pełni zamienne. Kwestie związane z produkcją są integralną częścią wyboru techniki wyżarzania.

#### 3.2.5.1 Wyżarzanie partiami

##### **Odłuszczenie/czyszczenie za pomocą alkaliów**

Przed procesem wyżarzania, taśma może być oczyszczona (odłuszczona) w celu uzyskania czystszej powierzchni (zwykle w przypadku stali opakowaniowej). Czyszczenie służy usunięciu pozostałości oleju z powierzchni stali. Proces jest podobny do tego stosowanego przy wytrawianiu kwasowym, z wyjątkiem stosowanych środków chemicznych. Najczęściej stosowanymi środkami czyszczącymi są fosforany, krzemiany alkaliczne, soda kaustyczna i soda kalcynowana. W niektórych przypadkach

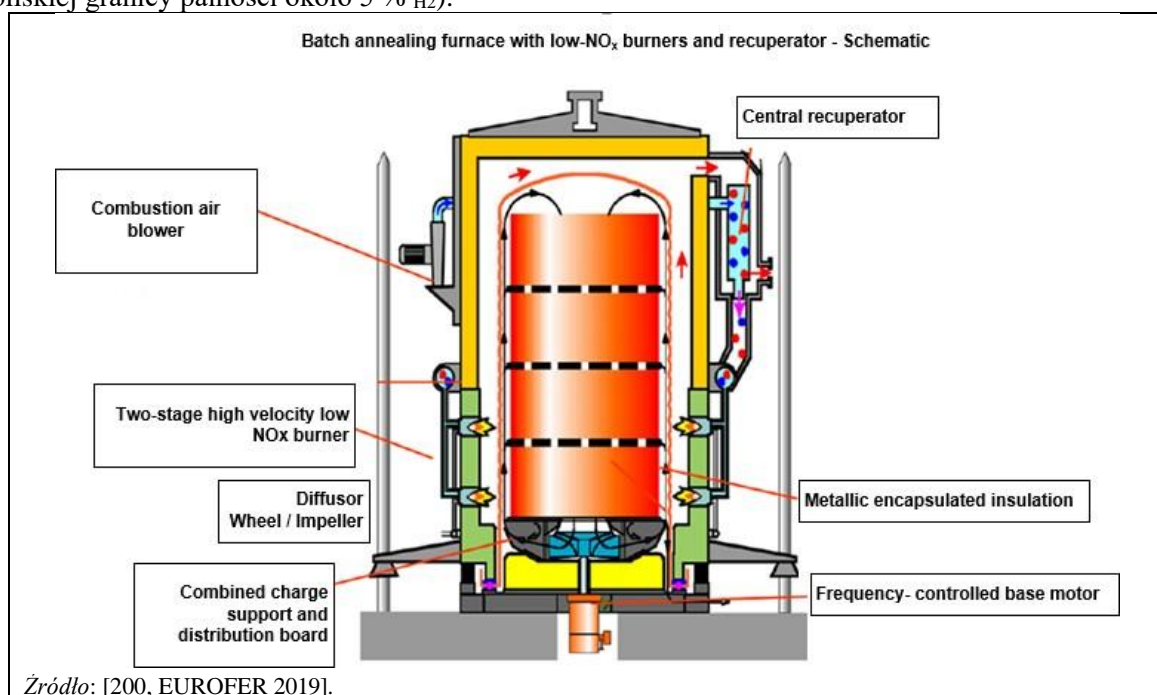


stosuje się również czyszczenie elektrolityczne i szrotki w celu usunięcia drobin żelaza z powierzchni taśmy.

Blacha stalowa jest odwijana z kręgu i przechodzi przez wanny czyszczące, w których środek czyszczący może być mieszany w celu poprawy efektu czyszczenia. Następnie stal jest płukana wodą i ponownie zwijana. Roztwór odftuszczający może być regenerowany i zwracany do obiegu.

### Wyżarzanie

Walcowana na zimno taśma w kręgach jest układana w piecu kołpakowym do wyżarzania (patrz rysunek 3.7). Komora spalania (przestrzeń pomiędzy ogrzewaniem a kołpakiem ochronnym) jest ogrzewana przez palniki olejowe lub gazowe. Ciepło przechodzi przez kołpak ochronny do miejsca, w którym układane są kręgi stalowe. Wentylator obiegowy zapewnia możliwie równomierny rozkład temperatury. Atmosfera pod kołpakiem ochronnym to w większości przypadków 100 %  $H_2$  w piecach o wysokiej konwekcji. Atmosfera może być również gazem HNX (mieszanina azotu i wodoru o zawartości wodoru bliskiej granicy palności około 5 %  $H_2$ ).



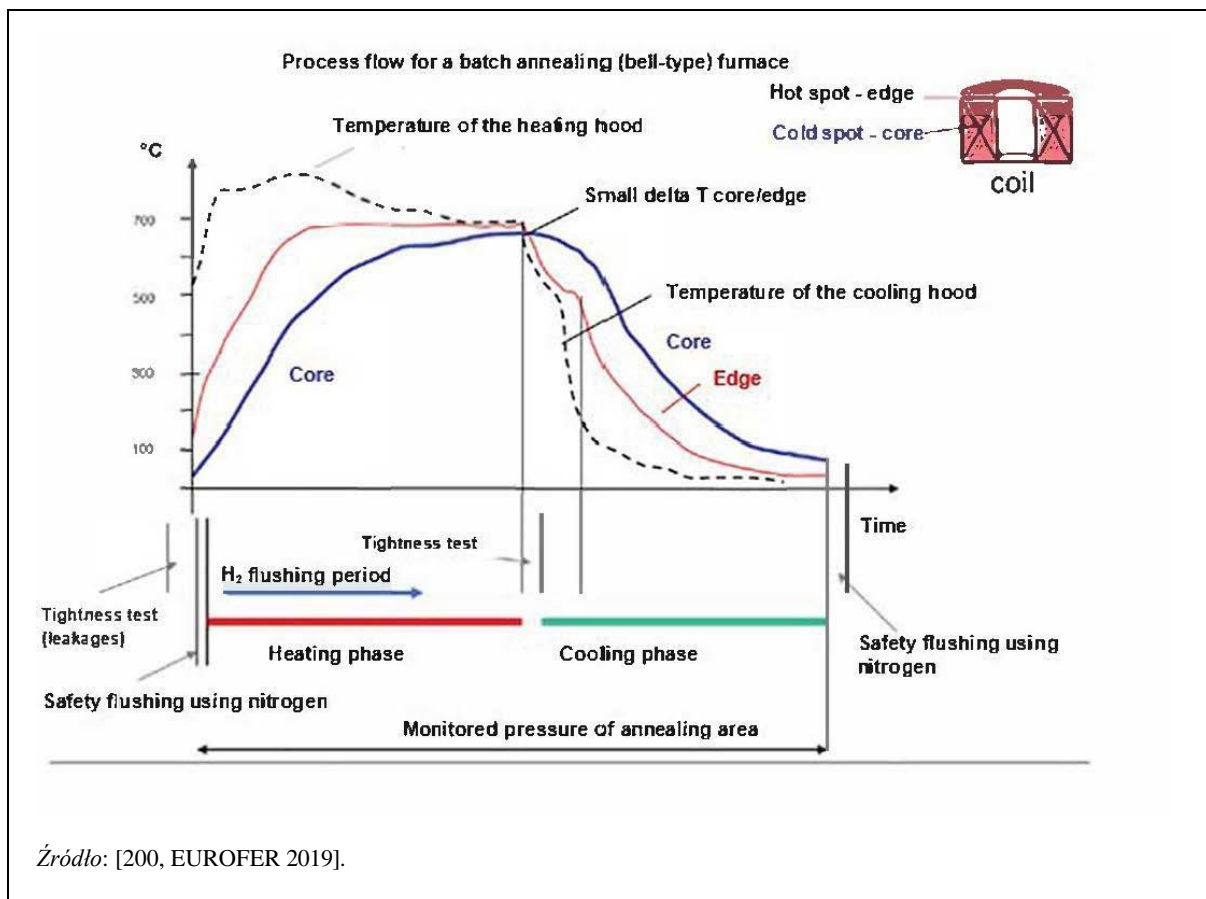
Rysunek 3.7: Schemat pieca kołpakowego do wyżarzania

Ciepło przechodzi do kręgów przez ich zewnętrzne krawędzie, tak że obszary te są zawsze gorętsze niż zwoje wewnętrzne, zwłaszcza podczas nagrzewania. Obróbka cieplna powoduje częściowe spalenie organicznych pozostałości emulsji; następuje proces częściowej destylacji. Produktami zachodzących reakcji są CO/CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, FeO<sub>x</sub> i CH<sub>4</sub>. Taśma jest podgrzewana do temperatury rekrytalizacji, a następnie wyżarzana w temperaturze około 610-700 °C, co powoduje całkowitą rekrytalizację stali zimno walcowanej. Do chłodzenia kręgów usuwa się kołpak grzewczy. Efekt chłodzenia może być wzmocniony przez natryskiwanie wodą kołpaku ochronnego, przez przykrycie go dzwonem chłodzącym i nadmuchiwanie powietrzem lub przez zastosowanie systemu obejściowego chłodzenia, który chłodzi atmosferę ochronną pod kołpakiem ochronnym. Czas potrzebny do wyżarzania zależy od temperatury wyżarzania i masy wsadu, a także od atmosfery ochronnej i może trwać od 1 do 2 dni (w przypadku atmosfery 100% wodoru).

Proces wyżarzania w atmosferze 100 % wodoru wymaga krótszych czasów wyżarzania (fazy nagrzewania i chłodzenia są znacznie szybsze), powierzchnia taśmy staje się czystsza, a jednostkowe zużycie energii jest znacznie niższe niż w atmosferze HNX. [200, EUROFER,- 2019].

W przeciwieństwie do ponownego podgrzewania lub pośredniego podgrzewania w walcowaniu na gorąco (które ma na celu jak najszybsze i jak najbardziej równomierne podgrzanie materiału wsadowego do temperatury walcowania), obróbka cieplna polegająca na wyżarzaniu ma na celu nadanie produktowi określonych właściwości fizycznych/mechanicznych poprzez podgrzewanie, wygrzewanie i chłodzenie

produktu przy zastosowaniu określonego profilu temperatury, aby umożliwić przegrupowanie (rekrytalizację) wewnętrznej struktury ziarnistej. W przypadku wyżarzania ciągłego, wymagany profil temperatury uzyskuje się poprzez przechodzenie taśmy przez różne strefy grzewcze/temperaturowe w piecu. W przypadku wyżarzania nieprzelotowego, profil temperatury uzyskuje się - in situ - poprzez zmianę temperatury całego pieca w czasie. Rysunek 3.8 przedstawia różne fazy cyklu wyżarzania nieprzelotowego oraz temperatury kołpaka grzewczego i określonych stref w kręgu. Około połowa cyklu wyżarzania nieprzelotowego przeznaczona jest na nagrzewanie, natomiast reszta czasu na chłodzenie. Faza grzania z kołpakiem grzewczym kończy się, gdy gorące i zimne miejsca w kręgach mają prawie taką samą temperaturę. W przypadku atmosfery HNX (tj. 95 % N<sub>2</sub>, 5 % H<sub>2</sub>) fazy grzania i chłodzenia są dłuższe o około 50-80%. [200, EUROFER, 2019] [218, EUROFER 2020]



Rysunek 3.8: Przykładowe temperatury podczas cyklu wyżarzania nieprzelotowego

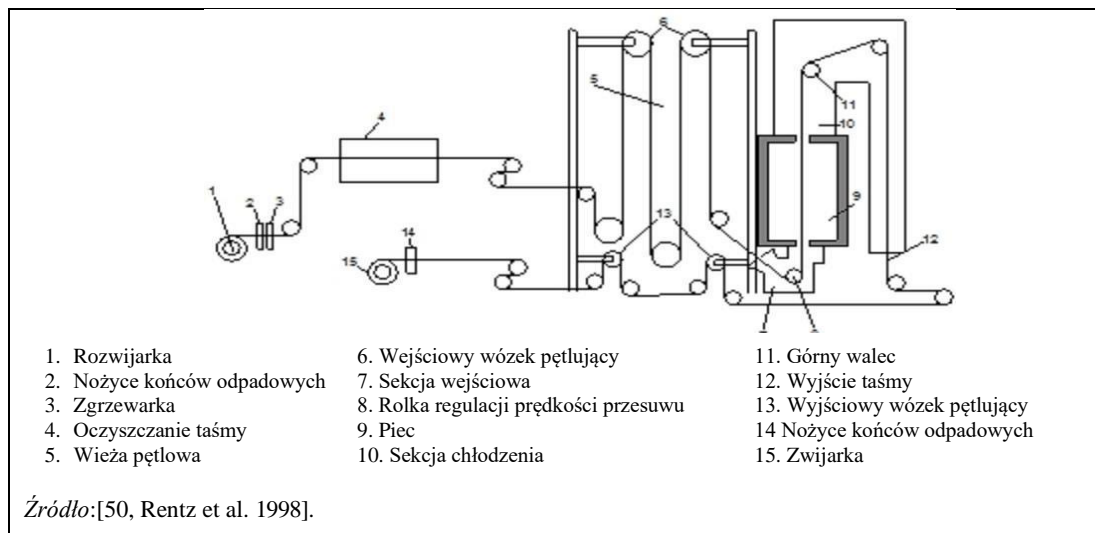
Emisja NO<sub>x</sub> będzie się zmieniać w zależności od temperatury kołpaka grzewczego pieca podczas cyklu wyżarzania i jest związana ze zmianą temperatury wstępnego podgrzewania powietrza. [218, EUROFER 2020].

### 3.2.5.2 Wyżarzanie ciągłe

W przypadku wyżarzania ciągłego kręgi są zgrzewane ze sobą na wejściu do instalacji i poddawane następującym etapom procesu:

- alkaliczne/elektrolityczne czyszczenie taśm;
- ogrzewanie do wymaganej temperatury wyżarzania i wygrzewanie w tej temperaturze;
- chłodzenie (powolne chłodzenie strumieniem gazu, chłodzenie strumieniem gazu o wysokiej temperaturze (z zastosowaniem szybkości chłodzenia do 150 °C/s, schładzanie w gorącej wodzie, przetrzymywanie, chłodzenie walców, chłodzenie końcowe, chłodzenie strumieniem mgły).

Wyżarzanie ciągłe odbywa się poprzez przepuszczenie taśmy stalowej przez wielostrefowy piec grzewczy z komorą grzewczą, komorą wyżarzania, strefą chłodzenia, strefą odpuszczania i drugą strefą chłodzenia. Stal jest podgrzewana do temperatury od 650 °C do 830 °C, a następnie chłodzona za pomocą dysz gazowych, natrysków gazowo-wodnych, walców kontaktowych lub hartowania wodą, w zależności od pożądanych właściwości metalurgicznych. Piece te są zazwyczaj opalane gazem (bezpośrednio lub pośrednio) lub ogrzewane elektrycznie. W części pieca stal może być chroniona atmosferą gazu obojętnego lub atmosferą gazu redukującego. Podstawowe etapy operacyjne wyżarzania ciągłego przedstawiono na rysunku 3.9.



Rysunek 3.9: Przykład pieca do wyżarzania ciągłego

Wyżarzanie ciągłe daje krótszy czas obróbki (około 10 minut), mniejszą ilość półproduktów, jednolite właściwości mechaniczne i doskonałą czystość powierzchni. Wyżarzanie ciągłe jest bardziej odpowiednie do produkcji stali o wyższej wytrzymałości. Układ pieca ułatwia odzyskiwanie energii ze spalin.

### 3.2.6 Wyżarzanie (II) i wytrawianie (II) stali wysokostopowej

#### *Oddłuszczenie*

Przed procesem wyżarzania końcowego może być wymagane oddłuszczenie taśmy w celu usunięcia wszelkich zanieczyszczeń z powierzchni stali. Można to osiągnąć przy użyciu systemu czyszczącego na bazie alkaliów, który może być włączony do sekcji wejściowej linii ciągłego wyżarzania.

Stalowy krąg jest rozwijany i przepuszczany przez szereg wanien zawierających roztwory czyszczące. Aby zwiększyć skuteczność czyszczenia, roztwór jest zwykle mieszany. Następnie taśma jest płukana wodą. Do ostatniego etapu płukania można użyć wody demineralizowanej [86, EUROFER, TG Cold Rolling 1998].

#### *Wyżarzanie*

Trasa procesu dla końcowego wyżarzania i wytrawiania jest podyktowane przez wykończenie powierzchni wymagane. Przykładami tego są według Normy Europejskiej (EN) standardowe wykończenie „2R”, które wymaga wyżarzania jasnego i wykończenia powierzchni „2B”, które wymaga wyżarzania i wytrawienia.

Zastosowanie wyżarzania jasnego z wodorem jako atmosferą obojętną nie tylko zwiększa szybkość nagrzewania ze względu na lepsze przewodnictwo cieplne, ale również prowadzi do uzyskania jaśniejszej powierzchni, na co wskazuje nazwa tego procesu. Największą zaletą pod względem zużycia

energii i zasobów jest to, że wyżarzanie jasne nie wymaga kolejnego etapu wytrawiania, ponieważ powierzchnia jest już wolna od zgorzeliny.

Wyżarzanie jasne prowadzi się zazwyczaj w piecu ogrzewanym elektrycznie lub gazowo z ochronną atmosferą obojętną azotu i/lub wodoru. Można stosować zarówno wyżarzanie nieprzelotowe, jak i ciągle. Odtłuszczenie powierzchni stali jest wymagane, aby zapobiec jej odbarwieniu.

Materiał z wykończeniem powierzchni „2B” jest zazwyczaj przetwarzany w liniach ciągłego wyżarzania i wytrawiania. Konstrukcja i działanie pieca są zazwyczaj podobne do opisanego powyżej wyżarzania materiału taśm gorących. Stal jest odwijana i przepuszczana przez jeden lub więcej pieców, które zazwyczaj są opalane gazem. Wyżarzanie odbywa się w atmosferze bogatej w tlen. Jest to konieczne, aby zapewnić, że zgorzelina wytworzona w piecu ma skład, który umożliwi jej łatwe usunięcie w dalszych procesach wytrawiania chemicznego.

### **Wytrawianie**

W przeciwieństwie do opisanego powyżej usuwania zgorzeliny z materiału taśmy gorącej, technik mechanicznego usuwania zgorzeliny nie można zastosować, aby pomóc w usunięciu tej zgorzeliny z powodu uszkodzenia powierzchni, które wynikałoby dla końcowej taśmy zimno walcowanej. Dlatego stosuje się tylko chemiczne trawienie. Odbywa się to w taki sam sposób, jak opisano powyżej dla wytrawiania taśm gorących.

Zgorzelina stali wysokostopowej, ze względu na obecność tlenków pierwiastków stopowych, nie zawsze może być usunięta w jednym etapie eliminacji kwasem. Konieczne może być zastosowanie dodatkowych procesów obróbki lub obróbki wstępnej. Mogą one obejmować usuwanie zgorzeliny przez wstępny proces elektrolitycznego jej usuwania (przy użyciu na przykład siarczanu sodu) zainstalowany przed sekcją kwasu mieszanego. Generalnie urządzenia te działają z obojętnymi solami lub kwasami jako elektrolitem. Właściwe jest traktowanie procesu elektrolitycznego jako systemu wstępnego usuwania zgorzeliny, ponieważ nie można osiągnąć zadowalającego poziomu jej usuwania tylko w tej sekcji. Jednakże długość wymaganej sekcji kwasu mieszanego (a tym samym zużycie kwasu i wpływ na środowisko) jest znacznie zmniejszona. Co więcej, połączenie elektrolitycznego i mieszanego kwasu może zapewnić lepsze wykończenie powierzchni. [86, EUROFER, TG Cold Rolling 1998] [26, Cold Rolling Shadow Group, 2000].

## **3.2.7 Wyglądanie taśmy walcowanej na zimno**

### **3.2.7.1 Stal niskostopowa i stopowa**

Po wyżarzaniu, wykończenie powierzchni i właściwości mechaniczne stali są modyfikowane zgodnie z wymaganiami klienta. Odbywa się to poprzez walcowanie wygładzające, które polega na poddaniu taśmy lekkiemu walcowaniu z redukcją grubości od 0,3 % do 2 %. Przed wygładzaniem temperatura taśmy musi być niższa niż 50 °C.

Walcowanie wygładzające odbywa się w walcarce wygładzającej, która składa się zazwyczaj z 1 lub 2 klatek czterowalcowych, choć możliwe są również klatki dwu- lub sześciowalcowe. W przypadku produkcji blach grubych powszechne jest stosowanie 2 klatek czterowalcowych. Walce dla tych klatek mają niezwykle precyzyjne wykończenie powierzchni, aby kontrolować końcową gładkość taśmy zgodnie z końcowym przeznaczeniem gotowego produktu. Wygładzanie poprawia również płaskość taśmy.

W zależności od końcowego przeznaczenia taśmy stosuje się dwa rodzaje procesów: walcowanie na sucho i walcowanie z wygładzeniem na mokro. Aby uniknąć pozostawiania na taśmie pozostałości po procesie walcowania, podczas wygładzania mogą być potrzebne środki czyszczące (środek do walcowania na mokro). Walce mogą być również szczotkowane za pomocą mechanicznych urządzeń polerujących i związanego z nimi systemu odsysania. [86, EUROFER, TG Cold rolling 1998]

### **3.2.7.2 Stal wysokostopowa**

Podobnie jak w przypadku stali węglowych, aby uzyskać pożądane wykończenie powierzchni stali, przeprowadza się walcowanie wykańczające lub walcowanie wygładzające. Ta obróbka walcowania na zimno, obejmująca minimalne zmniejszenie grubości (do 2 %), jest zazwyczaj wykonywana na sucho

bez zastosowania oleju do chłodzenia. Walcarka wygładzająca składa się zazwyczaj z pojedynczej klatki dwu- lub czterowalcowej z precyzyjnie szlifowanymi walcami.

### 3.2.8 Wykańczanie

Wykończenie obejmuje podłużne rozcinanie taśmy w kręgach na taśmy o różnej szerokości oraz poprzeczne cięcie w celu uzyskania arkuszy blachy. Wykonuje się również dodatkowe czynności, takie jak prostowanie, pobieranie próbek, natłuszczanie i znakowanie. Ogólnie rzecz biorąc, stosowane techniki są podobne zarówno w przypadku stali nisko-, jak i wysokostopowych; natłuszczanie nie jest jednak wymagane w przypadku stali nierdzewnych.

Proces wykańczania obejmuje następujące operacje:

- kontrola wymiarów (szerokość, grubość i długość);
- kontrola pod kątem wad powierzchniowych i ich usuwanie;
- pobieranie próbek w celu określenia właściwości mechanicznych i technologicznych, struktury gładkości taśmy oraz zawartości pozostałości cząstek pochodzących ze zużycia walców i węgla na powierzchni taśmy (pobieranie próbek statystycznych);
- przycinanie kręgów na dokładną szerokość;
- prostowanie taśm na optymalną płaskość;
- natłuszczanie taśm za pomocą olejków elektrostatycznych lub za pomocą olejków wyposażonych w spryskiwacze lub olejarki rolkowe (oleje antykorozyjne lub smary wstępne);
- znakowanie gotowych wyrobów numerem kręgu, datą produkcji, itp.;
- zgrzewanie końców różnych mniejszych kręgów w większe kręgi.

W warsztatach wykańczających, masy kręgów używane do maksymalizacji wydajności są cięte na masy kręgów zamówione przez klientów. Wadliwe części kręgów są eliminowane lub, jeśli to konieczne, materiał jest poddawany dodatkowej obróbce w celu usunięcia wad. Może to obejmować dodatkowe wyżarzanie, wygładzanie lub prostowanie. [86, EUROFER, TG Cold Rolling 1998]

#### *Szlifowanie taśm*

Szlifowanie powierzchni stali może być stosowane do uzyskania jednolitej jakości powierzchni, jak również do usuwania wad. Taśma jest zwykle odbarwiana na specjalnych liniach technologicznych, spryskiwana olejem i szlifowana za pomocą taśm o różnej gładkości powierzchni. W procesie tym stosuje się zazwyczaj olej mineralny oraz obiegi filtrujące służące do oddzielania opiłków powstających podczas szlifowania. [86, EUROFER, TG Cold rolling 1998].

#### *Pakowanie*

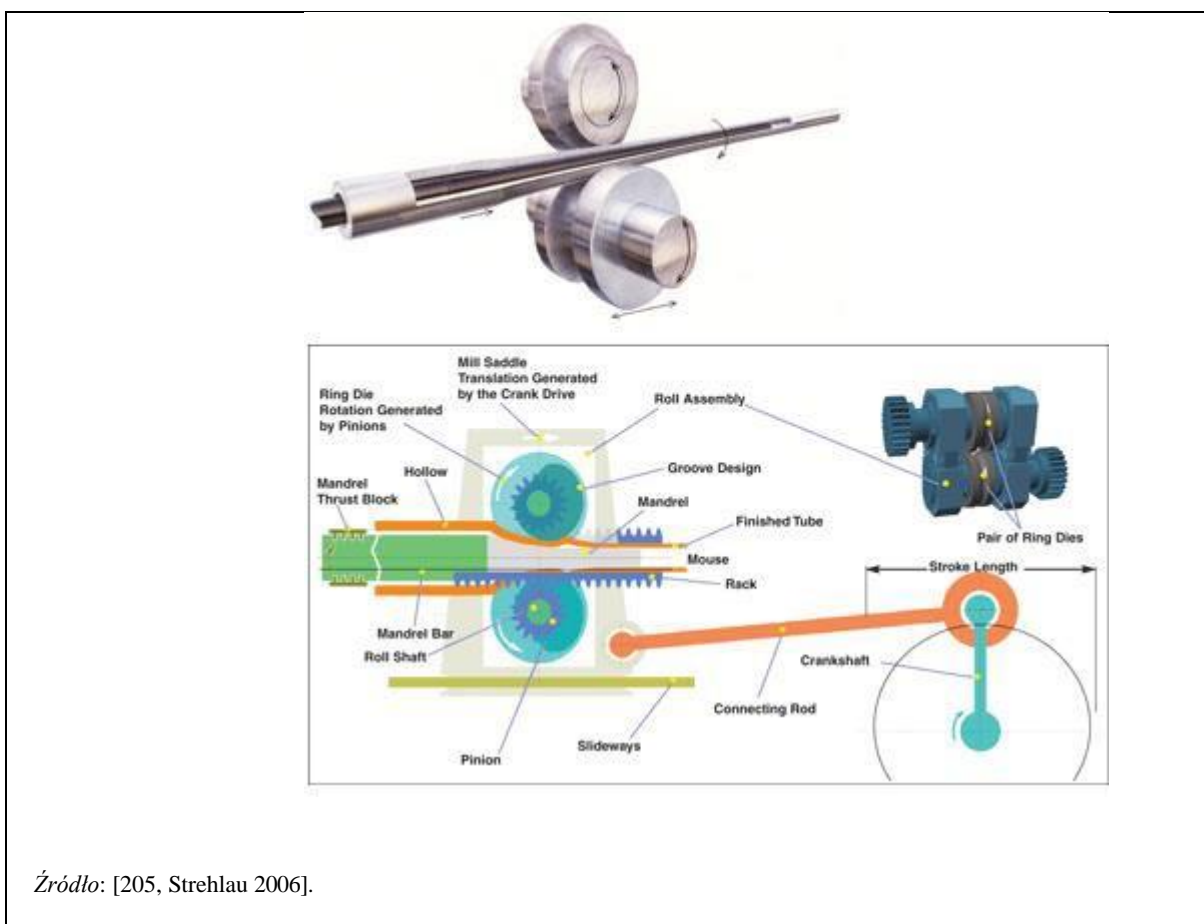
Materiał, teraz w swojej ostatecznej formie, jest zazwyczaj pakowany na gotowo do wysyłki do klienta. Opakowanie jest zaprojektowane w taki sposób, aby nie doszło do uszkodzeń ani podczas przechowywania, ani podczas transportu do użytkownika końcowego. Należy również podjąć środki kontroli, aby zapobiec uszkodzeniom mechanicznym i klimatycznym. Ponadto urządzenia podnoszące i transportowe w zakładzie produkcyjnym powinny być również zaprojektowane i obsługiwane tak, aby zminimalizować uszkodzenia stali. Po wykończeniu następuje pakowanie poszczególnych elementów zamówionych przez klientów. Do stosowanych materiałów opakowaniowych należą: taśmy stalowe, papier, tworzywa sztuczne, drewno, opakowania morskie, opakowania specjalne. [86, EUROFER, TG Cold rolling 1998].

### 3.2.9 Walcarka pielgrzymowa zimna

Walcowanie pielgrzymowe na zimno to proces walcowania, który zmniejsza średnicę i grubość ścianki rur metalowych w jednym etapie procesu. Proces walcowania pielgrzymowego na zimno jest odpowiedni dla wszystkich metali. Typowe materiały to stal miękka, stal nierdzewna, stal ferrytyczna, stal niskostopowa, miedź i stopy miedzi, stopy tytanu, stopy cyrkonu i stopy niklu. W zależności od materiału, proces walcowania pielgrzymowego na zimno pozwala zazwyczaj osiągnąć redukcję

przekroju poprzecznego do 90% w przypadku miedzi; 80% w przypadku stali nierdzewnej, stopów niklu i stopów cyrkonu oraz 75% w przypadku wysokowytrzymałych stopów tytanu [205, Strehlau 2006]. Na rysunku 3.10 przedstawiono widok ogólny oraz szczegółowy szkielet walcarki pielgrzymowej zimnej. Podczas walcowania pielgrzymowego rura porusza się do przodu i obraca, podczas gdy matryce pierścieniowe poruszają się w przód i w tył oraz obracają się.

Narzędzia do walcowania pielgrzymowego na zimno składają się z pary matryc pierścieniowych i trzpienia. Trzpień znajduje się wewnątrz rury w stałym położeniu i jest obracany przez blok oporowy trzpienia. Sam trzpień jest zwężony w kierunku walcowania. Matryce mają na swoich obwodach dopasowane rowki. Pręt łączący napędza siodło walcarki tam i z powrotem. Działanie to powoduje, że matryce pierścieniowe obracają się. Zębniaki zamontowane na każdym wale rolkowym angażują dwa stojaki, które są przymocowane do obudowy maszyny. Układ ten wykorzystuje ruch oscylacyjny siodła walcarki do generowania oscylacyjnego ruchu obrotowego matryc pierścieniowych [205, Strehlau 2006][207, SE TWG 2019].



Źródło: [205, Strehlau 2006].

Rysunek 3.10: Zdjęcie i szczegółowy schemat walcarki pielgrzymowej zimnej

W zależności od konstrukcji rowka, proces formowania wymaga ponad 10 kroków, podawania i obracania rury do różnych pozycji w stosunku do przejścia matrycy formującej. Duża liczba małych kroków formowania pomaga zapewnić stałą grubość ścianki i prawie jednorodną charakterystykę materiału w zwijanej rurze [205, Strehlau 2006] [207, SE TWG 2019].

### 3.2.10 Warsztat walców

Operacje te polegają zazwyczaj na demontażu walców, szlifowaniu walców, teksturowaniu walców roboczych i ponownym montażu walców.

Aby spełnić wymagane tolerancje taśm i standardy powierzchni, walce muszą być regularnie szlifowane. Podczas tej operacji szlifowania walce są zwykle chłodzone i smarowane emulsją szlifierską. Zużyta emulsja może być ponownie wprowadzana do obiegu i filtrowana, ale okresowo



wymagana jest jej częściowa wymiana. Ponadto powstaje zużyty olej i szlam szlifierski, które wymagają utylizacji.

Podstawowe systemy tekstuowania walców obejmują:

- Teksturowanie przez śrutowanie (SBT/Shot Blast Texturing): Jest to mechaniczne naniesienie tekstury na walec za pomocą śrutowania.
- Teksturowanie przez Wyładowania Elektryczne (EDT/Electrical Discharge Texturing): Walce robocze są teksturowane poprzez generowanie iskry w kąpeli olejowej.
- Teksturowanie Wiązką Elektryczną (EBT/Electron Beam Texturing): W tym systemie walec jest umieszczony w komorze próżniowej, a tekstura jest nakładana za pomocą działka elektronowego.
- Teksturowanie laserowe (Laser Texturing): Walec jest teksturowany do wcześniej ustalonej szorstkości za pomocą działka laserowego.
- Teksturowanie Premium (Pretext): Walec jest teksturowany poprzez chromowanie elektrolityczne, które zapewnia równomierny rozkład półkul twardego chromu osadzonych na powierzchni walca. Warstwa chromu zwiększa żywotność walca i zmniejsza czas przestoju walcarki zimnej. Proces chromowania jest w pełni zamknięty i wyposażony w system odsysania spalin wykorzystujący płuczkę wodną. Cały proces funkcjonuje bez odprowadzania odcieków, ze względu na straty na odparowywanie. [86, EUROFER, TG Cold Rolling 1998] [218, EUROFER 2020]

### **3.2.11 Gospodarka wodna i kąpielami technologicznymi na walcowniach zimnych**

Woda jest używana w walcowniach zimnych do czyszczenia powierzchni walcówki, do przygotowania kąpeli wytrawiających i odtłuszczających, do płukania i chłodzenia. Wytrawianie i związane z nim procesy (płukanie, operacje czyszczenia gazem, regeneracja kwasu) powodują powstawanie strumieni kwaśnych ścieków. W przypadku, gdy częścią procesu jest odtłuszczenie, powstają również ścieki alkaliczne.

Do chłodzenia i smarowania w sekcjach walcowniczych stosowane są emulsje wodno-olejowe, co powoduje powstawanie strumieni ścieków obciążonych olejem i zawiesiną. Ogólnie rzecz biorąc, emulsji i roztwory odtłuszczające są zwracane do procesu w obiegach zamkniętych. Woda używana do pośredniego chłodzenia jest również eksploatowana w obiegach zamkniętych. (Klasyfikacje i definicje obiegów wody są analogiczne do tych stosowanych w walcowaniu na gorąco; patrz punkt 2.2.17).

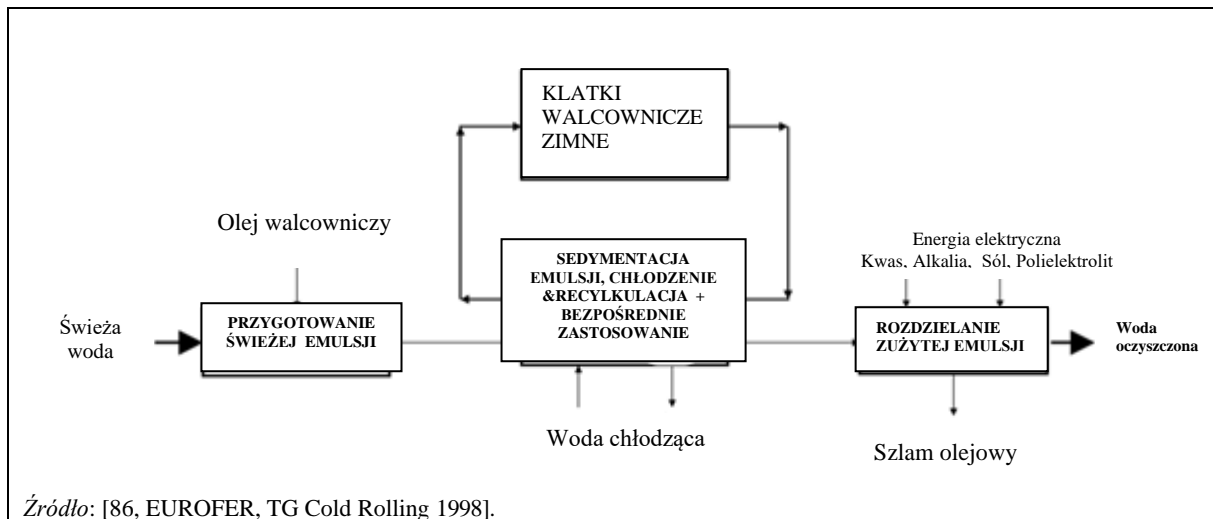
W walcowaniu na zimno bezpośrednie nakładanie oleju stosuje się w przypadku wyrobów opakowaniowych, a czysty olej w przypadku stali nierdzewnych. [218, EUROFER 2020].

#### **3.2.11.1 Systemy smarowania szczeliny walcowej: nakładanie emulsji lub czystego oleju**

##### **Systemy emulsji**

W przypadku produkcji stali węglowej typowe walcarki do walcowania na zimno (klatki 4 lub 6walcowe) wyposażone są w cykle emulsji, co przedstawiono na rysunku 3.11.

Dla utrzymania tych obiegów w działaniu, ciecze obiegowe muszą być poddawane obróbce i kondycjonowaniu poprzez sedymentację i chłodzenie emulsji. Środki służące utrzymaniu jakości emulsji i przedłużeniu okresu eksploatacji opisano w punktach 3.4.2.8 i 3.4.4.3.



Rysunek 3.11: Ogólny przepływ emulsji

### Zastosowanie czystego oleju

W przypadku produkcji stali nierdzewnej, walcowanie na zimno odbywa się głównie przy użyciu nawrotowych walcowni wielowalcowych, takich jak walcownia Sendzimira czy walcownia Sundwiga, gdzie dobrze podparte walce robocze o małej średnicy (np. < 100mm) umożliwiają wykonanie ciężkich redukcji.

Oprócz podstawowej roli, aby zmniejszyć grubość taśmy przechodzącej do końcowego wzorca dla klienta (osiągnięty po wielu przejściach), kluczowym celem jest produkcja doskonałego wykończenia powierzchni (niska chropowatość, wysoka jasność, jednorodna powierzchnia). Przychodząca szorstka powierzchnia podlega znacznej zmianie podczas walcowania na zimno z powodu wysokiego tarcia, które powoduje wysokie ścieranie taśmy. Ze względu na wysoką energię odkształcenia (twardość stali) i wysokie tarcie, temperatura taśmy, a zwłaszcza temperatura kontaktu są bardzo wysokie. W związku z tym, obowiązkowe jest stosowanie środka smarującego i zazwyczaj do walcowania stali stosuje się czysty olej.

Do smarowania i chłodzenia szczeliny walca, walców roboczych i zapasowych wraz z ich łożysk stosuje się płyn chłodzący z obiegiem ciągłym, co jest kluczową cechą walcarek wielowalcowych. Główne chłodzenie walcarki odbywa się w szczelinie walca za pomocą wysokociśnieniowych natrysków. Ogólnie rzecz biorąc, przepływ środka smarującego jest skierowany od środka w kierunku zewnętrznych krawędzi taśmy, aby zmyć wszelkie luźne cząstki walcowanego metalu. Tym samym olejem smarowane są nieuszczelnione łożyska podporowe, przy czym konieczny jest olej o niskiej lepkości (< 8 centi-Stoke) o dużym natężeniu przepływu, aby zapobiec nadmiernemu nagrzewaniu się tych łożysk i utrzymać obce cząstki na zewnątrz.

Dobiera się odpowiednie formułacje olejowe z olejem bazowym i niektórymi dodatkami, takimi jak: środki na ekstremalne ciśnienie, środki przeciwwzyciowe, środki natłuszczające i przeciwutleniające. Dla danego oleju, jeśli warunki kontaktu są zbyt ciężkie, ciężka redukcja w połączeniu z dużą prędkością, mogą pojawić się defekty, takie jak smugi cieplne, skutkujące niejednorodną powierzchnią.

Ścieranie taśmy jest bardzo intensywne i powstaje duża ilość cząstek metalicznych. Wymagana jest skuteczna filtracja środka smarującego i dobra konserwacja filtrów. Układ chłodzenia składa się ze zbiornika zawierającego zanieczyszczony środek smarujący, pomp przesyłających zanieczyszczony środek smarujący do filtrów, zbiornika czystego oleju oraz pomp przesyłających z powrotem czysty środek smarujący do walcarki. Stosowana jest ciągła recykulacja oleju. W najbardziej zaawansowanych instalacjach filtracja odbywa się za pomocą wkładów wykonanych ze specjalnego medium, najczęściej nylonu. Zazwyczaj olej jest filtrowany poniżej 2 μm. Aby przedłużyć żywotność filtrów (np. do 20 lat), często stosuje się ich automatyczne płukanie wsteczne z wykorzystaniem ciśnienia powietrza. Zebrane podczas tej operacji pozostałości są usuwane i zbierane do recyklingu przez wyspecjalizowane firmy. Dzięki tego typu urządzeniom unika się odpadów niepodlegających recyklingowi, takich jak ziemia okrzemkowa.

W przypadku produkcji, w której głównym celem nie jest błyszcząca powierzchnia, głównie w przypadku grubego materiału, smarowanie może odbywać się przy użyciu recykulowanych emulsji typu olej w wodzie, jak wcześniej opisano w przypadku emulsji do produkcji stali węglowej). W tym

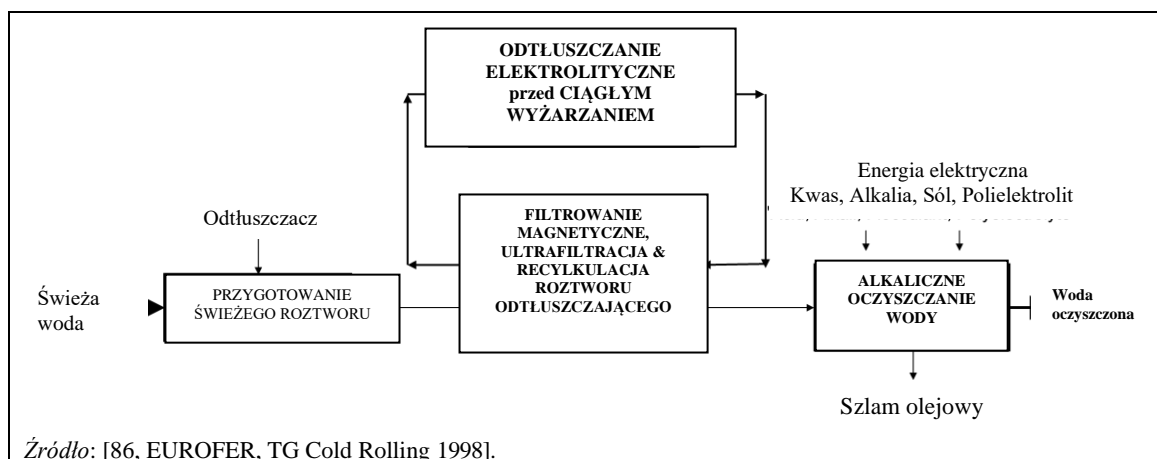


przypadku podstawową zaletą jest uzyskanie wysokiej sprawności chłodzenia. Ostatnio zaproponowano wieloklatkowe walcarki tandemowe również z emulsją olej w wodzie. Jednak tego typu instalacje, gdzie walce robocze nie są często wymieniane, nie są dedykowane dla najbardziej wymagających jakości powierzchni. [232, EUROFER 2021]

Środki mające na celu utrzymanie jakości czystego oleju lub emulsji oraz przedłużenie ich żywotności opisano szerzej w punktach 3.4.2.8 i 3.4.4.3.

### 3.2.11.2 System roztwór odtłuszczającego

W systemach roztworów odtłuszczających (patrz Rysunek 3.12) recykulacja roztworu jest możliwa dzięki usunięciu oleju i innych zanieczyszczeń, np. poprzez filtrację magnetyczną lub ultrafiltrację. Środki czyszczące zostały opisane w rozdziale 4.



Rysunek 3.12: Przepływ roztworu odtłuszczającego (ciągła linia wyżarzania)

### 3.2.11.3 Systemy wody chłodzącej

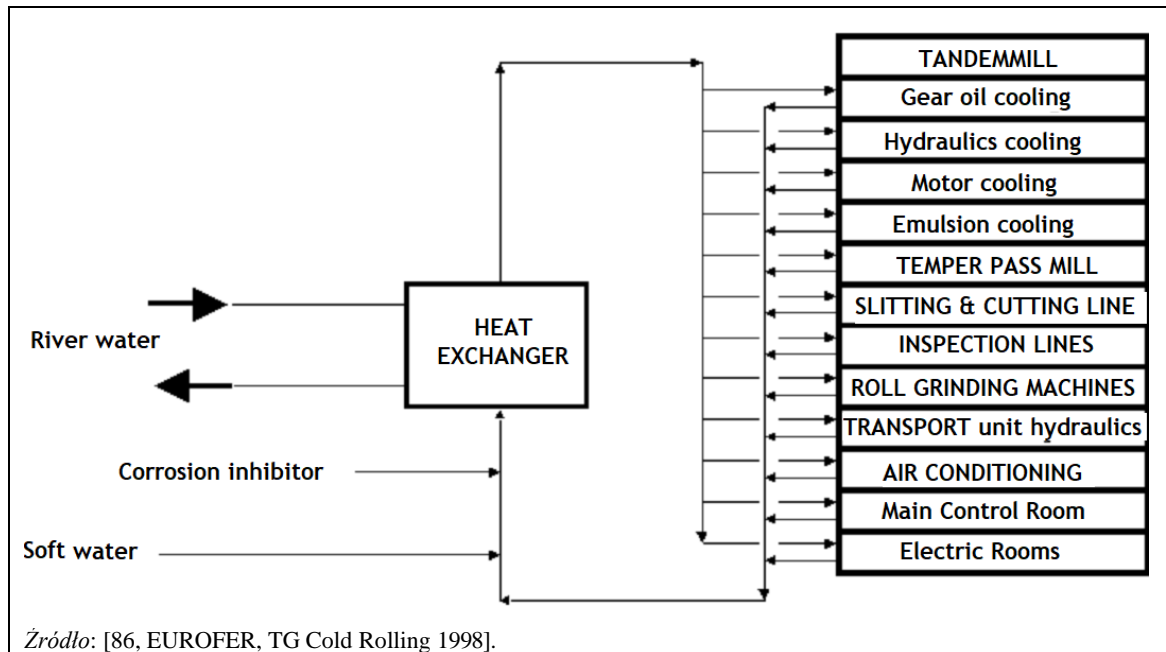
W walcowniach zimnych woda chłodząca jest potrzebna do odprowadzenia nadmiernego ciepła z procesu walcowania (energia walcowania) oraz z pieców do wyżarzania (energia grzewcza). Energia walcowania jest odprowadzana głównie poprzez emulsję do chłodnicy emulsji i częściowo poprzez smar i chłodnicę hydrauliczną do wody systemu chłodzenia. Głównymi odbiorcami wody chłodzącej są:

- chłodzenie emulsji dla linii tandemu;
- klatka walcarki wygładzającej zainstalowana za instalacją wyżarzania partiami;
- instalacja wyżarzania ciągłego z klatką walcarki wygładzającej;
- chłodzenie transformatorów i silników;
- urządzenia do smarowania olejowego.

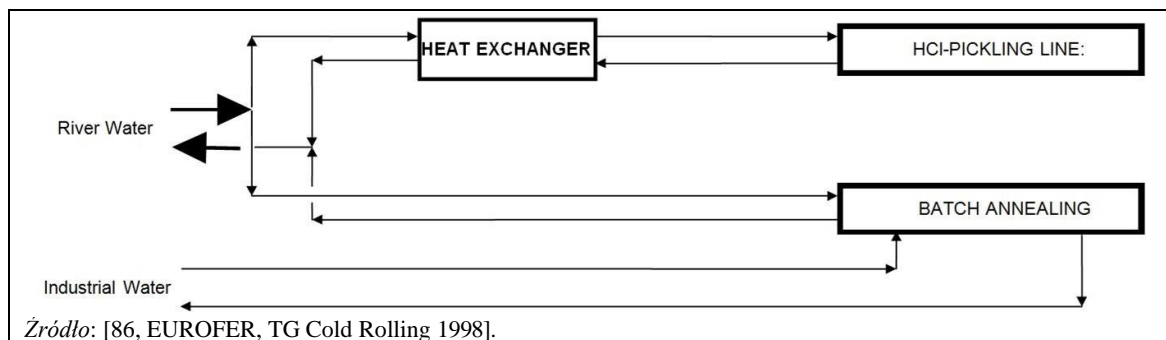
Obciążona termicznie woda chłodząca jest schładzana wodą przemysłową w płytowych wymiennikach ciepła, jeśli dostępne są odpowiednie zasoby wody, lub przez odparowanie w chłodniach kominowych. Ponowne schładzanie w wymiennikach ciepła ma tę zaletę, że można zaoszczędzić znaczne ilości chemikaliów do wody chłodzącej (takich jak inhibitory korozji, stabilizatory twardości, środki dyspergujące i biocydy) i nie odprowadzać ich do kanalizacji. Obiegi wody chłodzącej są uzdatniane za pomocą inhibitorów korozji, ale odprowadzanie częściowego przepływu o wysokiej zawartości soli nie jest konieczne w przypadku tych zamkniętych obiegu. Natomiast w przypadku obiegu chłodni kominowych wymagane jest regularne odprowadzanie częściowych przepływów do kanalizacji, aby przeciwdziałać koncentracji soli wynikającej z parowania. Z powodu parowania wody w chłodniach kominowych na lokalne warunki klimatyczne może wpływać stałe tworzenie się mgły oraz tzw. śnieg przemysłowy, który może stanowić problem w środkowej i północnej Europie.

Zasadniczo zarówno stosowanie schładzania zwrotnego, jak i wyparkowych wież chłodniczych to systemy możliwe do zastosowania, a wybór systemu będzie zależał od lokalizacji i innych kwestii związanych z danym miejscem. W niektórych krajach pobierane są podatki od poboru i odprowadzania wody, co może mieć wpływ na wybór stosowanego systemu. [26, Cold Rolling Shadow Group, 2000].

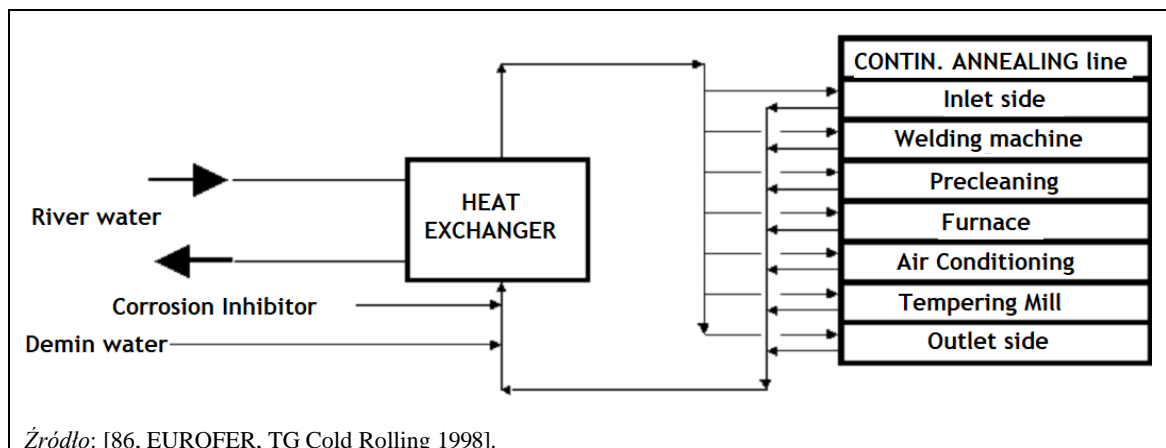
Na rysunkach 3.13, 3.14 i 3.15 przedstawiono przykłady obiegów wody chłodzącej.



Rysunek 3.13: System wody chłodzącej dla walcarki zimnej



Rysunek 3.14: Układ wody chłodzącej do trawienia w HCl i wyżarzania nieprzelotowego



### 3.2.11.4 Oczyszczanie ścieków

Ścieki z operacji walcowania na zimno, które nie mogą być zregenerowane lub wykorzystane w innym miejscu linii produkcyjnej, muszą być oczyszczone przed zrzucaniem.

Kwaśne ścieki z płukania lub regeneracji kwasów są zwykle oczyszczane przez neutralizację środkami takimi jak wodorotlenek wapnia lub wodorotlenek sodu. Rozpuszczone jony metali są wytrącane jako wodorotlenki, a następnie oddzielane za pomocą technik sedymentacyjnych, w tym klarowania lub filtracji. Czasami do wspomaganie procesu stosuje się flokulanty. Osad jest odwadniany, np. przez prasę filtracyjną, w celu zmniejszenia jego ostatecznej objętości.

W przypadku stosowania elektrolitycznych procesów chemicznego oczyszczania wstępnego mogą być wymagane dodatkowe etapy oczyszczania ścieków. Zazwyczaj mogą one obejmować procesy redukcji chromu (VI) przy użyciu wodorosiarczynu sodu lub związków żelaza (II).

Alkaliczne strumienie ścieków mogą być neutralizowane przy użyciu HCl, filtrowane, a następnie odprowadzane.

Zużyte chłodziwa/środki smarujące (emulsje) są przetwarzane poprzez rozbijanie emulsji, które odbywa się termicznie, chemicznie, mechanicznie lub fizycznie, a następnie oddzielenie wody od fazy olejowej.

### 3.2.12 Gospodarka odpadami i produktami ubocznymi w walcowniach zimnych

W wyniku walcowania na zimno powstają pozostałości stałe, takie jak odpady (szmaty, papier do czyszczenia), osady z oczyszczalni ścieków, resztki materiału opakowaniowego i pył.

**Złom** jest przetwarzany w zakładach do produkcji stali. **Szlamy zawierające olej** z oczyszczalni ścieków mogą być wykorzystywane w wielkich piecach.

**Szlamy z regeneracji kwasów** mogą być poddane recyklingowi w stalowniach (EAF i wielki piec) lub przekazane zewnętrznym firmom recyklingowym do produkcji tlenków żelaza.

Można wykorzystać **siarczan żelaza - heptahydrat** z zakładu regeneracji kwasu siarkowego:

- do produkcji złożonych soli żelazowo-cyanowych;
- jako środki flokulacyjne w oczyszczalniach ścieków;
- do produkcji masy adsorpcyjnej gazu;
- jako środek do chemicznej amelioracji;
- do produkcji pigmentów tlenku żelaza; oraz
- do produkcji kwasu siarkowego [27, DE, członek TWG, 1999].

**Tlenek żelazowy** z regeneracji kwasu chlorowodorowego może być stosowany w kilku gałęziach przemysłu jako wysokiej jakości wsad, np:

- jako wsad do produkcji materiałów ferromagnetycznych;
- jako wsad do produkcji proszku żelaza; lub
- jako wsad do produkcji materiałów budowlanych, pigmentów, szkła i ceramiki. [27, DE, członek TWG, 1999].

**Szlamy z odzysku oleju** są wykorzystywane zewnętrznie do rekuperacji oleju w specjalnie do tego celu przeznaczonych zakładach lub przetwarzane zewnętrznie poprzez spalanie.

Tylko niewielka część **osadów z oczyszczania ścieków** jest poddawana wewnętrznemu recyklingowi; zdecydowana większość jest składowana na wysypiskach.

**Odpady tłuste (oleje, emulsje, smary)** są poddawane recyklingowi wewnętrznemu lub przetwarzane zewnętrznie poprzez spalanie.

### 3.3 Obecne poziomy zużycia i emisji dla walcowania na zimno

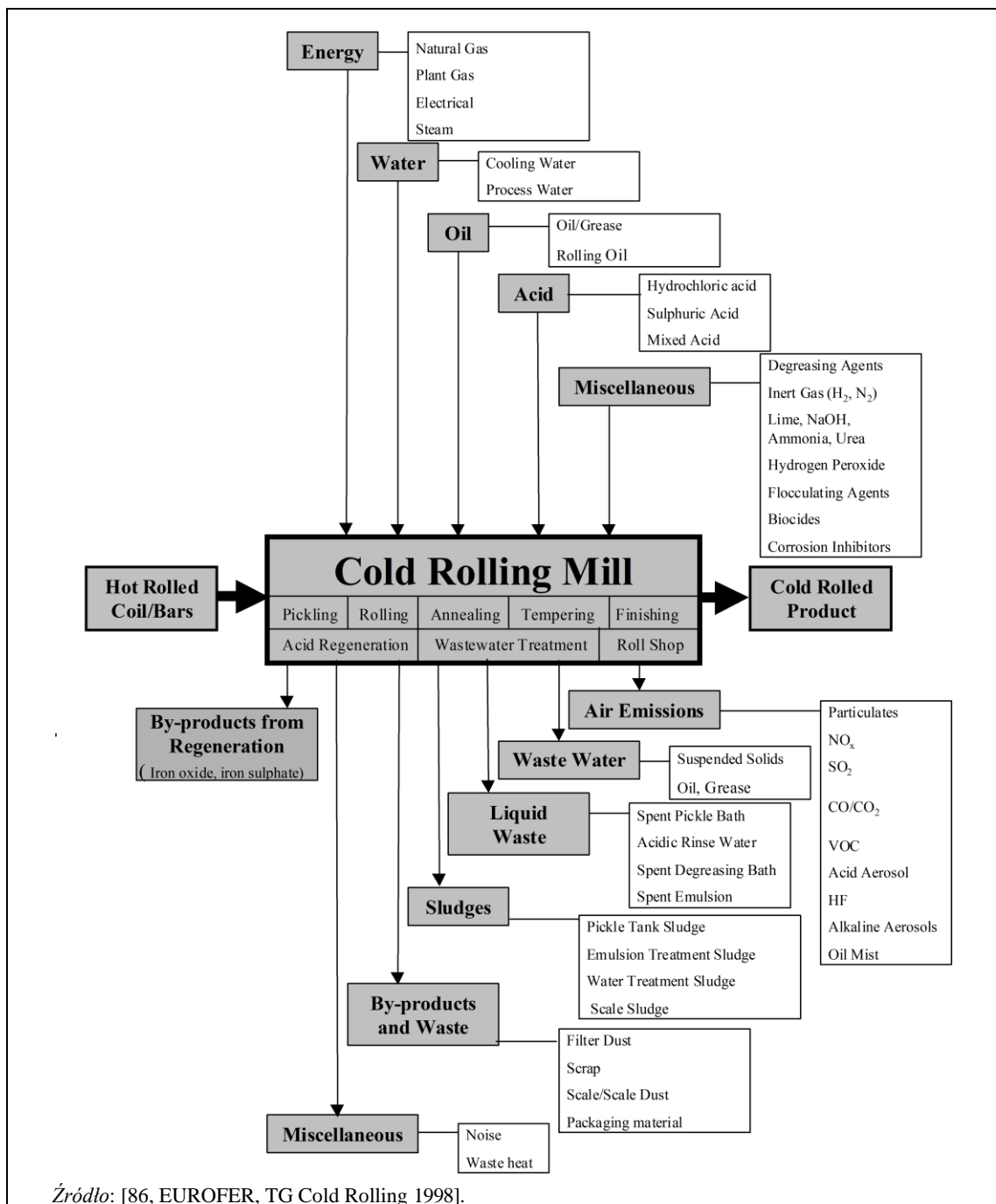
W kolejnych sekcjach przedstawiono dane dotyczące zużycia i emisji zgłoszone przez instalacje walcowania na zimno w całej UE, które wzięły udział w zbieraniu danych FMP 2018 (w sumie 42 instalacje). Odpowiednie zakłady zostały wymienione w sekcji 11.1, w której można znaleźć listę instalacji/placówek.

#### Postępowanie z poufnymi informacjami biznesowymi (CBI)

Dane dotyczące zużycia energii, materiałów i wody zostały uznane przez operatorów zakładów za CBI. W celu zachowania poufności danych, nazwy zakładów nie są bezpośrednio wymieniane na wykresach, ale są zastępowane przez anonimowe i losowo przypisane kody CBI. Ponadto nie uwzględniono żadnych informacji kontekstowych (np. parametrów procesu lub zastosowanych technik), ponieważ mogłyby one ujawnić tożsamość zakładów. Na rysunkach podano jedynie kategorię stali i wyroby stalowe, pod warunkiem że w zbiorze danych zgłoszono więcej niż 5 różnych wartości zużycia. Jeżeli zgłoszono mniej niż 5 różnych wartości konsumpcji, dane są przedstawione w kategorii oznaczonej jako "inne" bez wskazania kategorii stali lub wyrobu stalowego na rysunku w celu zachowania poufności. Wszystkie dane dotyczące zużycia są przedstawione w porządku rosnącym według wartości maksymalnego jednostkowego zużycia energii.

#### 3.3.1 Przegląd strumienia masowego

Rysunek 3.16 przedstawia przegląd różnych wejść (np. rodzaje wyrobów stalowych, energia, woda, olej, kwas) i wyjść (np. wyroby walcowane na zimno, emisje do powietrza i wody, produkty uboczne i odpady, odpady płynne i osady) w typowej walcowni na zimno.



Rysunek 3.16: Przegląd wejść/wyjść dla walcowni zimnych

### 3.3.2 Energia zużycie

Podczas zbierania danych, dane dotyczące jednostkowego zużycia energii przez zakłady (tj. MJ energii zużytej na tonę przepustowości procesu) zostały zgłoszone dla następujących procesów:

- procesy walcowania;
- wyżarzanie po walcowaniu (wsadowe i ciągle).

#### *Procesy walcowania*

W tabeli 3.3 przedstawiono zakresy jednostkowego zużycia energii w procesach walcowania w zależności od rodzaju wyrobów stalowych. W przypadku procesów walcowania dane dotyczące jednostkowego zużycia energii dostarczyło łącznie 30 zakładów. Znaczna większość danych dotyczących jednostkowego zużycia energii mieści się w przedziale od 65 MJ/t do około 550 MJ/t. Tylko cztery zakłady zgłosiły wartości jednostkowego zużycia energii wyższe niż 1 500 MJ, jak

pokazano na Rysunku 3.17. Trzy z tych zakładów produkują stal wysokostopową (np. austenityczną), ale nie można dokładniej określić, które z nich produkują stal wysokostopową, aby zachować poufność danych.

Tabela 3.3: Zakresy jednostkowego zużycia energii dla procesów walcowania.

Wyroby stalowe	Jednostkowe zużycie energii MJ/t (średnia roczna)
Zwoje, arkusze, blachy walcowane na zimno	65-412
Stal opakowaniowa	246-482
Inne	127-550
<i>Zródło: [150, FMP TWG 2018].</i>	

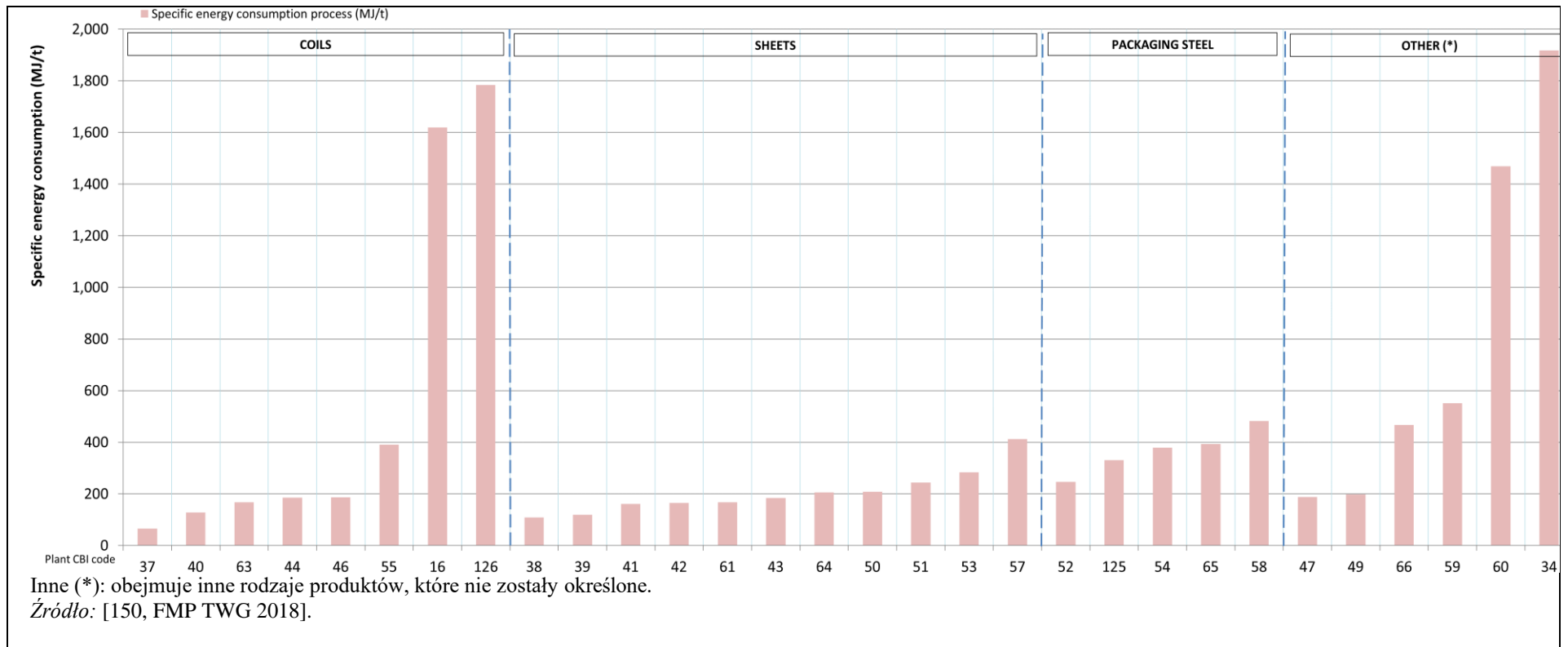
### **Wyżarzanie ciągle i partiami**

Na rysunku 3.18 i 3.19 przedstawiono dane dotyczące jednostkowego zużycia energii przez piece do wyżarzania wsadowego i partiami po walcowaniu. Łącznie 16 zakładów przekazało informacje dotyczące jednostkowego zużycia energii w zakresie od 550 MJ/t do 1 700 MJ/t w przypadku wyżarzania partiami. Ogółem 12 zakładów przekazało informacje dotyczące jednostkowego zużycia energii w zakresie od 657 MJ/t do 1 400 MJ/t w przypadku wyżarzania ciągłego.

W produkcji zaawansowanych stali wysokowytrzymałych (AHSS) lub stali ultra wysokowytrzymałych (UHSS) w linii ciągłego wyżarzania, konieczne jest podgrzanie taśmy do temperatury od 850 °C do 900 °C w porównaniu z typowym zakresem 700-750 °C dla standardowych gatunków stali. Dotyczy to szerokiej gamy zaawansowanych gatunków stali, takich jak: Complex Phase, Dual Phase, TRIP (plastyczność indukowana transformacją), TWIP (plastyczność indukowana skręcaniem) czy QP (stale typu Quenching and Partitioning). W szczególnym przypadku produktów QP, taśma jest podgrzewana w temperaturze około 900 °C. W drugim etapie materiał musi zostać schłodzony do około 230 °C (hartowanie). Następnie konieczne jest ponowne podgrzanie materiału, do około 500 °C, po czym następuje etap moczenia, przed ostatecznym schłodzeniem. Proces podziału umożliwia dyfuzję węgla w produkcji. [224, EUROFER 2021] [228, AT 2020]

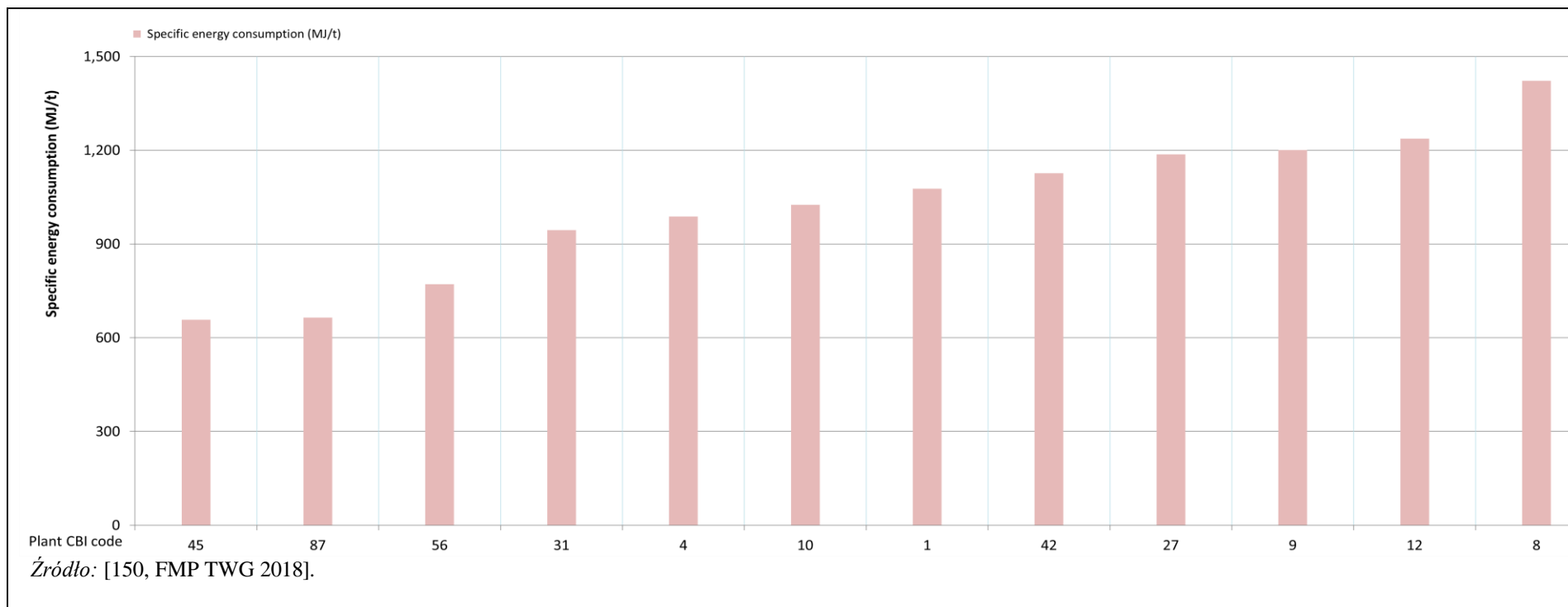
W przypadku w pełni wykończonej stali elektrotechnicznej (np. niezorientowanej ziarnowo) wymagane są również wysokie temperatury wyżarzania, wynoszące około 1 100 °C, w porównaniu z półwyrobami stali elektrotechnicznej.

W związku z tym produkcja znacznego udziału takich gatunków stali w przyszłości w asortymencie wyrobów zakładu FMP może prowadzić do jednostkowego zużycia energii wyższego niż 1 200 MJ/t. [224, EUROFER 2021] [228, AT 2020]

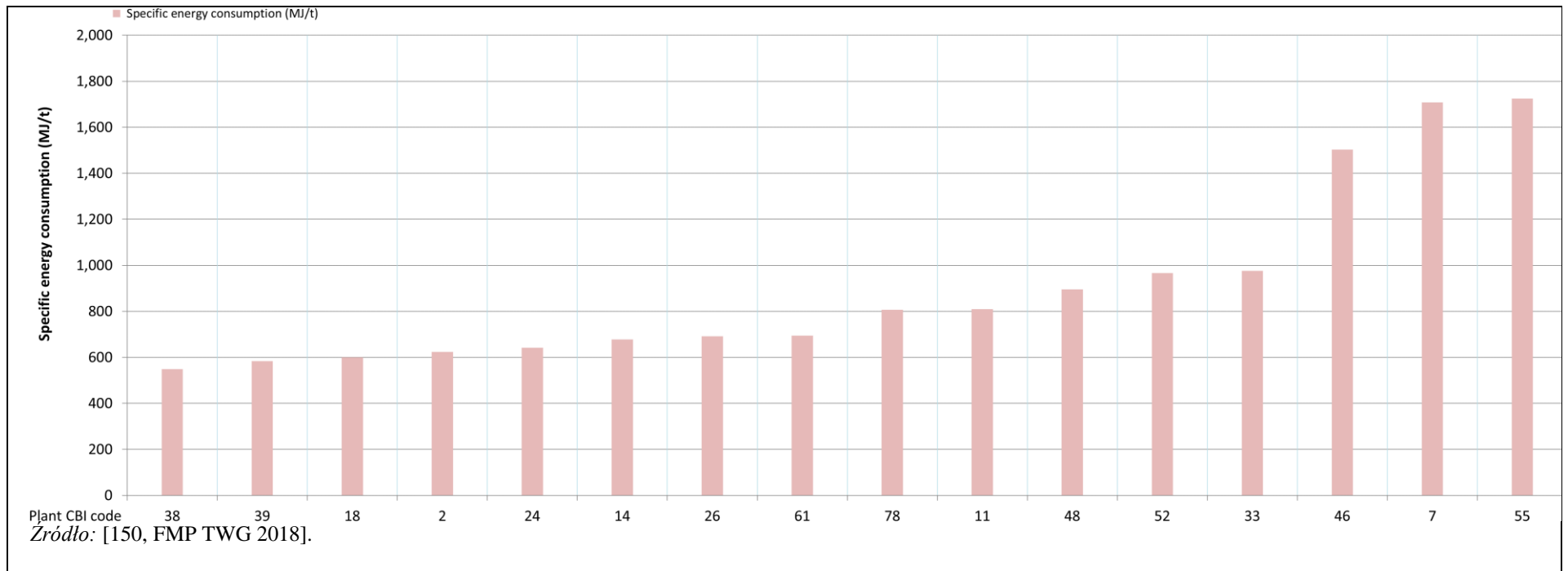


Rysunek 3.17: Jednostkowe zużycie energii (MJ/t wydajności procesu) dla walcowania





Rysunek 3.18: Jednostkowe zużycie energii (MJ/t wydajności procesu) dla ciągłego wyżarzania po walcowaniu



Rysunek 3.19: Jednostkowe zużycie energii (MJ/t wydajności procesu) dla wyżarzania partiami po walcowaniu

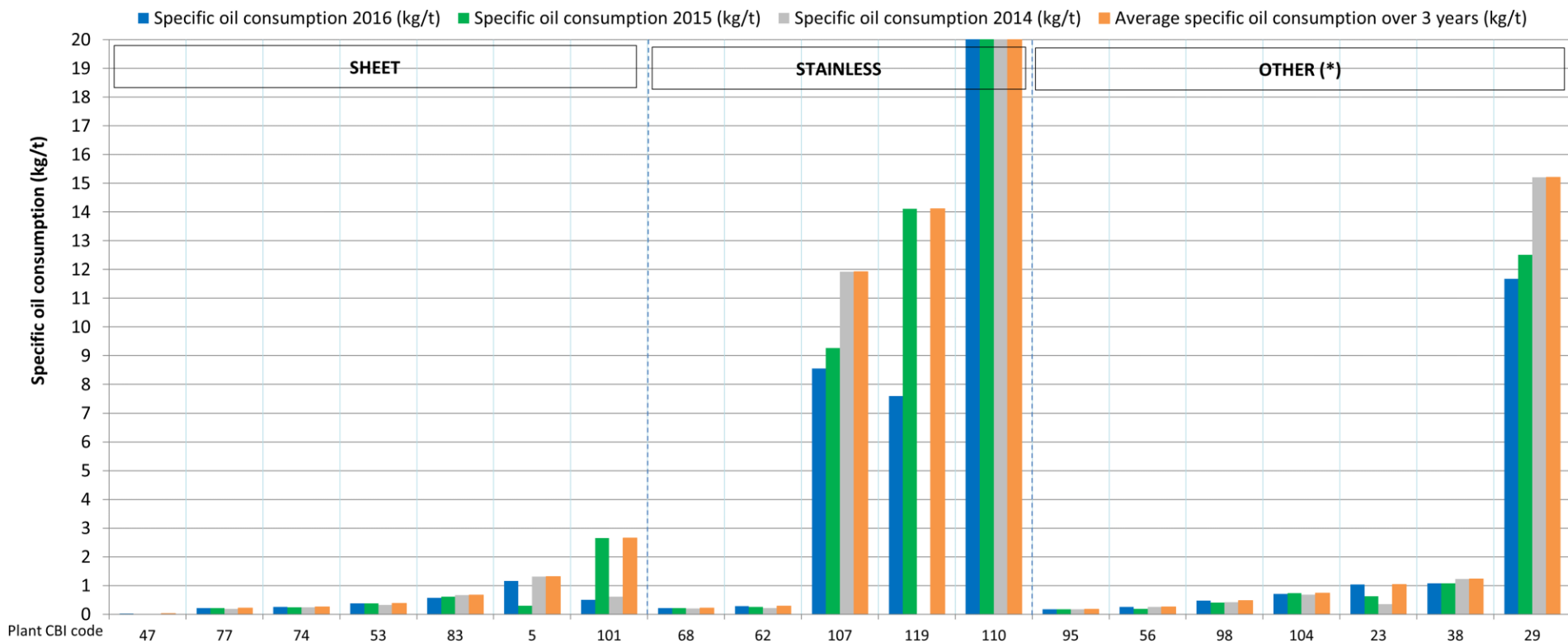
### 3.3.3 Zużycie materiałów

#### 3.3.3.1 Zużycie olejów

##### **Wytrawianie stali niskostopowych, stopowych i wysokostopowych**

Zużycie oleju antykorozyjnego zależy od procentowego udziału wyrobów olejowanych, od rodzaju zastosowanej maszyny olejarskiej (natłuszczanie elektrostatyczne lub dysze natryskowe) oraz od masy oleju wymaganej przez klienta. [86, EUROFER, TG Cold rolling 1998].

Rysunek 3.20 przedstawia dane dotyczące zużycia oleju w trzech latach działalności oraz uzyskaną średnią roczną w zakładach walcowania na zimno, które uczestniczyły w gromadzeniu danych FMP. Zużycie oleju waha się od 2 kg/t do 15 kg/t. Wartości zużycia oleju obejmują wszystkie rodzaje olejów używanych w zakładzie (np. olej walcowniczy, olej do układów hydraulicznych, olej smarowy, olej antykorozyjny, olej emulsyjny, tłuszcz i smar).



Inne (\*): obejmuje inne rodzaje produktów, które nie zostały określone.

Wartości zbyt wysokie lub zbyt niskie w stosunku do skali rysunku:

Numer sortowania	Jednostkowe zużycie oleju 2016 (kg/t)	Jednostkowe zużycie oleju 2015 (kg/t)	Jednostkowe zużycie oleju w 2014 r. (kg/t)
110	188.70	262.08	255.46

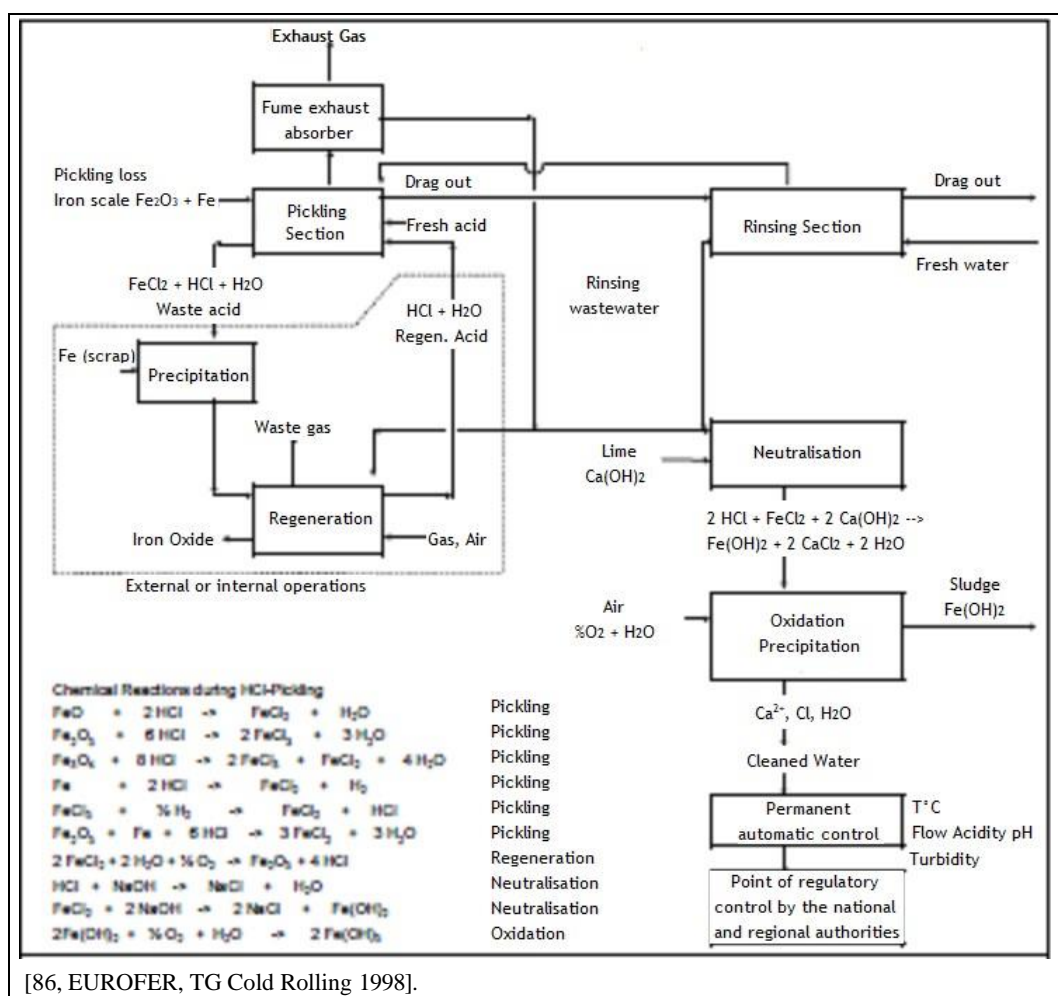
Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 3.20: Zużycie właściwe oleju (kg/t produkcji) w walcowniach zimnych

### 3.3.3.2 Zużycie kwasów

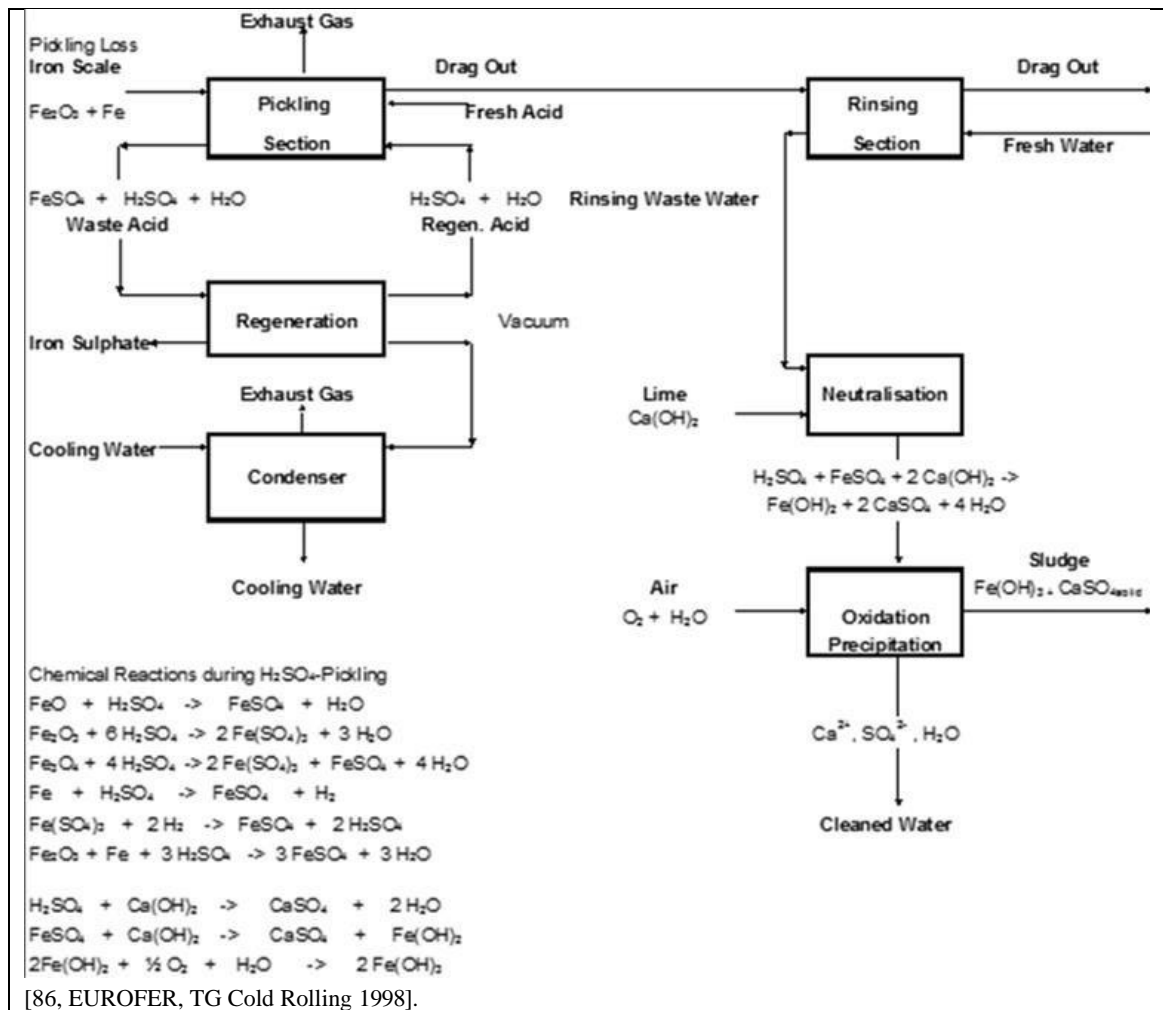
Jako środki wytrawiające stosuje się kwas chlorowodorowy, siarkowy, a w przypadku stali nierdzewnej mieszaninę kwasu azotowego i fluorowodorowego. Zużycie kwasu zmienia się oczywiście w zależności od tego, czy kwas jest regenerowany czy nie. Zależy również od konkretnej powierzchni wytrawianej i grubości warstwy tlenków. [86, EUROFER, TG Cold rolling 1998].

Rysunek 3.21 przedstawia przepływ materiału w linii do trawienia HCl w połączeniu z regeneracją kwasu.



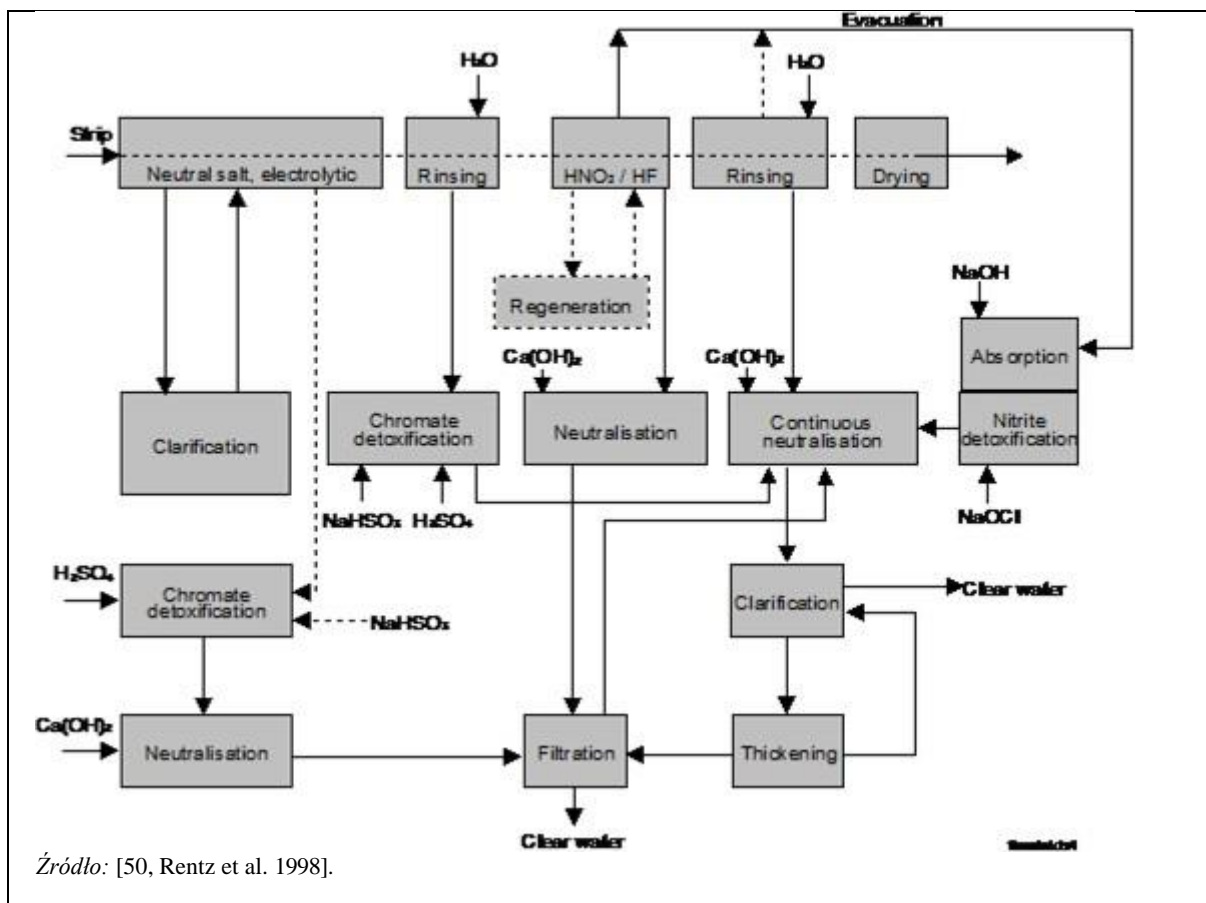
Rysunek 3.21: Arkusz przepływu dla wytrawiania HCl i regeneracji kwasu.

Rysunek 3.22 przedstawia przepływ materiału dla linii wytrawiania H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> z regeneracją kwasu.



Rysunek 3.22: Schemat postępowania przy trawieniu i regeneracji H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Rysunek 3.23 przedstawia przepływ materiału w procesie wytrawiania kwasem mieszanym w połączeniu z odzyskiem kwasu.



Rysunek 3.23: Schemat postępowania przy trawieniu stali nierdzewnej kwasem HNO<sub>3</sub>-HF (z uwzględnieniem odzysku)

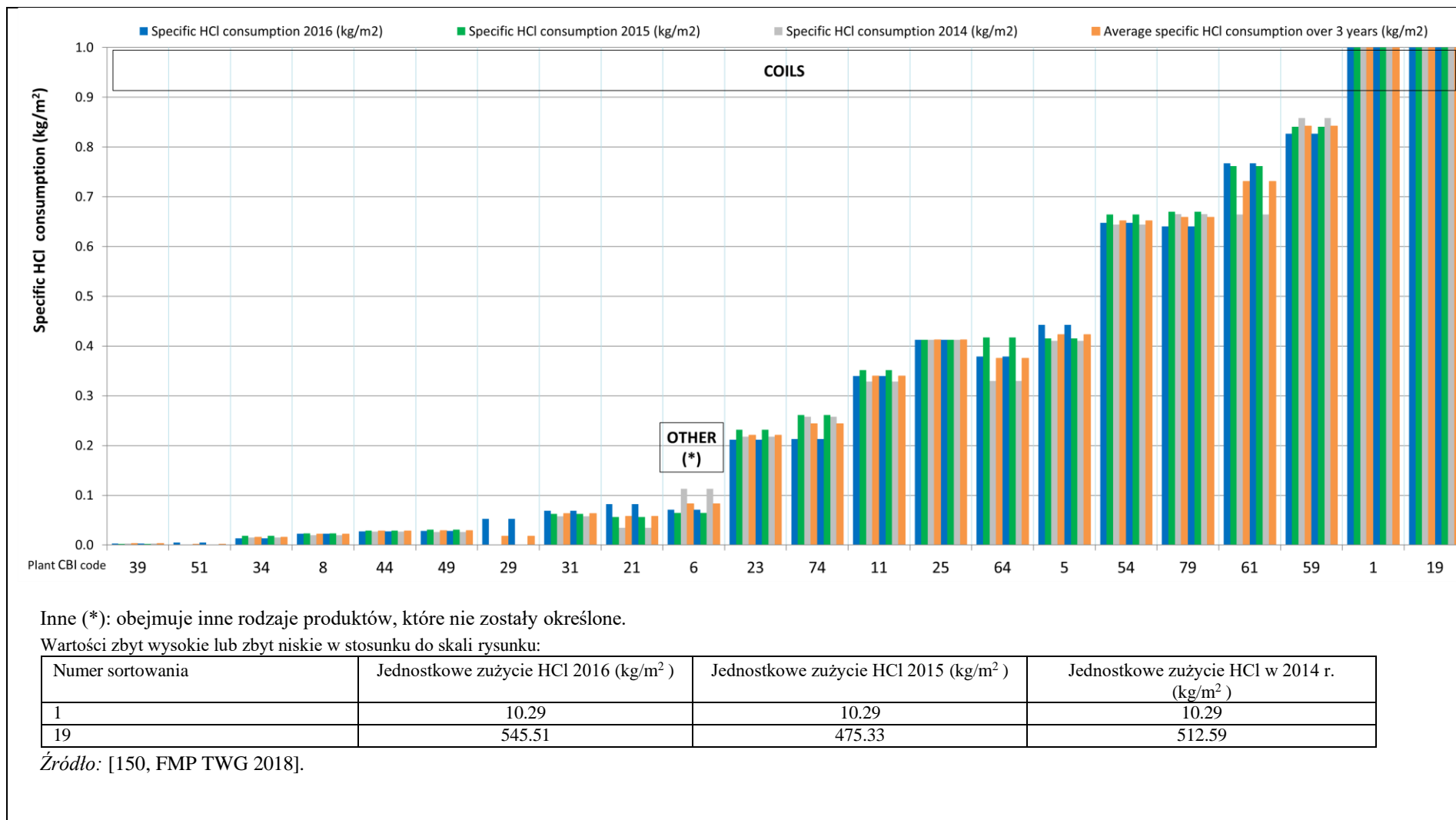
W tabeli 3.4. przedstawiono zakresy zużycia kwasów w liniach walcowania na zimno, które brały udział w zbieraniu danych FMP.

Tabela 3.4: Zakresy zużycia kwasu właściwego w liniach do walcowania na zimno

Rodzaj kwasu (%-wt)	Jednostkowe zużycie kwasu kg/m <sup>2</sup> (średnia roczna)
HCl	0.002-10.3
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.002-3.5
HNO <sub>3</sub>	0.002-0.8
HF	0.006-9.7

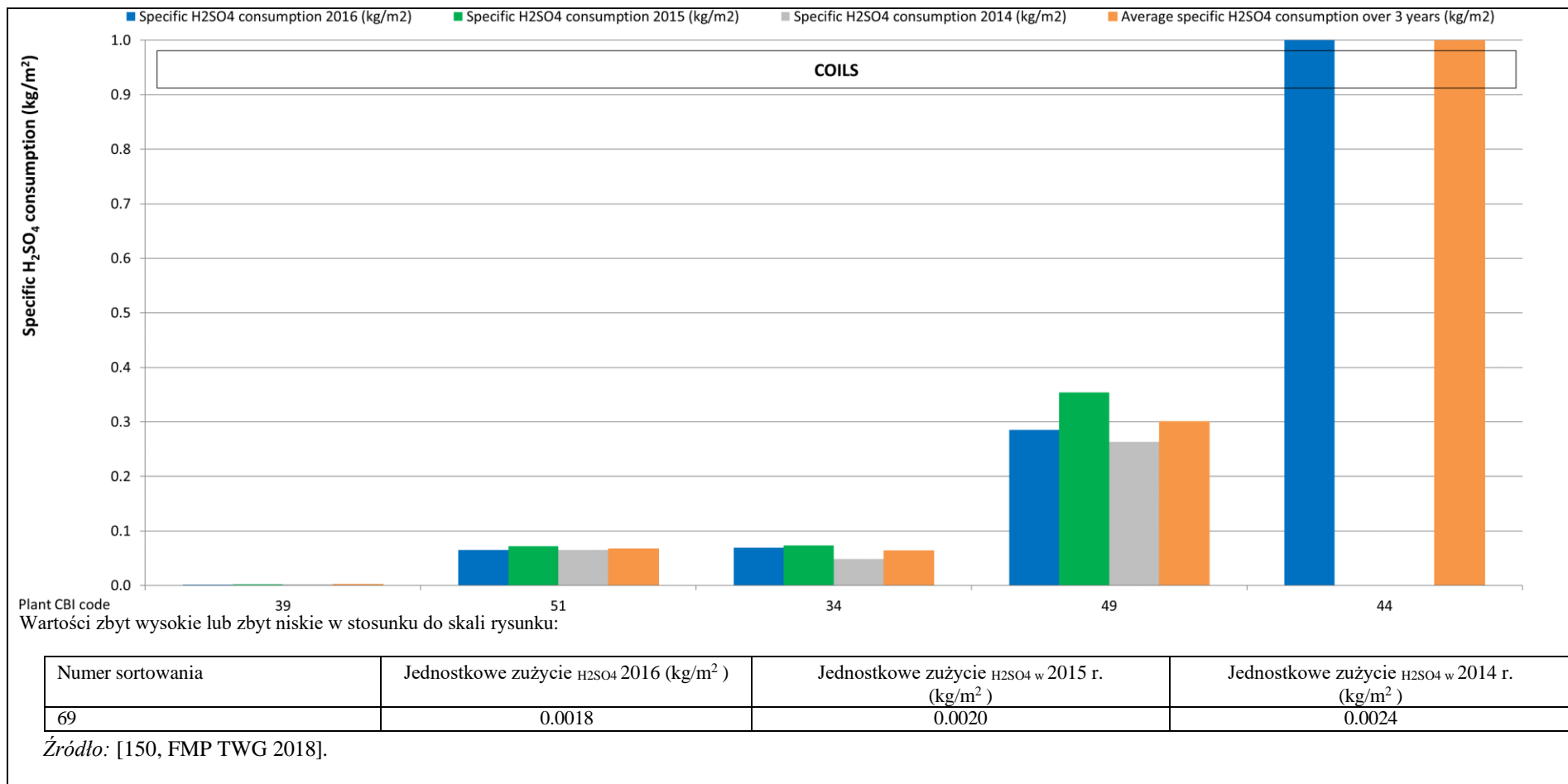
Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Ponadto na rysunkach od 3.24 do 3.27 przedstawiono dane dotyczące zużycia kwasu właściwego w trzech latach operacyjnych w zakładach walcowania na zimno objętych zbiorem danych. Każda liczba odpowiada innemu rodzajowi kwasu, mianowicie kwasowi solnemu, siarkowemu, azotowemu i fluorowodorowemu. Specyficzne zużycie kwasu wyrażone jest w kg kwasu na m<sup>2</sup> obrabianej (trawionej) powierzchni. Stężenia rozważanych kwasów wynosiły 33%-wt, 96%-wt, 49%-wt i 70%-wt, odpowiednio dla HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub> i HF.

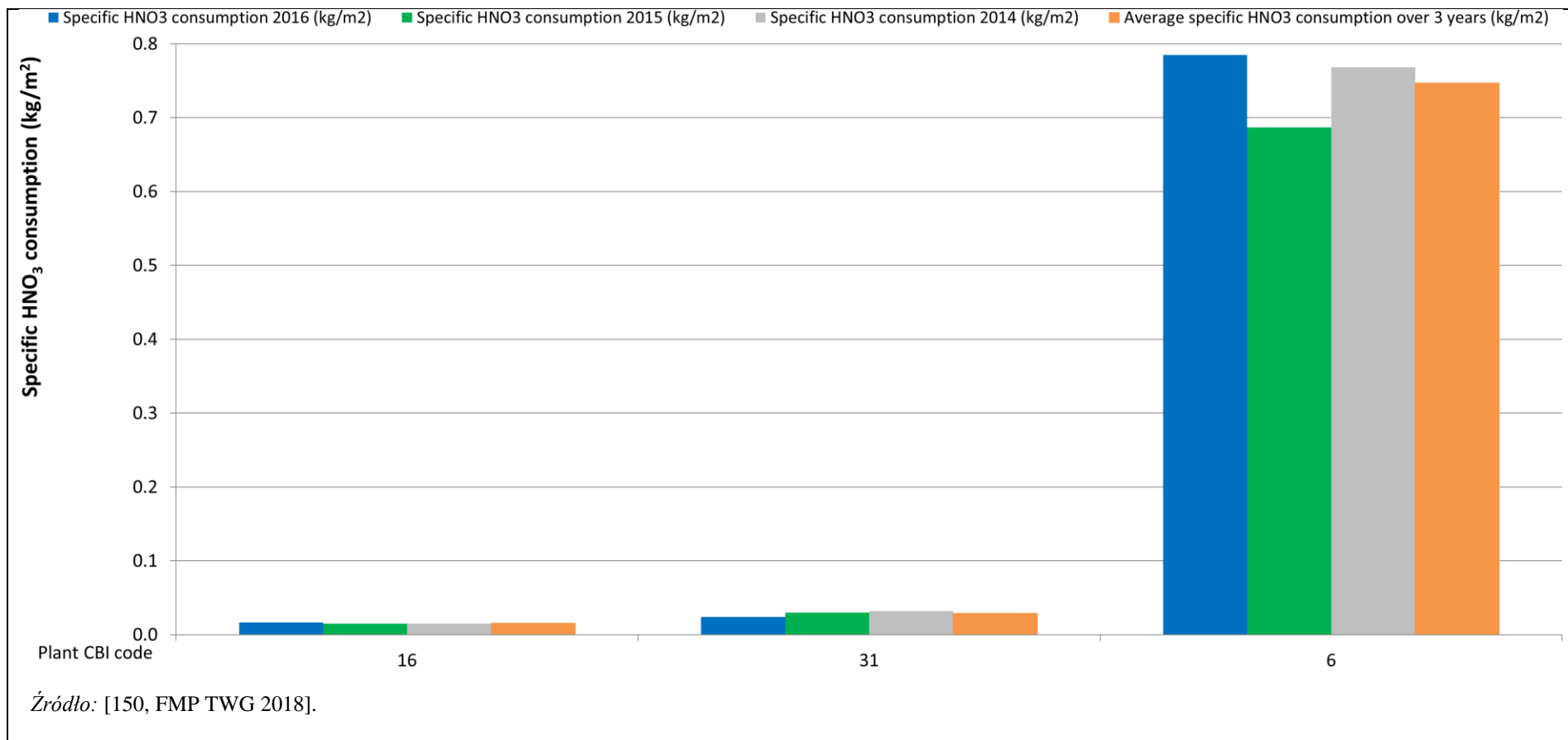


Rysunek 3.24: Jednostkowe zużycie HCl (kg/m<sup>2</sup> powierzchni poddanej działaniu) w walcowni zimnej

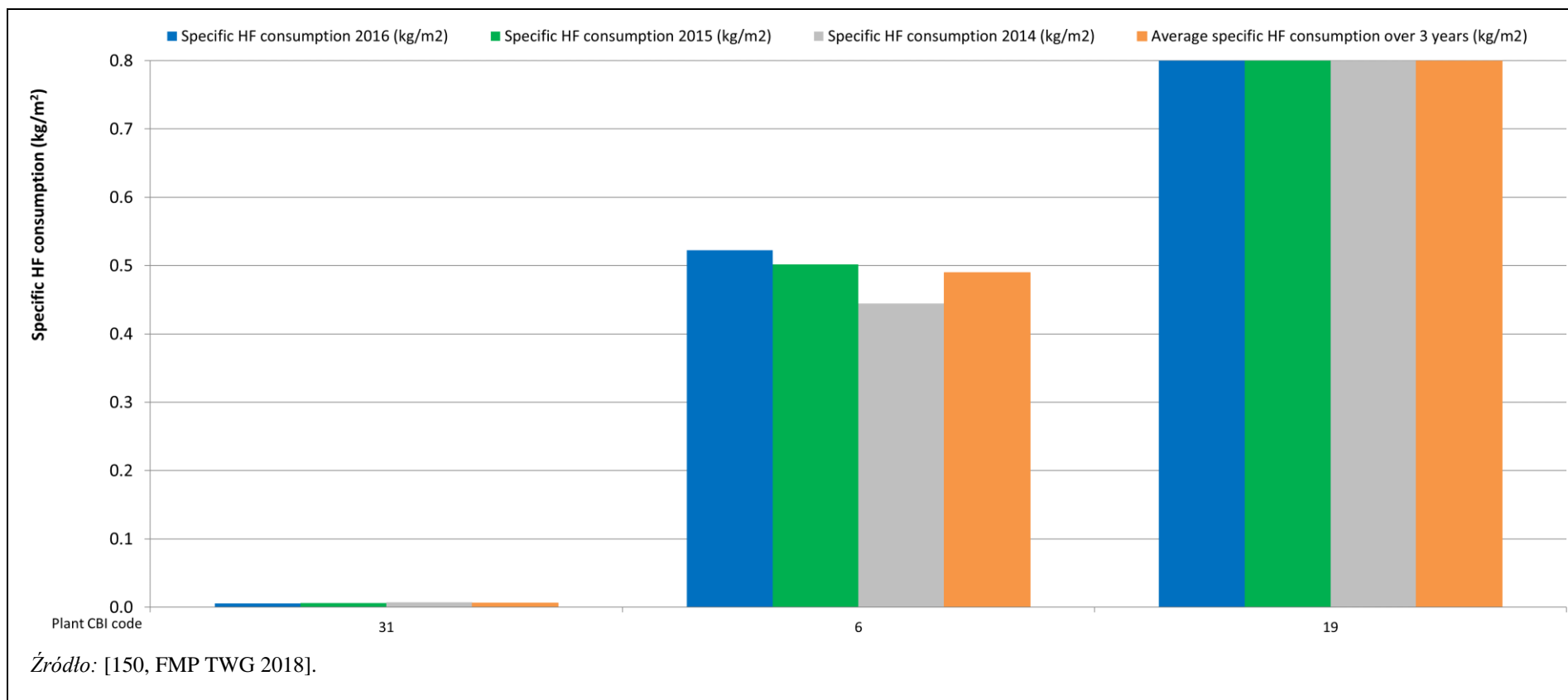




Rysunek 3.25: Jednostkowe zużycie H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (kg/m<sup>2</sup> powierzchni poddanej obróbce) w zakładach walcowania na zimno



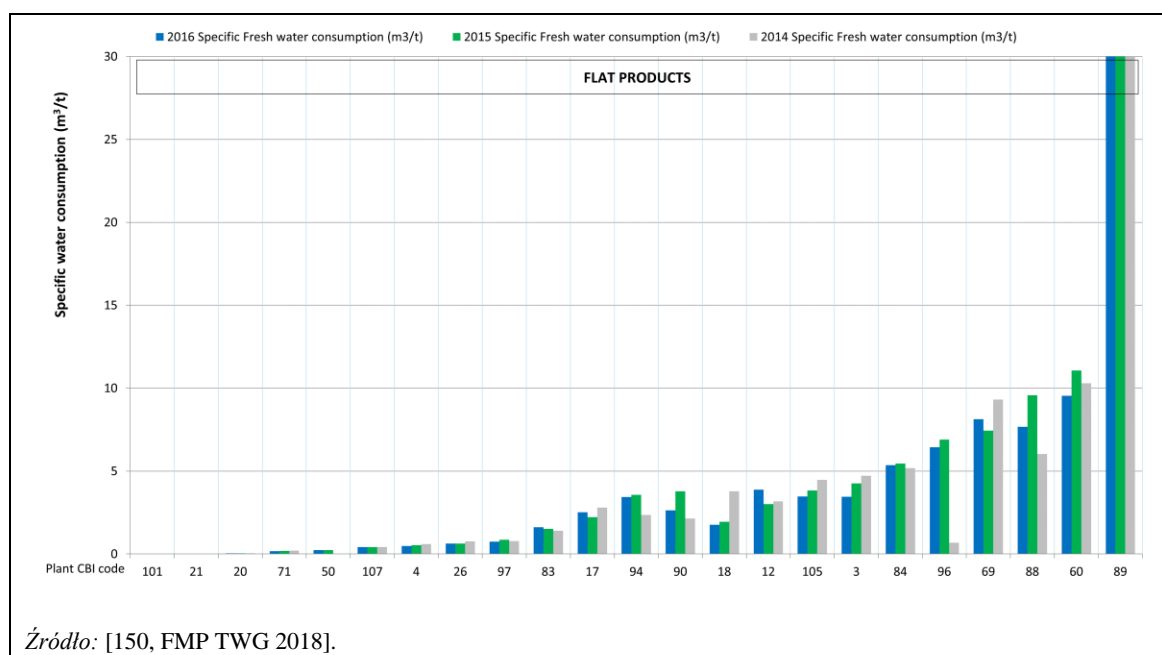
Rysunek 3.26: Jednostkowe zużycie HNO<sub>3</sub> (kg/m<sup>2</sup> powierzchni poddanej obróbce) w walcowniach zimnych



Rysunek 3.27: Specyficzne zużycie HF (kg/m<sup>2</sup> powierzchni poddanej obróbce) w zakładach walcowania na zimno

### 3.3.4 Zużycie wody

Rysunek 3.28 przedstawia zgłoszone dane dotyczące jednostkowego zużycia wody, na poziomie zakładu, dla trzech lat operacyjnych w zakładach walcowania na zimno. Zużycie wody właściwej waha się od 0,0002 m<sup>3</sup> /t do 74 m<sup>3</sup> /t w przypadku 23 zakładów, które przekazały dane dotyczące zużycia wody właściwej. Dokładniej, zgodnie z zebranymi danymi, wśród 7 zakładów CR, które zgłosiły, że są częścią znacznie większej instalacji (tj. zintegrowanej huty żelaza i stali), większość zakładów zgłosiła zużycie jednostkowe poniżej lub bliskie 10 m<sup>3</sup> /t, z wyjątkiem jednego zakładu, który zgłosił bardzo wysokie zużycie 74 m<sup>3</sup> /t, co uznaje się za wartość odstającą. Rysunek jest uporządkowany w kolejności rosnącej maksymalnych wartości jednostkowego zużycia dla trzech lat eksploatacji. Definicja jednostkowego zużycia wody znajduje się w sekcji 9.4.4.2.



Rysunek 3.28: Jednostkowe zużycie wody (m<sup>3</sup> /t produkcji) w zakładach walcowania na zimno

### 3.3.5 Emisje do powietrza

#### 3.3.5.1 Emisje do powietrza z obróbki mechanicznej i spawania

##### Emisja pyłu

Dane zgłoszone w zakresie emisji pyłu do powietrza z obróbki mechanicznej i spawania przedstawiono na Rysunku 3.31 i Rysunku 3.32. Emisje pyłu zgłoszono łącznie dla 42 punktów emisji. Stężenia wahają się od 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> do 35,4 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji wynoszą od 8,5 g/h do 1 650 g/h.

##### Emisja ołowiu

Dane zgłoszone w zakresie emisji ołowiu do powietrza z usuwania kamienia przed wytrawianiem przedstawiono na rysunku 3.33. Emisje ołowiu zostały zgłoszone łącznie dla 3 punktów emisji. Zgłoszone stężenie emisji wynosiło od 0,001 mg/Nm<sup>3</sup> do 0,003 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji wynosiły od 0,12 g/h do 0,15 g/h.

##### Emisja niklu

Dane zgłoszone dotyczące emisji niklu do powietrza z odkamieniania przed wytrawianiem przedstawiono na rysunku 3.34. Emisje niklu zostały zgłoszone łącznie dla 5 punktów emisji. Zgłoszone stężenia emisji wynoszą od 0,001 mg/Nm<sup>3</sup> do 0,9 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 0,05 g/h do 27 g/h.

### 3.3.5.2 Emisje do powietrza z ogrzewania (wyżarzanie)

Stężenia emisji przedstawione w tej sekcji odnoszą się do emisji do powietrza w przypadku ogrzewania materiału wsadowego w procesie wyżarzania (tj. wyżarzania przed wytrawianiem, wyżarzania partiami i ciągłego po walcowaniu). W danych liczbowych uwzględniono, czy skład paliwa dla zgłoszonego maksymalnego stężenia odnosi się do 100% gazu ziemnego, czy do rodzajów paliwa innych niż 100% gazu ziemnego. Przedstawione wartości stężenia dla emisji do powietrza w wyniku spalania odnoszą się do wspólnego stężenia tlenu wynoszącego 3 %.

#### Emisja pyłu

Zgłoszone dane dotyczące emisji pyłu do powietrza dla 15 punktów emisji z ogrzewania materiału wsadowego (wyżarzanie przed wytrawianiem oraz wyżarzanie partiami i ciągłe po walcowaniu) przy użyciu 100% gazu ziemnego przedstawiono na rysunku 3.35. Stężenia emisji pyłu wynoszą od 0,2 mg/Nm<sup>3</sup> do 237 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji pyłu wynoszą od 4,0 g/h do 1 024 g/h.

Na rysunku 3.36 przedstawiono emisję pyłu do powietrza dla 3 punktów emisji z ogrzewania wsadu (wyżarzanie partiami po walcowaniu) dla paliwa innego niż 100% gaz ziemny. Stężenia emisji wynoszą od 34,6 mg/Nm<sup>3</sup> do 77,1 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 155 g/h do 270 g/h.

#### Emisja SO<sub>2</sub>

Zgłoszone dane dotyczące emisji SO<sub>2</sub> do powietrza dla 9 punktów emisji z ogrzewania materiału wsadowego (wyżarzanie przed wytrawianiem oraz wyżarzanie partiami i ciągłe po walcowaniu) przy użyciu 100% gazu ziemnego przedstawiono na rysunku 3.37. Stężenia emisji wynoszą od 7,2 mg/Nm<sup>3</sup> do 81,4 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji wynoszą od 19,5 g/h do 608 g/h.

Zgłoszone dane dotyczące emisji SO<sub>2</sub> do powietrza dla 5 punktów emisji z ogrzewania materiału wsadowego (wyżarzanie przed wytrawianiem oraz wyżarzanie wsadowe i ciągłe po walcowaniu) dla paliwa innego niż 100% gaz ziemny przedstawiono na rysunku 3.38. Stężenia wahają się od 66 mg/Nm<sup>3</sup> do 810 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 468 g/h do 1 900 g/h.

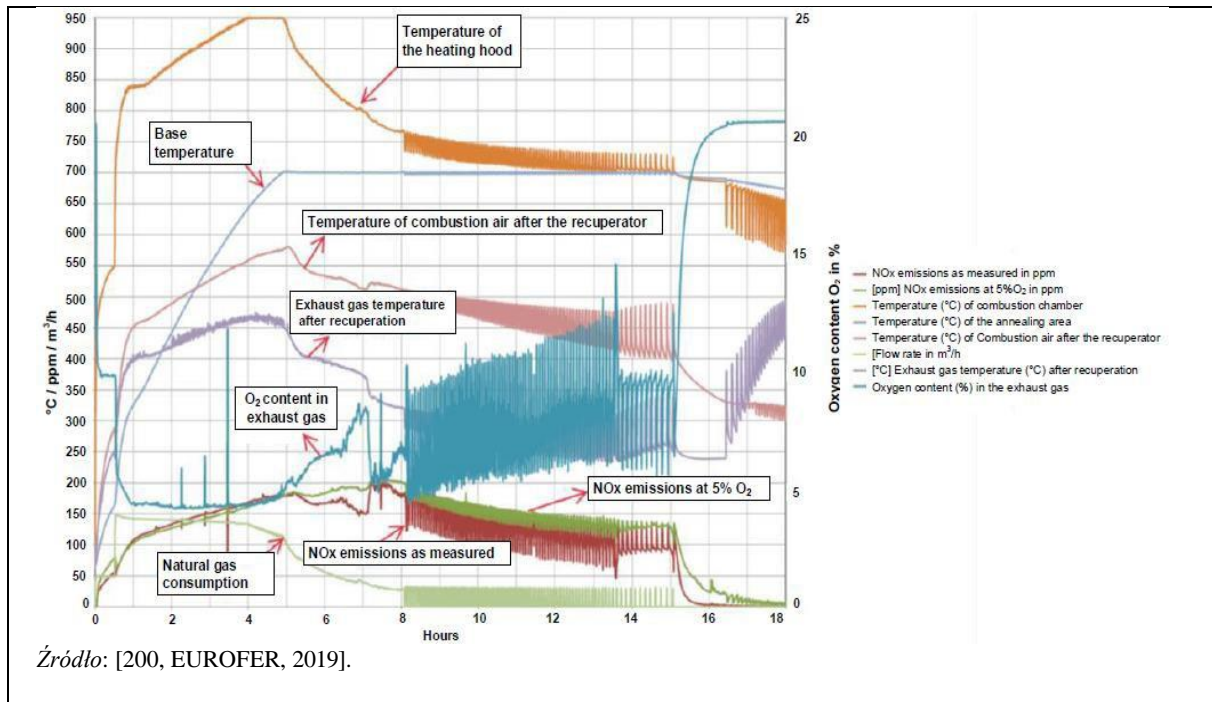
#### Emisje NO<sub>x</sub>

##### Szczególne aspekty, które należy uwzględnić przy wyżarzaniu partiami

Rysunek 3.29 pokazuje emisje NO<sub>x</sub> i odpowiednie parametry podczas cyklu wyżarzania dla pieca do wyżarzania dzwonów opalanego gazem ziemnym w walcowni zimnej C.D. Wälzholz (odpowiadającego zakładowi/punktowi emisji 115 CR-1 w zbiorze danych). Piec jest wyposażony w palniki o niskiej zawartości NO<sub>x</sub> i system rekuperacji do wstępnego podgrzewania powietrza do spalania. W wyżarzaniu partiami z wykorzystaniem rekuperatorów, wstępne podgrzewanie powietrza do spalania jest często ograniczone do 400°C, ale możliwe są wyższe temperatury. Zakład 115 CR pracuje z maksymalną temperaturą wstępnego podgrzewania powietrza 550°C. Temperatura wstępnego podgrzewania zmienia się w cyklu wyżarzania, ponieważ jest związana z temperaturą pieca i wynikającą z niej temperaturą gazu odpadowego. Emisja NO<sub>x</sub> na rysunku 3.29 przebiega podobną krzywą jak temperatura podgrzewania wstępnego, choć z niewielkim opóźnieniem. [200, EUROFER, 2019] Jest to wyraźna wskazówka, że emisje NO<sub>x</sub> są związane ze wstępnym podgrzewaniem powietrza do spalania. Ponadto wstępne podgrzewanie powietrza może zaoszczędzić do 25 % zużycia energii i dlatego jest również ważne dla efektywności energetycznej. [218, EUROFER 2020]

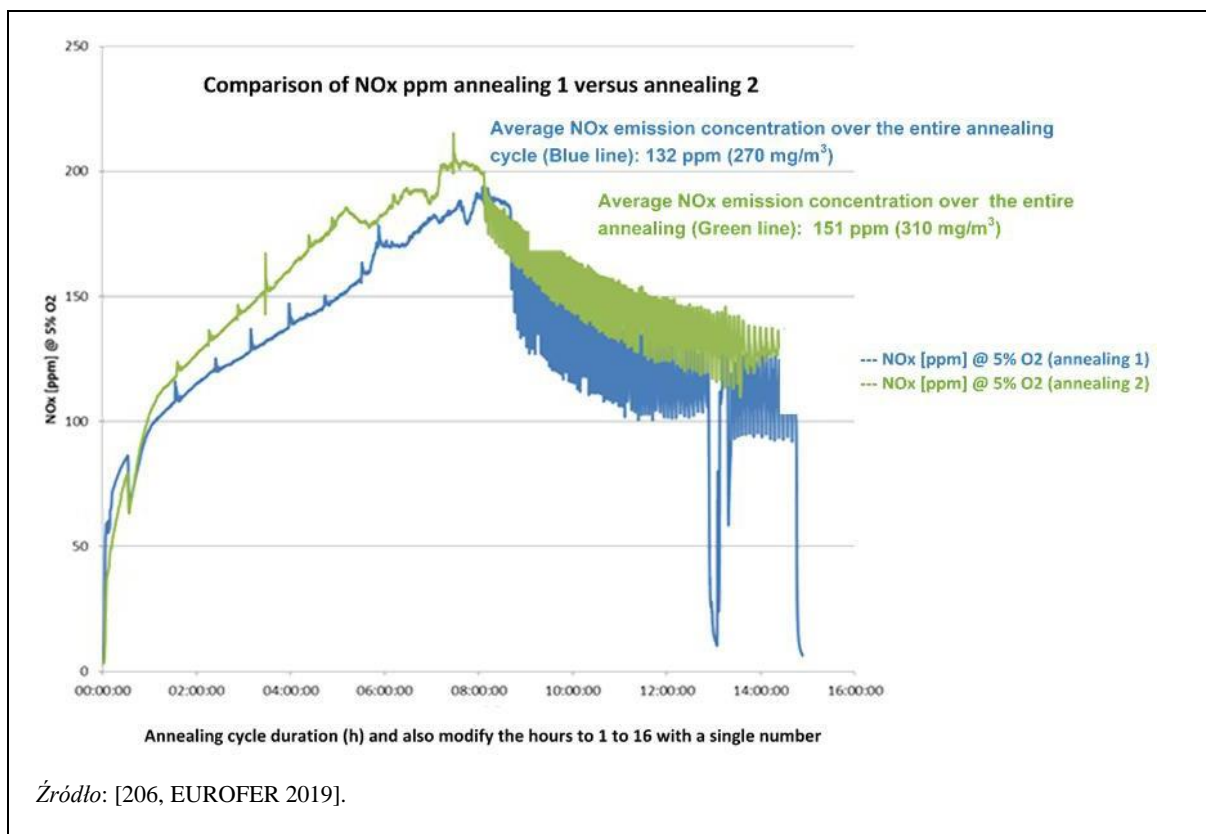
W pierwszej godzinie, gdy zużycie energii jest wysokie, a temperatura wstępnie podgrzanego powietrza do spalania niska, stężenie emisji NO<sub>x</sub> jest tylko połową maksymalnej wartości obserwowanej w całym cyklu wyżarzania. W fazie, gdy temperatura okapu grzewczego jest obniżana (aby nie przegrzewać węzownic), zużycie gazu ziemnego jest obniżane krok po kroku. Na tym etapie zmniejsza się wstępne podgrzewanie powietrza, a tym samym generowane jest mniej NO<sub>x</sub>. Masowy przepływ NO<sub>x</sub> w mg/h jest związany ze zużyciem gazu ziemnego lub inaczej mówiąc z mocą palnika. [200, EUROFER, 2019][218, EUROFER 2020]

W przypadku okresowych pomiarów NO<sub>x</sub>, czas pomiaru (tj. jak daleko w cyklu wyżarzania) lub czas trwania monitorowania może mieć wpływ na wyniki. Na przykład na rysunku 3.29 w zbiorze danych za trzy lata odnotowano pomiary okresowe (3 próbki pobrane w czasie trwania ćwiczenia monitorującego wynoszącego 2 godziny) z wartościami stężenia 250 mg/Nm<sup>3</sup>, 260 mg/Nm<sup>3</sup> i 280 mg/Nm<sup>3</sup> (przy 5 % O<sub>2</sub>), co odpowiada 281 mg/Nm<sup>3</sup>, 293 mg/Nm<sup>3</sup> i 315 mg/Nm<sup>3</sup> (przy 3 % O<sub>2</sub>). Natomiast maksimum danych z pomiarów ciągłych, jak pokazano poniżej, wynosi 200 ppm (przy 5 % O<sub>2</sub>), co odpowiada 450 mg/Nm<sup>3</sup> (przy 3 % O<sub>2</sub>).



Rysunek 3.29: Przykład parametrów wsadu podczas fazy ogrzewania i związane z tym emisje NO<sub>x</sub> (w ppm), w tym szczególne aspekty do rozważenia przy pomiarze emisji NO<sub>x</sub> z pieców do wyżarzania partiami, w szczególności wpływ wstępnego podgrzewania powietrza na emisje NO<sub>x</sub>.

Rysunek 3.30 przedstawia stężenia emisji NO<sub>x</sub> w cyklu wyżarzania dla walcowni zimnej C.D. Wälzholz (odpowiadającej zakładowi/punktowi emisji 115 CR-1 w zbiorze danych) Dla pierwszego cyklu wyżarzania (na niebiesko), moc palnika wynosi 85%, a maksymalne stężenie NO<sub>x</sub> wynosi około 220 ppm (przy 5 % O<sub>2</sub>), ze średnią 132 ppm w całym cyklu wyżarzania; co odpowiada maksymalnemu stężeniu 555 mg/Nm<sup>3</sup> i średniemu stężeniu 300 mg/Nm<sup>3</sup> przy 3 % O<sub>2</sub>. W drugim cyklu wyżarzania (na zielono) moc palnika wynosi 100 %, a maksymalne stężenie wynosi około 190 ppm (przy 5 % O<sub>2</sub>), ze średnią 151 ppm w całym cyklu wyżarzania; co odpowiada maksymalnemu stężeniu 430 mg/Nm<sup>3</sup> i średniemu stężeniu 350 mg/Nm<sup>3</sup> przy 3 % O<sub>2</sub>. Podczas zbierania danych zakład ten zgłosił stężenia emisji NO<sub>x</sub> w zakresie od 250 mg/Nm<sup>3</sup> do 280 mg/Nm<sup>3</sup> (przy 5 % O<sub>2</sub>).



Rysunek 3.30: Przykład badawczy emisji NO<sub>x</sub> (w ppm) i wpływu mocy palnika w całym cyklu wyżarzania w walcowni zimnej C.D. Wälzholz pokazujący różnice pomiędzy średnim stężeniem emisji w cyklu wyżarzania a maksymalnym stężeniem emisji

### Podsumowanie stężeń emisji NO<sub>x</sub> zgłoszonych w zbiorze danych FMP

Zgłoszone dane dotyczące emisji NO<sub>x</sub> do powietrza dla 37 punktów emisji z ogrzewania materiału wsadowego (wyżarzanie przed wytrawianiem oraz wyżarzanie partiami, ciągłe i jasne po walcowaniu) przy użyciu 100% gazu ziemnego przedstawiono na rysunku 3.39. Stężenia emisji wahają się od 62,0 mg/Nm<sup>3</sup> do 1 274 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 291 g/h do 61 800 g/h.

Zgłoszone dane dotyczące emisji NO<sub>x</sub> do powietrza z ogrzewania materiału wsadowego (wyżarzanie przed wytrawianiem oraz wyżarzanie partiami i ciągłe po walcowaniu) w przypadku paliwa innego niż 100% gaz ziemny zgłoszono łącznie dla 8 punktów emisji i przedstawiono na rysunku 3.40. Stężenia emisji wynoszą od 259 mg/Nm<sup>3</sup> do 1 260 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji wynoszą od 728 g/h do 5 600 g/h.

W tabeli 3.5 przedstawiono zakresy stężeń emisji i ładunki emisji NO<sub>x</sub> do powietrza z podgrzewania substratów bez wstępnego podgrzewania powietrza i z podgrzewaniem powietrza.

Tabela 3.5: Zakresy emisji NO<sub>x</sub> do powietrza z ogrzewania materiału wsadowego w wyżarzaniu bez podgrzewania powietrza i z podgrzewaniem powietrza

	Gaz ziemny		Paliwo inne niż 100 % gazu ziemnego	
	mg/Nm <sup>3</sup>	g/h	mg/Nm <sup>3</sup>	g/h
Bez wstępnego podgrzewania powietrza	63-691	91-19 000	312-1 260	728-1 050
Z podgrzewaniem powietrza	62-1 274	291-61 000	25-945	2 600-27 000

Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 3.41 i rysunek 3.43 przedstawiają zgłoszone dane dotyczące emisji NO<sub>x</sub> do powietrza z podgrzewania materiału wsadowego (wyżarzanie przed wytrawianiem oraz wyżarzanie partiami, ciągle i jasne po walcowaniu) dla paliwa 100% gazu ziemnego, odpowiednio bez i z podgrzewaniem powietrza.

Rysunek 3.42 i Rysunek 3.44 przedstawiają zgłoszone dane dotyczące emisji NO<sub>x</sub> do powietrza z podgrzewania materiału wsadowego (wyżarzanie przed wytrawianiem oraz wyżarzanie partiami i ciągle po walcowaniu) dla paliwa innego niż 100% gaz ziemny, odpowiednio bez i ze wstępnym podgrzewaniem powietrza.

### **Emisja CO**

Zgłoszone dane dotyczące emisji CO do powietrza dla 21 punktów emisji z ogrzewania materiału wsadowego (wyżarzanie przed wytrawianiem oraz wyżarzanie partiami i ciągle po walcowaniu) przy użyciu 100% gazu ziemnego przedstawiono na rysunku 3.45. Stężenia emisji wynoszą od 4,4 mg/Nm<sup>3</sup> do 2 800 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 70 g/h do 96 000 g/h.

Zgłoszone dane dotyczące emisji CO do powietrza dla 4 punktów emisji z ogrzewania materiału wsadowego (wyżarzanie partiami i ciągle po walcowaniu) dla paliwa innego niż 100% gaz ziemny przedstawiono na rysunku 3.38. Stężenia emisji wynoszą od 30 mg/Nm<sup>3</sup> do 540 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 18 g/h do 1 700 g/h.

### **3.3.5.3 Emisje do powietrza z wytrawiania**

#### **Emisja pyłu**

Zgłoszone dane dotyczące emisji pyłu do powietrza z trawienia przedstawiono na rysunku 3.47. Rysunek obejmuje 8 punktów emisji z zakładów walcowania na gorąco (HR w kodzie zakładu), 4 punkty emisji z zakładów walcowania na zimno (CR w kodzie zakładu), a także 1 punkt emisji z zakładów powlekania na gorąco (HDC w kodzie zakładu). Stężenia emisji pyłu wynoszą od 0,6 mg/Nm<sup>3</sup> do 18,0 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji zawierają się w przedziale od 11 g/h do 255 g/h.

#### **Emisja HCl**

Zgłoszone dane dotyczące emisji HCl do powietrza z trawienia przedstawiono na rysunku 3.48. Rysunek obejmuje 7 punktów emisji z zakładów walcowania na gorąco (HR w kodzie zakładu), 22 punkty emisji z zakładów walcowania na zimno (CR w kodzie zakładu), a także 1 punkt emisji z zakładów powlekania na gorąco (HDC w kodzie zakładu). Stężenia emisji HCl wynoszą od 0,4 mg/Nm<sup>3</sup> do 78,0 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji wynoszą od 0,02 g/h do 1 390 g/h.

#### **SO<sub>x</sub> emisje**

Zgłoszone dane dotyczące emisji SO<sub>x</sub> do powietrza z wytrawiania przedstawiono na rysunku 3.49. Rysunek obejmuje 12 punktów emisji z zakładów walcowania na gorąco (HR w kodzie zakładu), a także 7 punktów emisji z zakładów walcowania na zimno (CR w kodzie zakładu). Stężenia emisji SO<sub>x</sub> wynoszą od 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> do 12,9 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 0,9 g/h do 332 g/h.

#### **Emisje NO<sub>x</sub>**

Zgłoszone dane dotyczące emisji NO<sub>x</sub> do powietrza z wytrawiania przedstawiono na rysunku 3.50. Rysunek obejmuje 16 punktów emisji z zakładów walcowania na gorąco (HR w kodzie zakładu), jak również 13 punktów emisji z zakładów walcowania na zimno (CR w kodzie zakładu). Stężenia emisji NO<sub>x</sub> wahają się od 1,0 mg/Nm<sup>3</sup> do 478 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 15 g/h do 7 300 g/h.

#### **Emisje HF**

Zgłoszone dane dotyczące emisji HF do powietrza z wytrawiania przedstawiono na rysunku 3.51. Rysunek obejmuje 15 punktów emisji z zakładów walcowania na gorąco (HR w kodzie zakładu), a także 13 punktów emisji z zakładów walcowania na zimno (CR w kodzie zakładu). Stężenia emisji HF wahają się od 0,03 mg/Nm<sup>3</sup> do 46,0 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 0,07 g/h do 640 g/h.



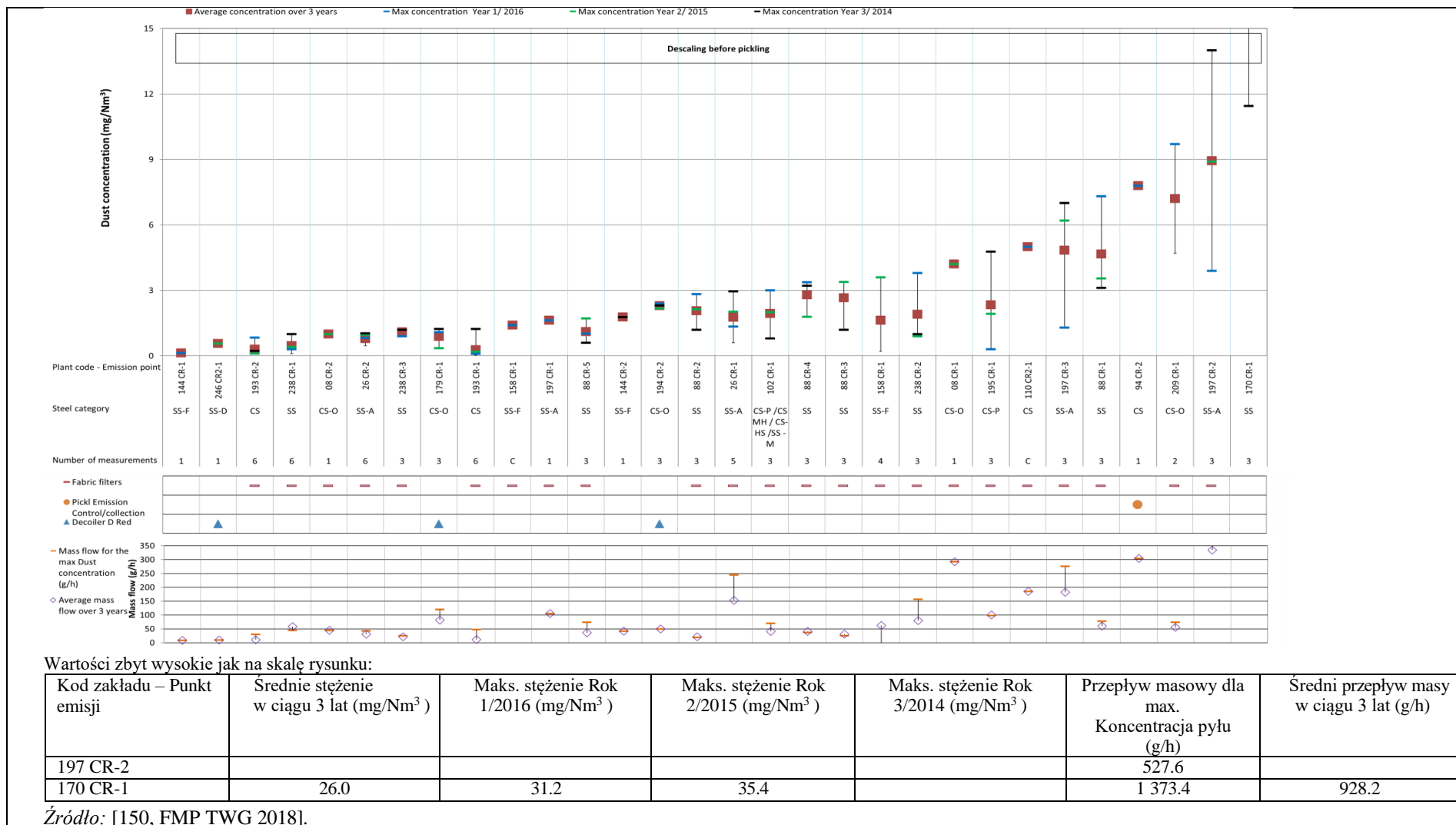
### 3.3.5.4 Emisje do powietrza ze stanowisk do walcowania oraz z wykańczania

#### Emisja TVOC

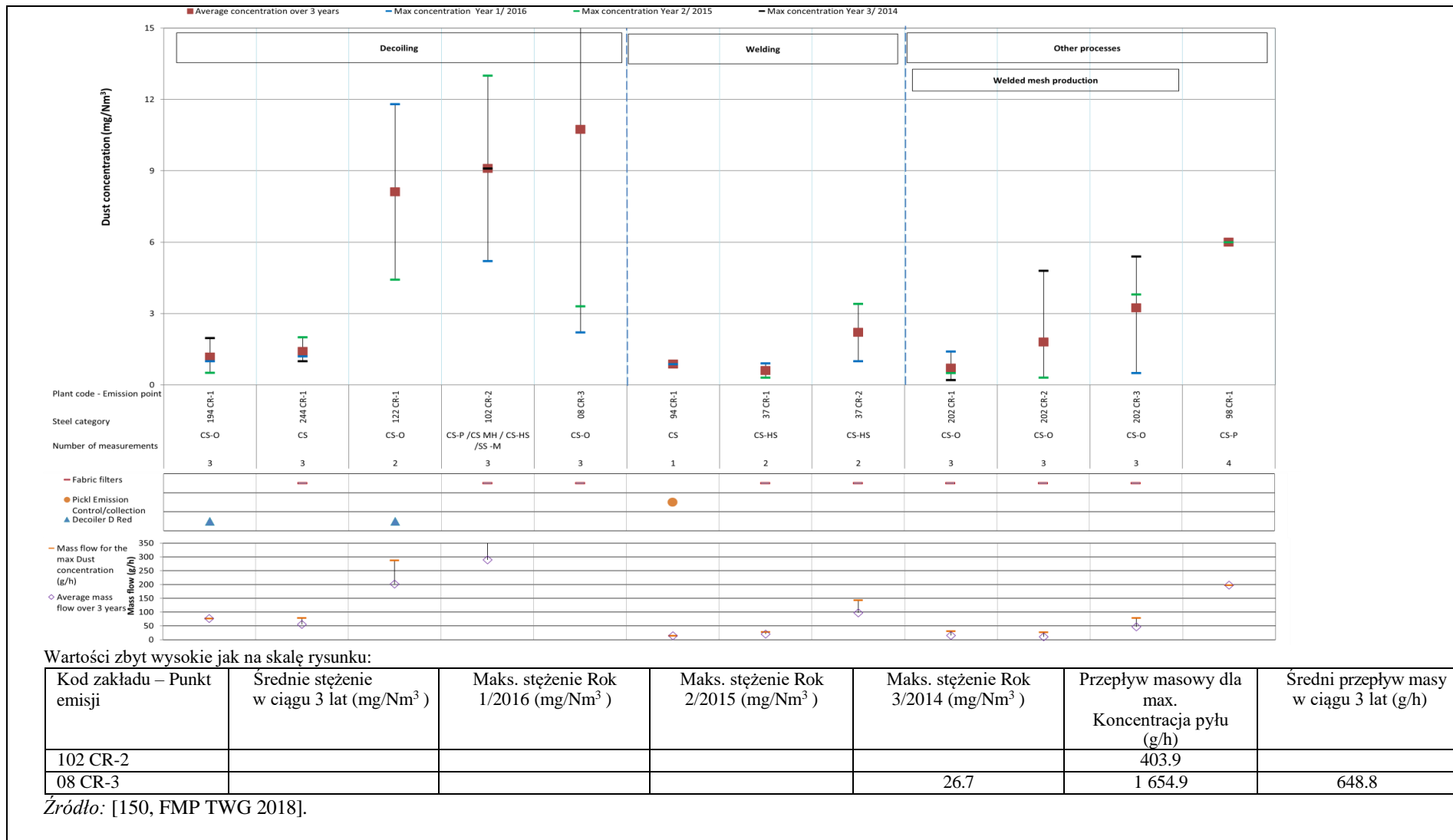
Zgłoszone dane dotyczące emisji LZO do powietrza ze stanowisk walcowniczych i wykańczania przedstawiono na rysunku 3.52. Emisje TVOC zostały zgłoszone dla 21 punktów emisji. Stężenia emisji TVOC wahają się od 0,2 mg/Nm<sup>3</sup> do 26,2 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 16,8 g/h do 2 200 g/h.

#### 3.3.5.5 Rysunki ze stężeniami emisji do powietrza

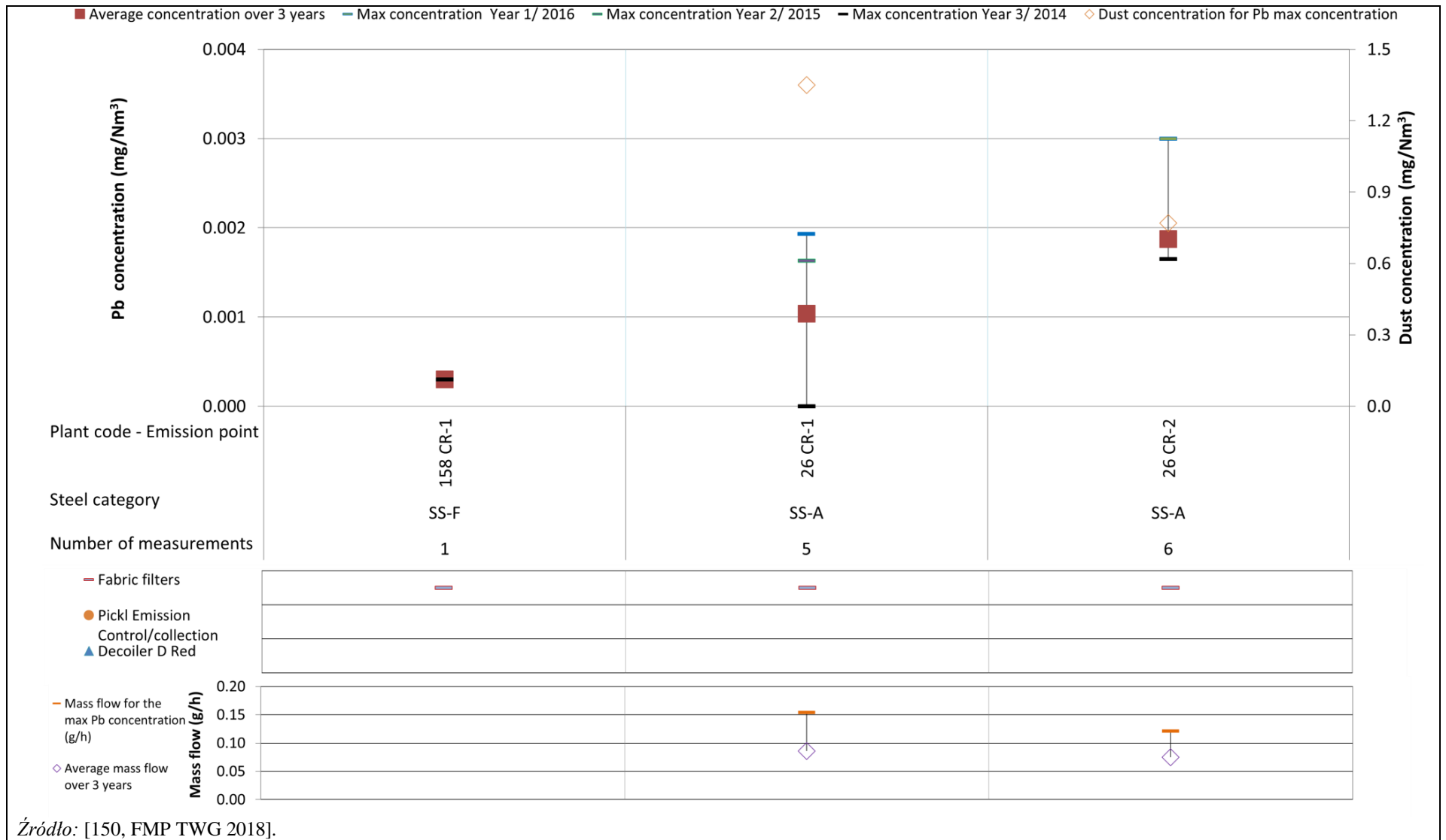
Przedstawione tu dane liczbowe dotyczące emisji do powietrza składają się z kilku części. Górna część rysunku zawsze pokazuje maksymalne stężenie dla każdego z trzech lat sprawozdawczych oraz średnią wartość uzyskaną w okresie sprawozdawczym. W przypadku procesów spalania (wyżarzanie) wykreślone wartości stężenia zawsze odnoszą się do poziomu odniesienia tlenu wynoszącego 3 %. Pomiary zgłoszone bez podania informacji o zmierzonym poziomie tlenu lub składzie użytego paliwa nie są brane pod uwagę. Poniżej osi x zamieszczono dodatkowe informacje kontekstowe, takie jak kod punktu emisji, rodzaj wyrobów stalowych i kategoria stali, liczba pomiarów dokonywanych każdego roku oraz stosowane kandydaty BAT. W dolnej części rysunku można również podać dodatkowe informacje, takie jak wartości przepływu masy, zarówno dla maksymalnego stężenia uzyskanego w okresie sprawozdawczym, jak i średniego przepływu masy w ciągu trzech lat sprawozdawczych. W przypadku danych liczbowych dotyczących wyżarzania systematycznie podaje się zmierzony poziom tlenu odniesienia zgłoszony dla maksymalnego stężenia uzyskanego przy 3% O<sub>2</sub>, a także informacje na temat rodzaju stosowanego paliwa. Zazwyczaj dostępna jest liczba dla przypadków, w których wykorzystuje się 100 % gazu ziemnego, a dla paliw innych niż 100 % gazu ziemnego podaje się oddzielną liczbę, wyraźnie wskazując rodzaj zastosowanej mieszanki paliwowej (wyrażonej jako procent pobranej energii). W przypadku danych liczbowych dotyczących emisji NO<sub>x</sub>, w dolnej części rysunku znajduje się dodatkowy wykres przedstawiający odpowiadające im emisje CO. We wszystkich przypadkach dane liczbowe są uporządkowane w kolejności rosnącej maksymalnych wartości stężenia dla trzech lat eksploatacji. Wyjaśnienia skrótów użytych na wykresach w walcowaniu na gorąco można znaleźć w glosariuszu.



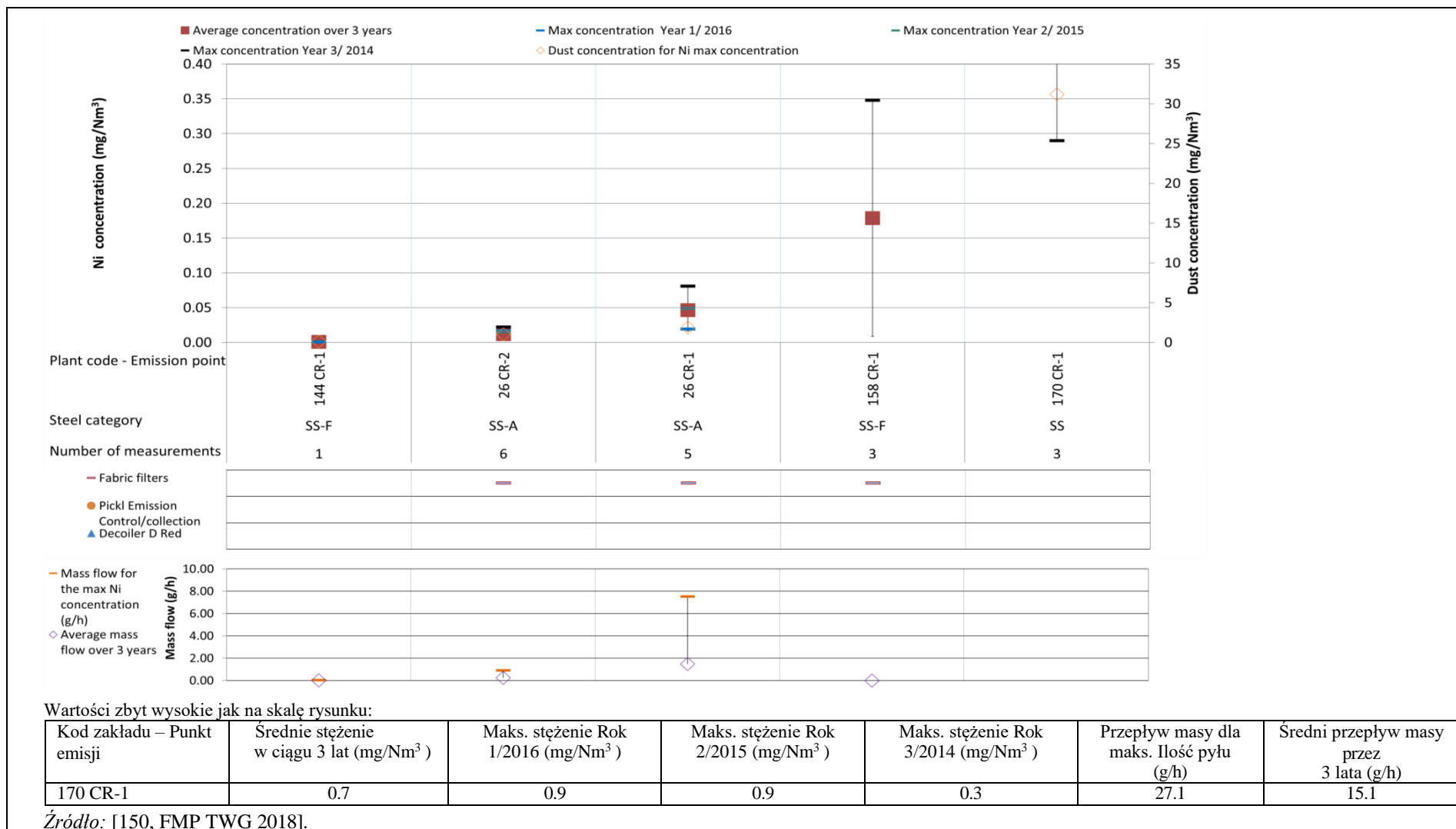
Rysunek 3.31: Emisje pyłów z obróbki mechanicznej i spawania - Część 1 z 2



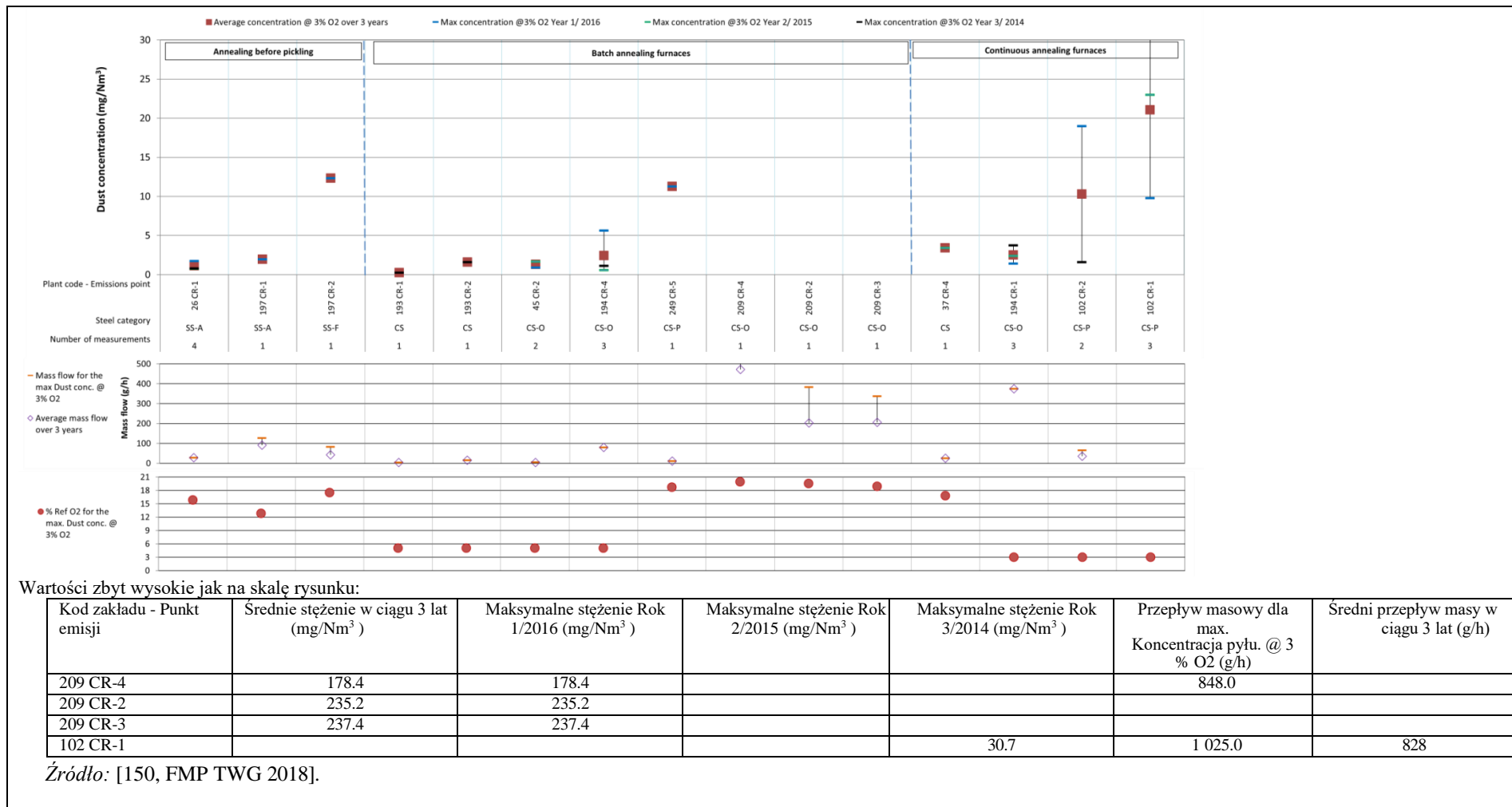
Rysunek 3.32: Emisje pyłów z obróbki mechanicznej i spawania - Część 2 z 2



Rysunek 3.33: Emisje ołowiu z usuwania zgorzeliny przed wytrawianiem



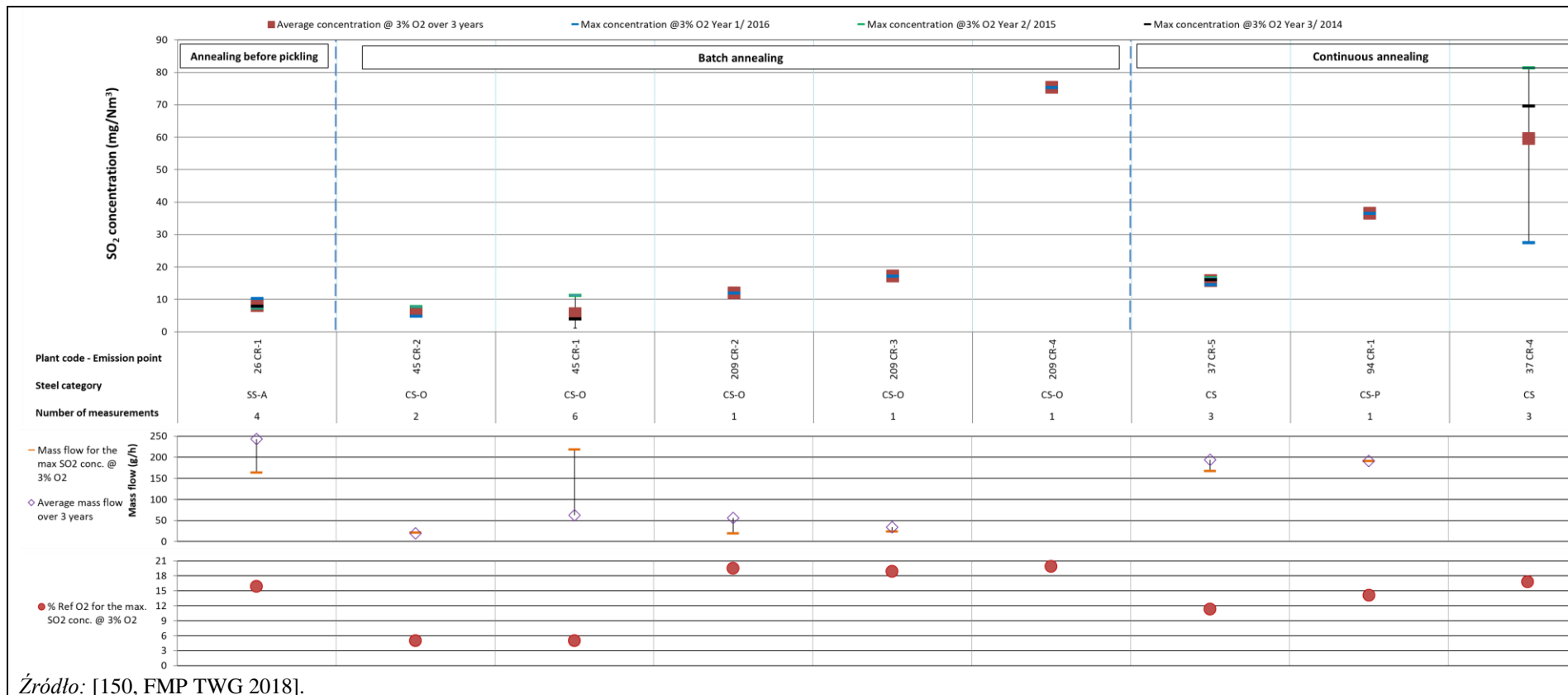
Rysunek 3.34: Emisje niklu z usuwania zgorzeliny przed wytrawianiem



Rysunek 3.35: Emisje pyłu z ogrzewania materiału wsadowego (w mg/Nm<sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu) przy użyciu 100 % gazu ziemnego

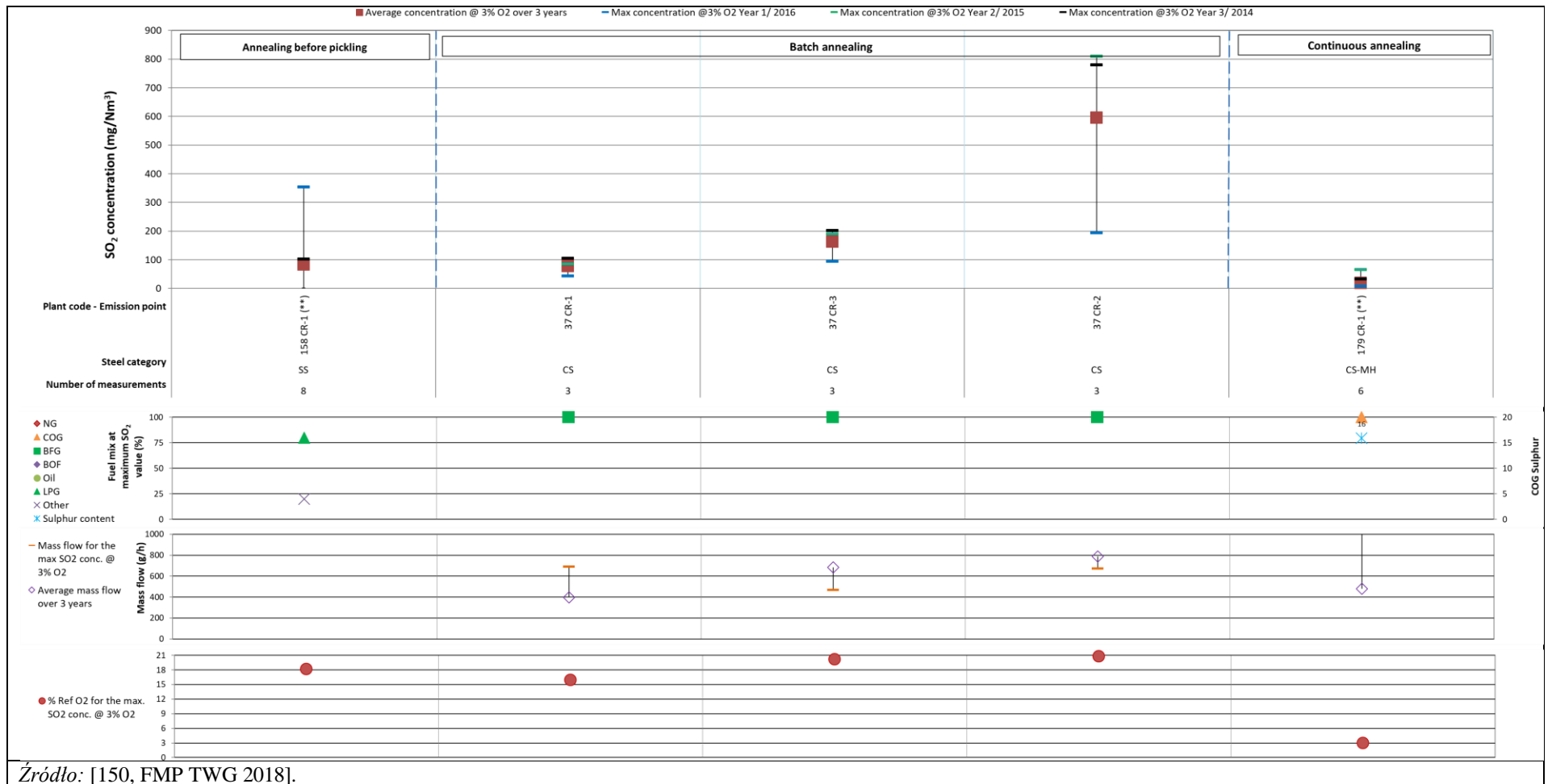


Rysunek 3.36: Emisje pyłu z ogrzewania materiału wsadowego (w mg/Nm<sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu) dla paliwa innego niż 100 % gazu ziemnego

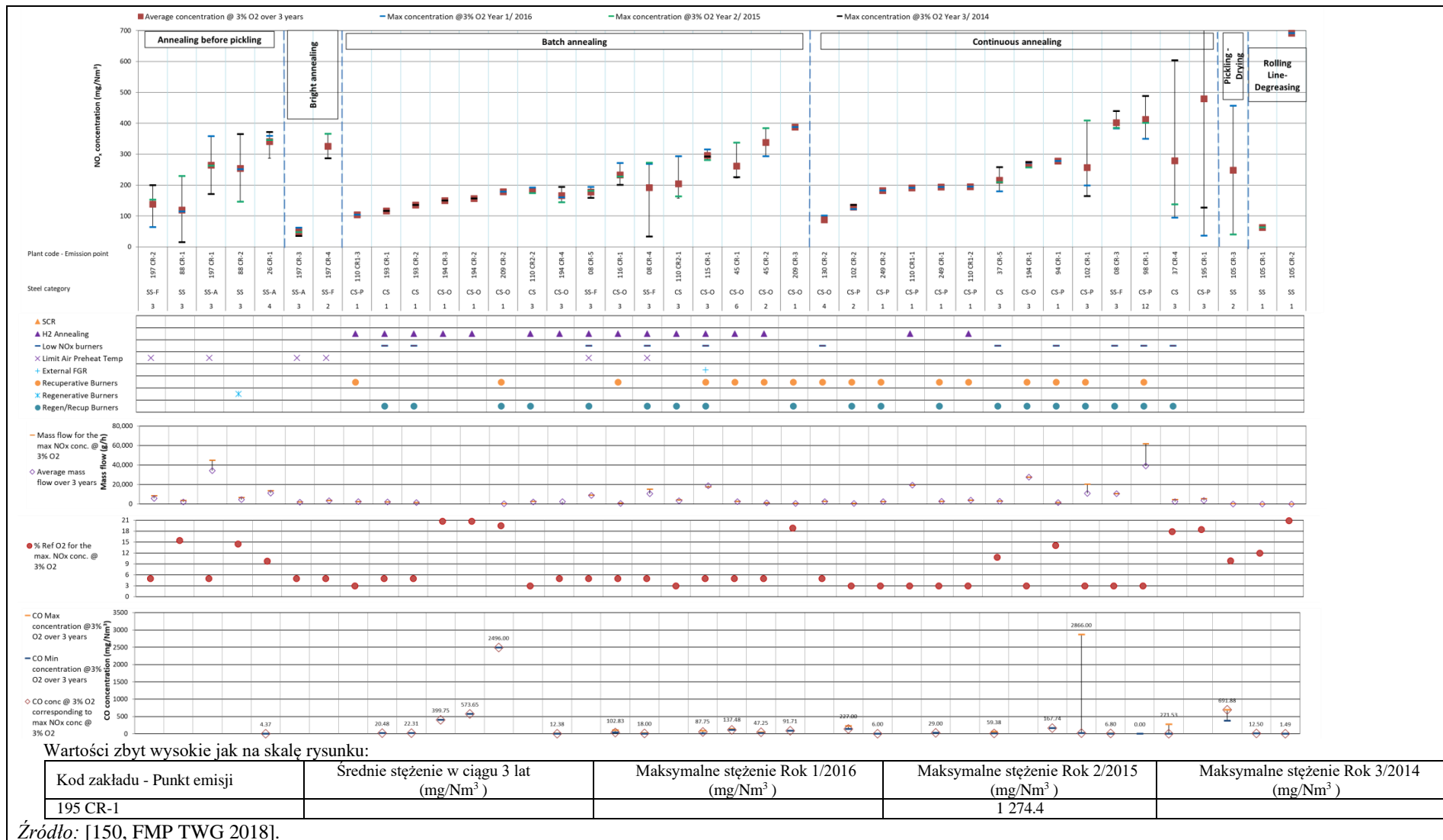


Rysunek 3.37: Emisje SO2 z ogrzewania materiału wsadowego (w mg/Nm3 przy 3 % zawartości tlenu) przy użyciu 100 % gazu ziemnego





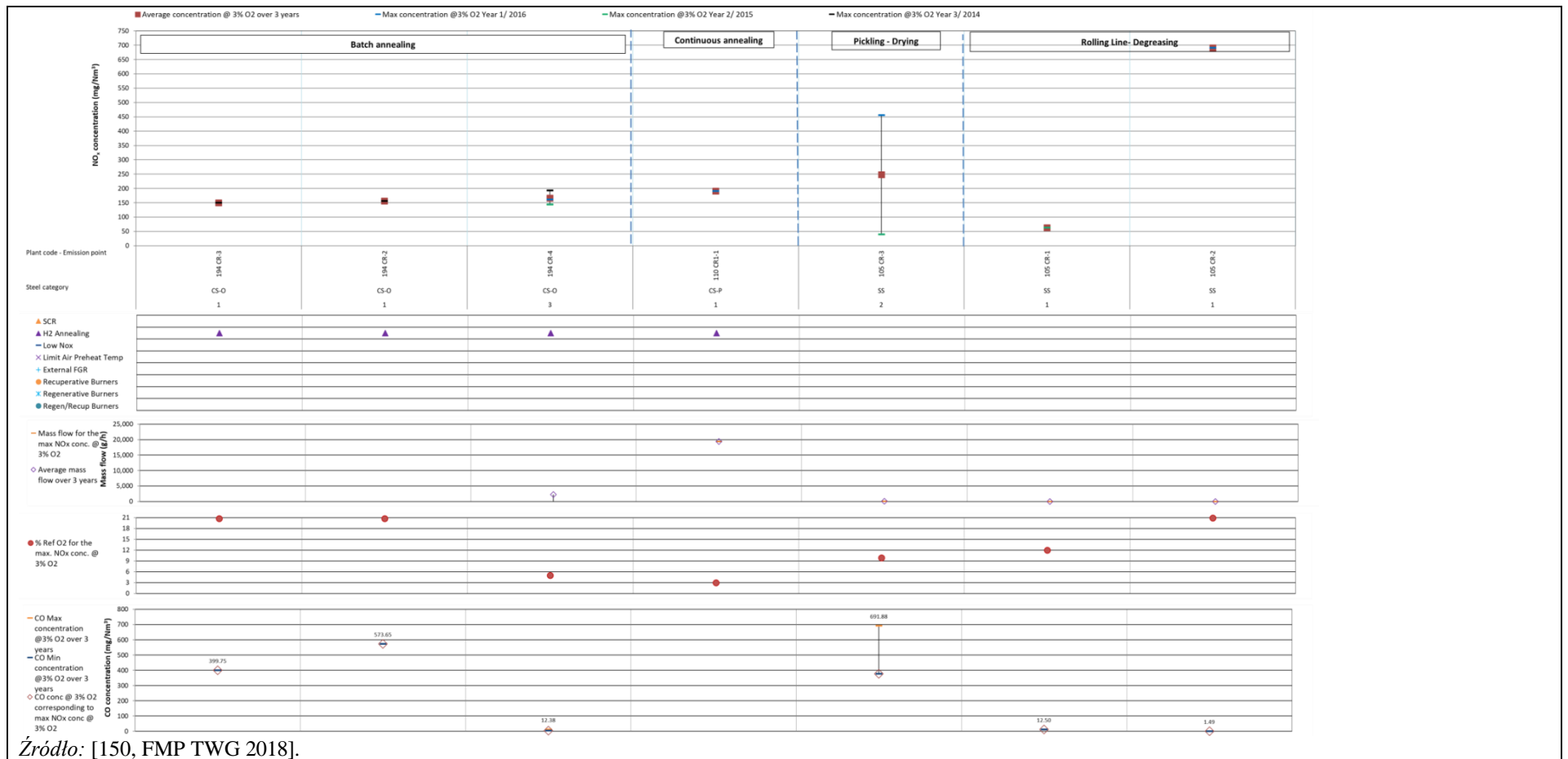
Rysunek 3.38: Emisje SO<sub>2</sub> z ogrzewania surowców (w mg/Nm<sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu) dla paliwa innego niż 100 % gazu ziemnego



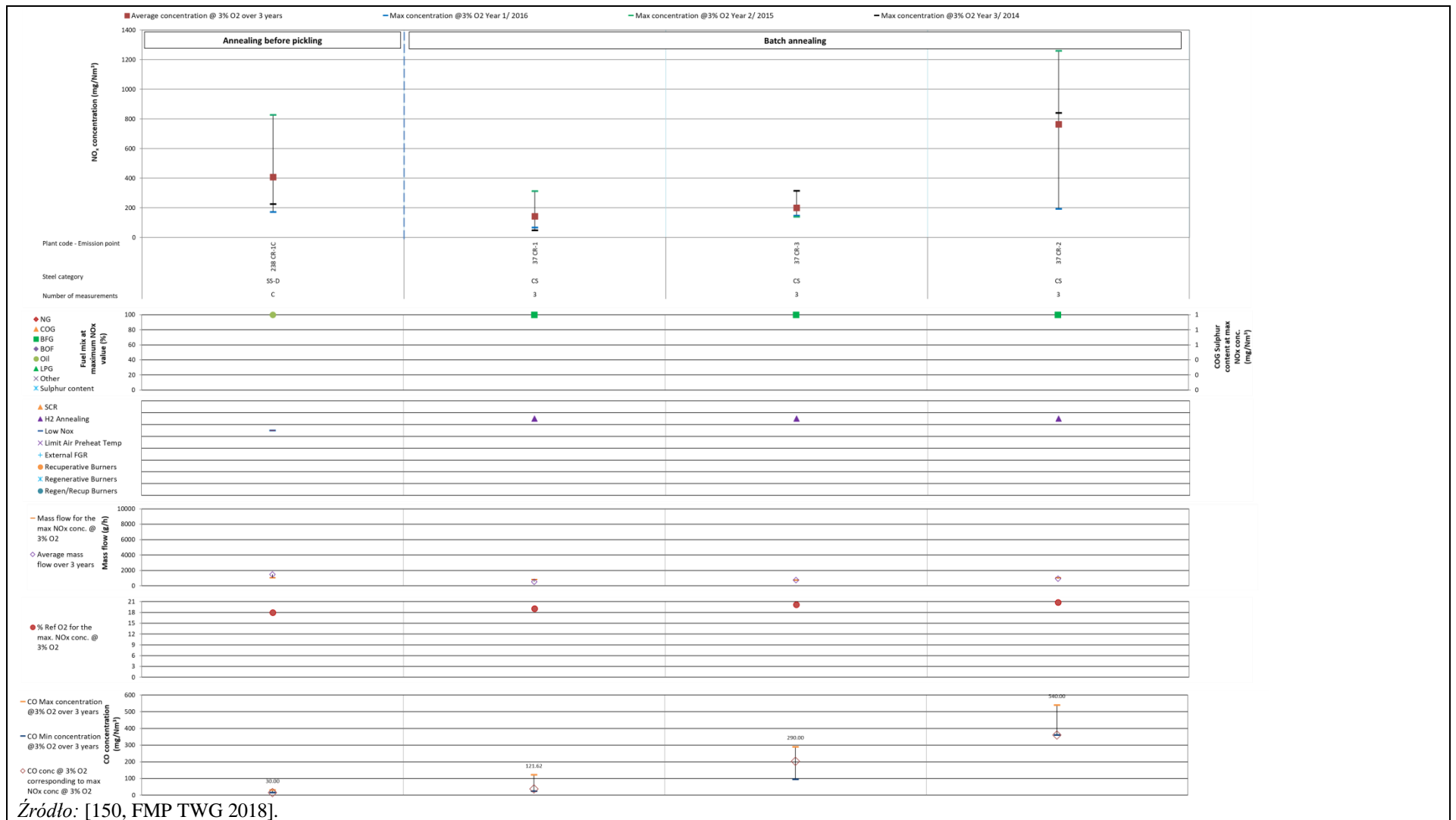
Rysunek 3.39: Emisje NOx z ogrzewania materiału wsadowego (w mg/Nm<sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu) przy użyciu 100 % gazu ziemnego



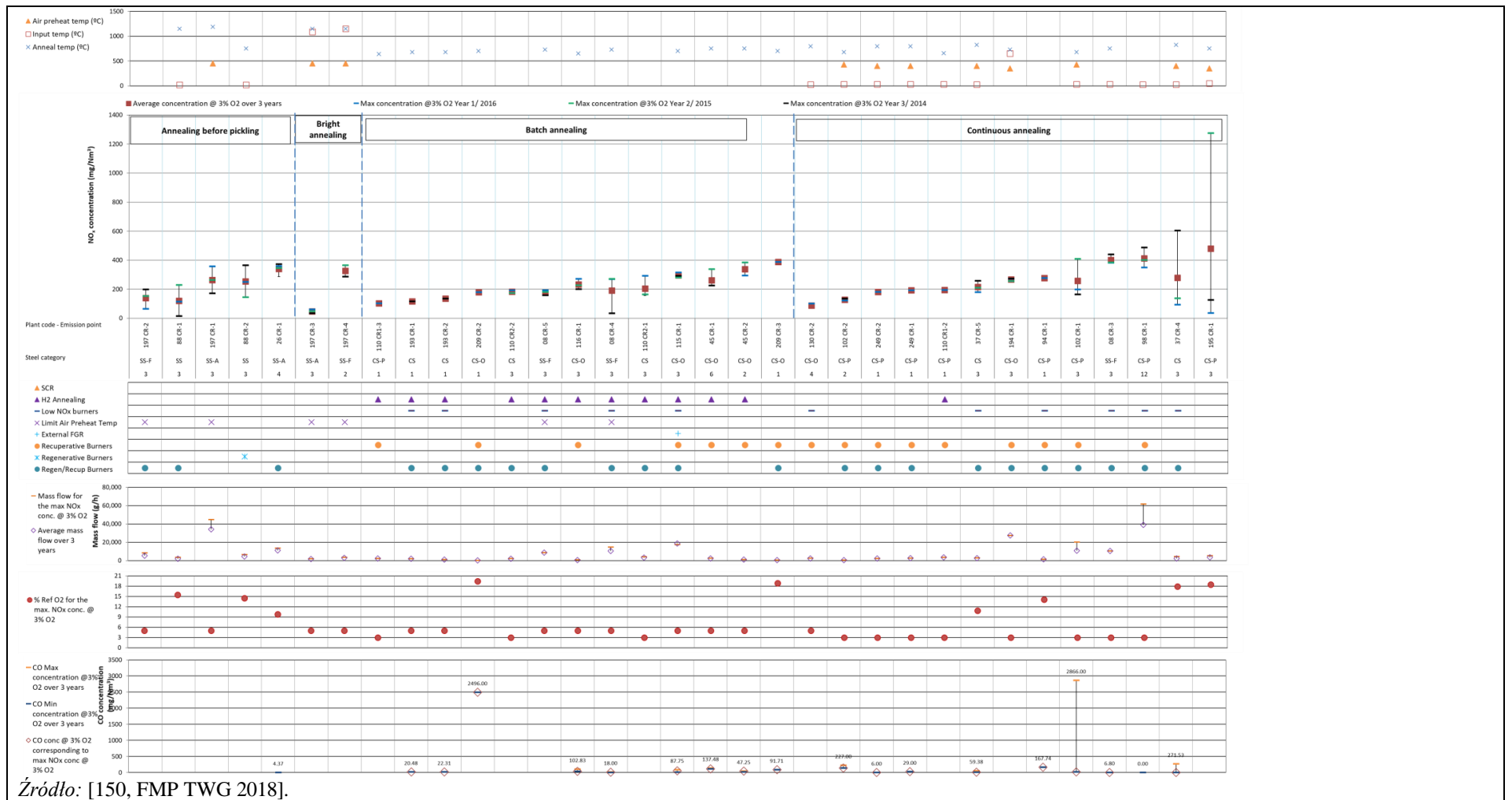
Rysunek 3.40: Emisje NO<sub>x</sub> z ogrzewania surowców (w mg/Nm<sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu) dla paliwa innego niż 100 % gazu ziemnego



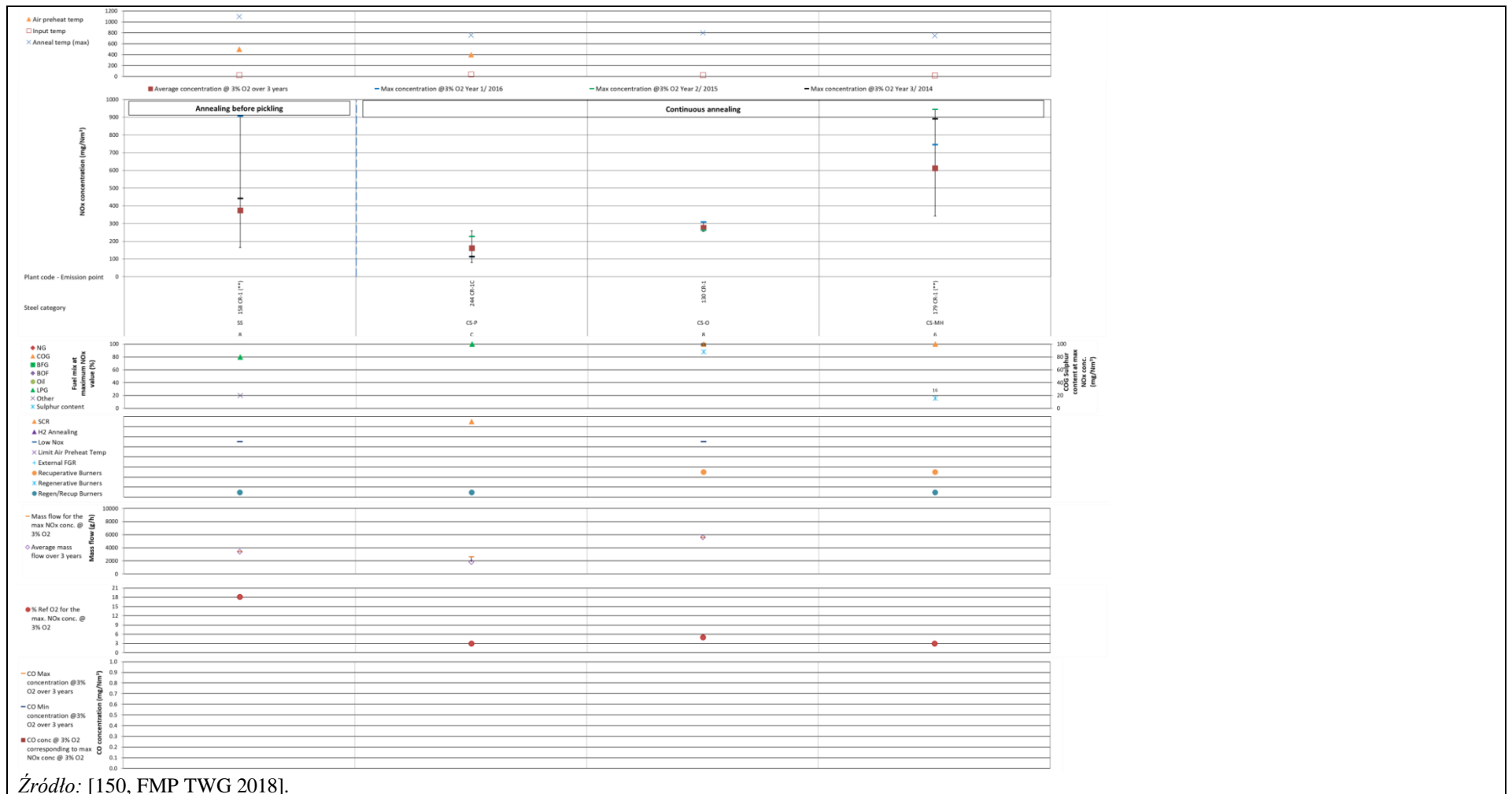
Rysunek 3.41: Emisje NOx z ogrzewania materiału wsadowego (w mg/Nm<sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu) przy użyciu 100 % gazu ziemnego, bez wstępnego podgrzewania powietrza.



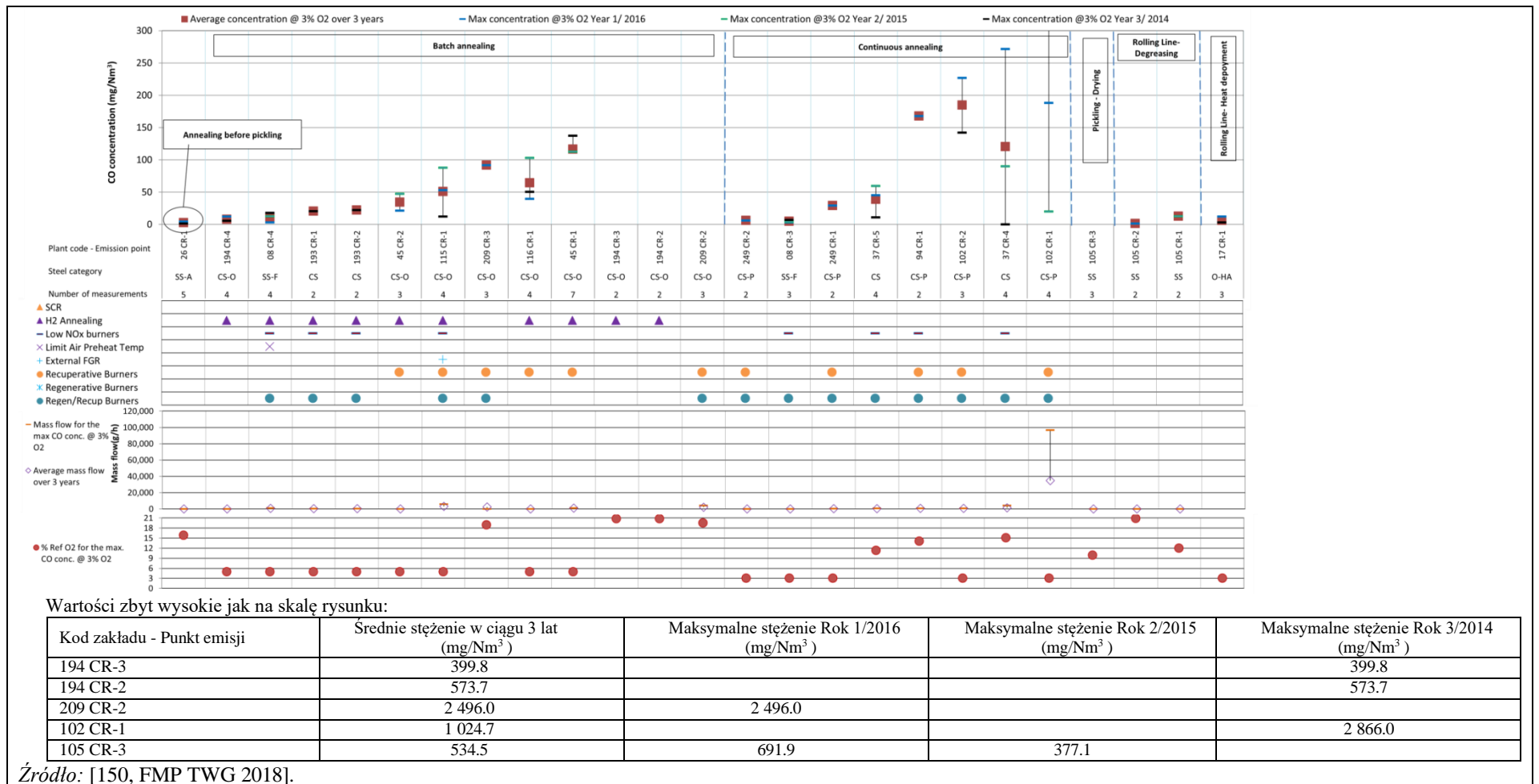
Rysunek 3.42: Emisje NOx z ogrzewania materiału wsadowego (w mg/Nm3 przy 3 % zawartości tlenu) dla paliwa innego niż 100 % gazu ziemnego, bez wstępnego podgrzewania powietrza



Rysunek 3.43: Emisje NOx z ogrzewania materiału wsadowego (w mg/Nm3 przy 3 % zawartości tlenu) przy użyciu 100 % gazu ziemnego, przy temperaturze wstępnego podgrzewania powietrza oraz temperaturze wlotowej i docelowej materiału wsadowego.



Rysunek 3.44: Emisje NO<sub>x</sub> z ogrzewania materiału wsadowego (w mg/Nm<sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu) dla paliwa innego niż 100 % gazu ziemnego, przy temperaturze wstępnego ogrzewania powietrza oraz temperaturze wlotowej i docelowej materiału wsadowego

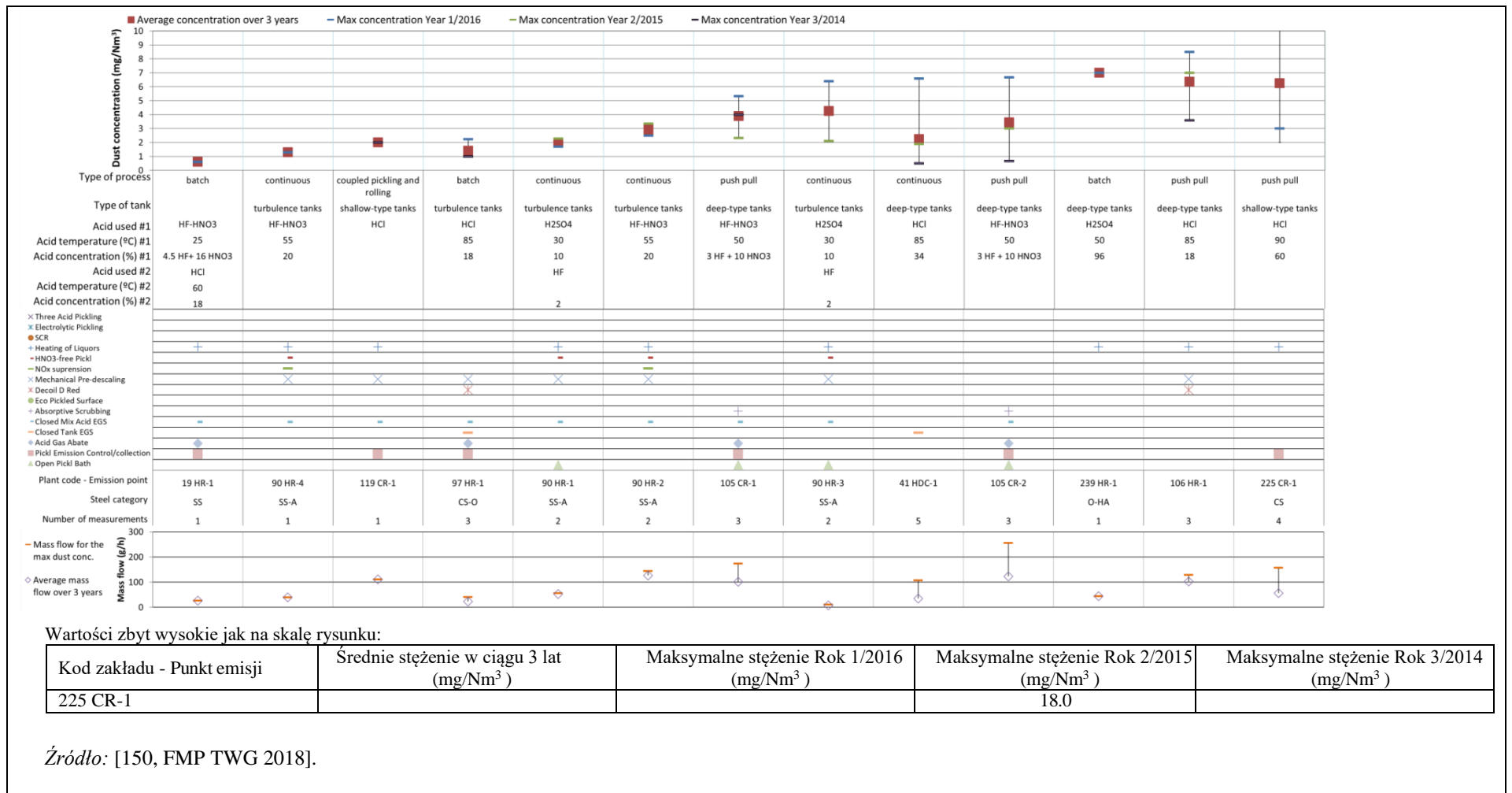


Rysunek 3.45: Emisje CO z ogrzewania materiału wsadowego (w mg/Nm<sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu) przy użyciu 100 % gazu ziemnego

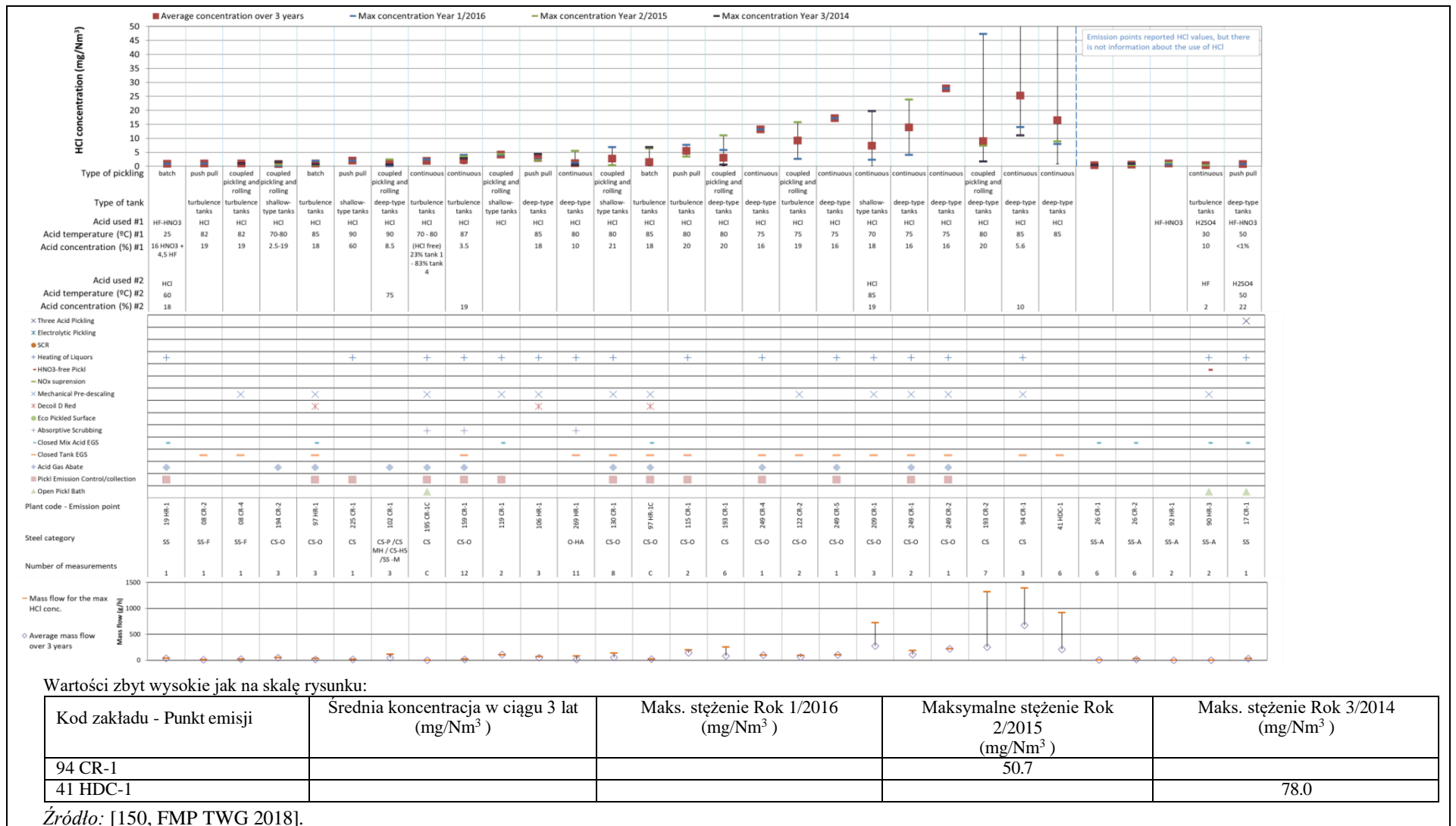




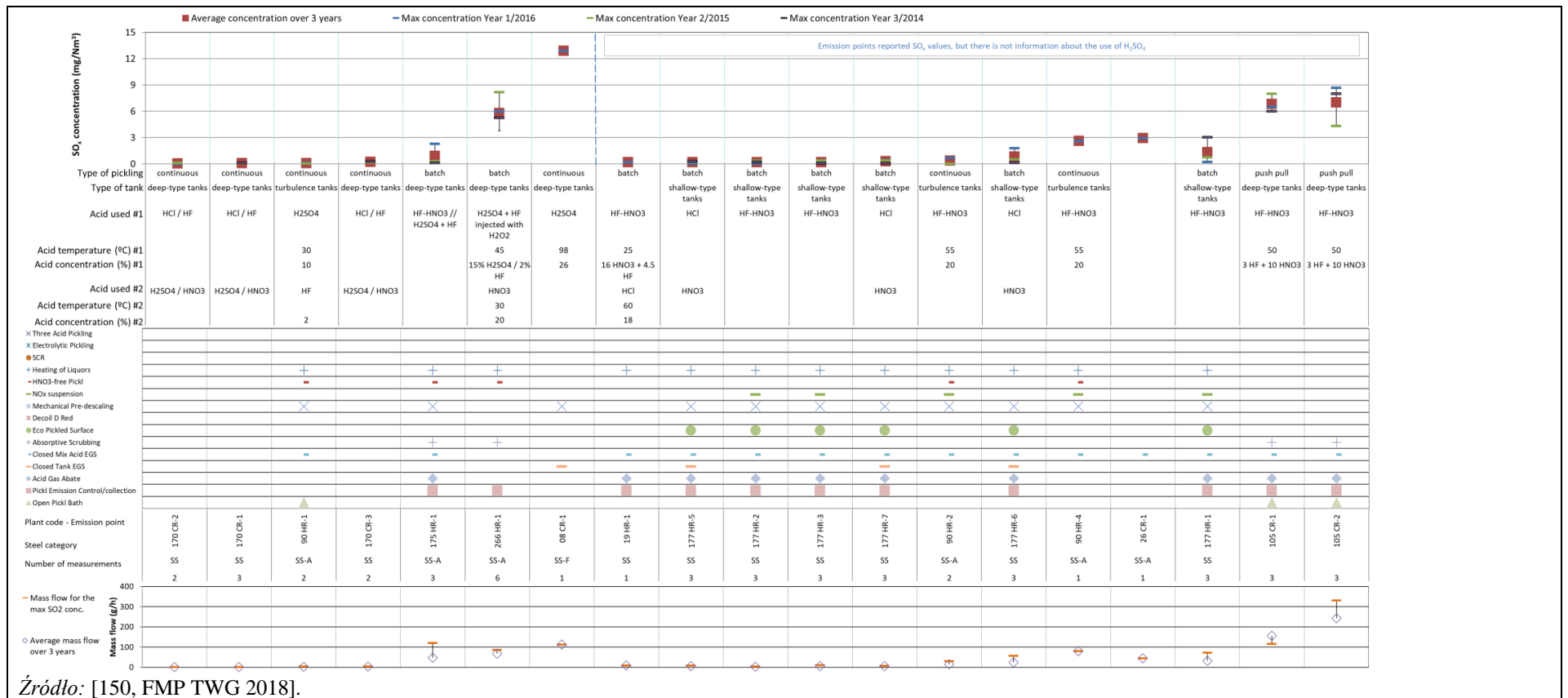
Rysunek 3.46: Emisje CO z ogrzewania surowców (w mg/Nm<sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu) dla paliwa innego niż 100 % gazu ziemnego



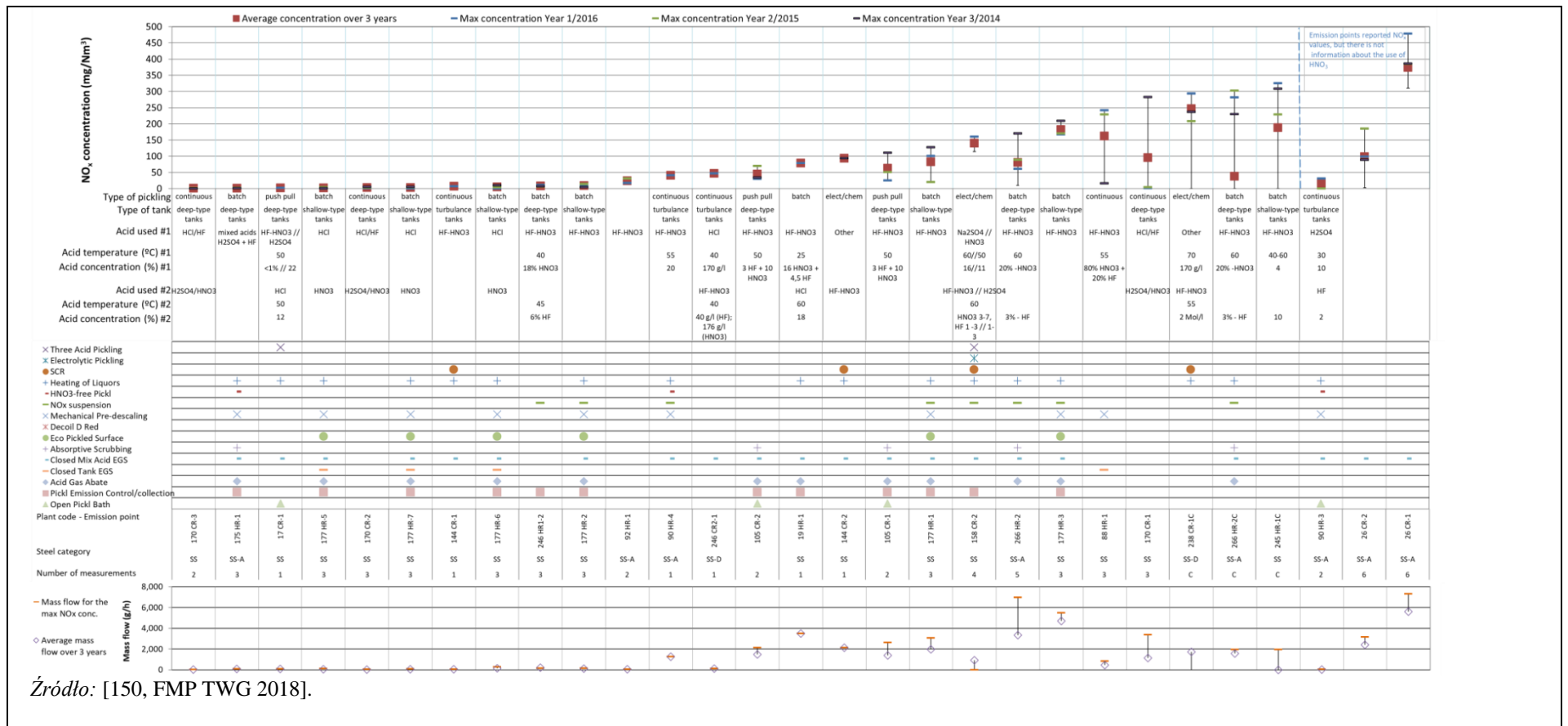
Rysunek 3.47: Emisje pyłu z wytrawiania (w mg/Nm<sup>3</sup>) w zakładach walcowania na gorąco, walcowania na zimno i powlekania na gorąco



Rysunek 3.48: Emisje HCl z wytrawiania (w mg/Nm<sup>3</sup>) w zakładach walcowania na gorąco, walcowania na zimno i powlekania ogniowego

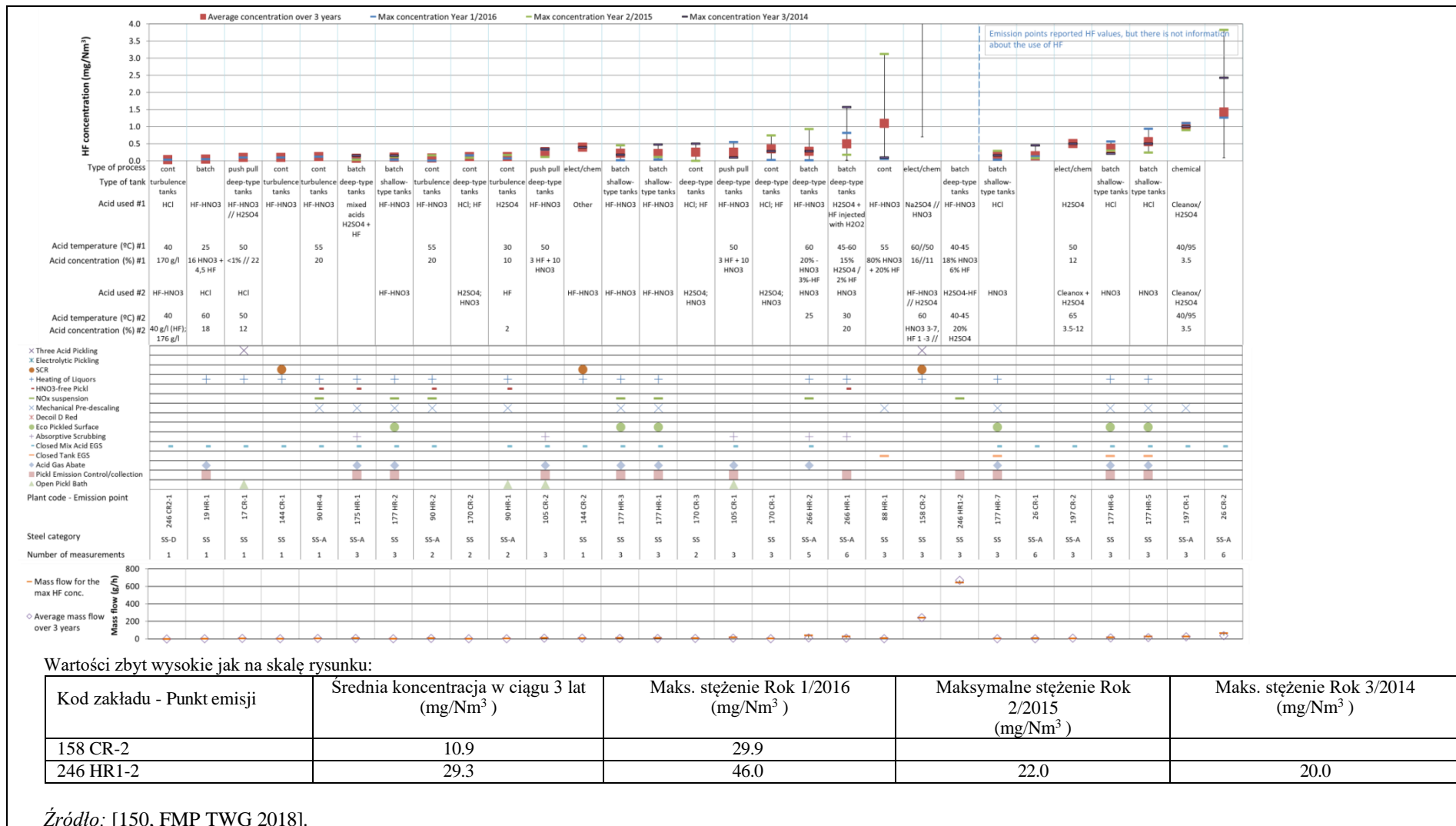


Rysunek 3.49: Emisje SO<sub>x</sub> z wytrawiania (w mg/Nm<sup>3</sup>) w zakładach walcowania na gorąco i na zimno

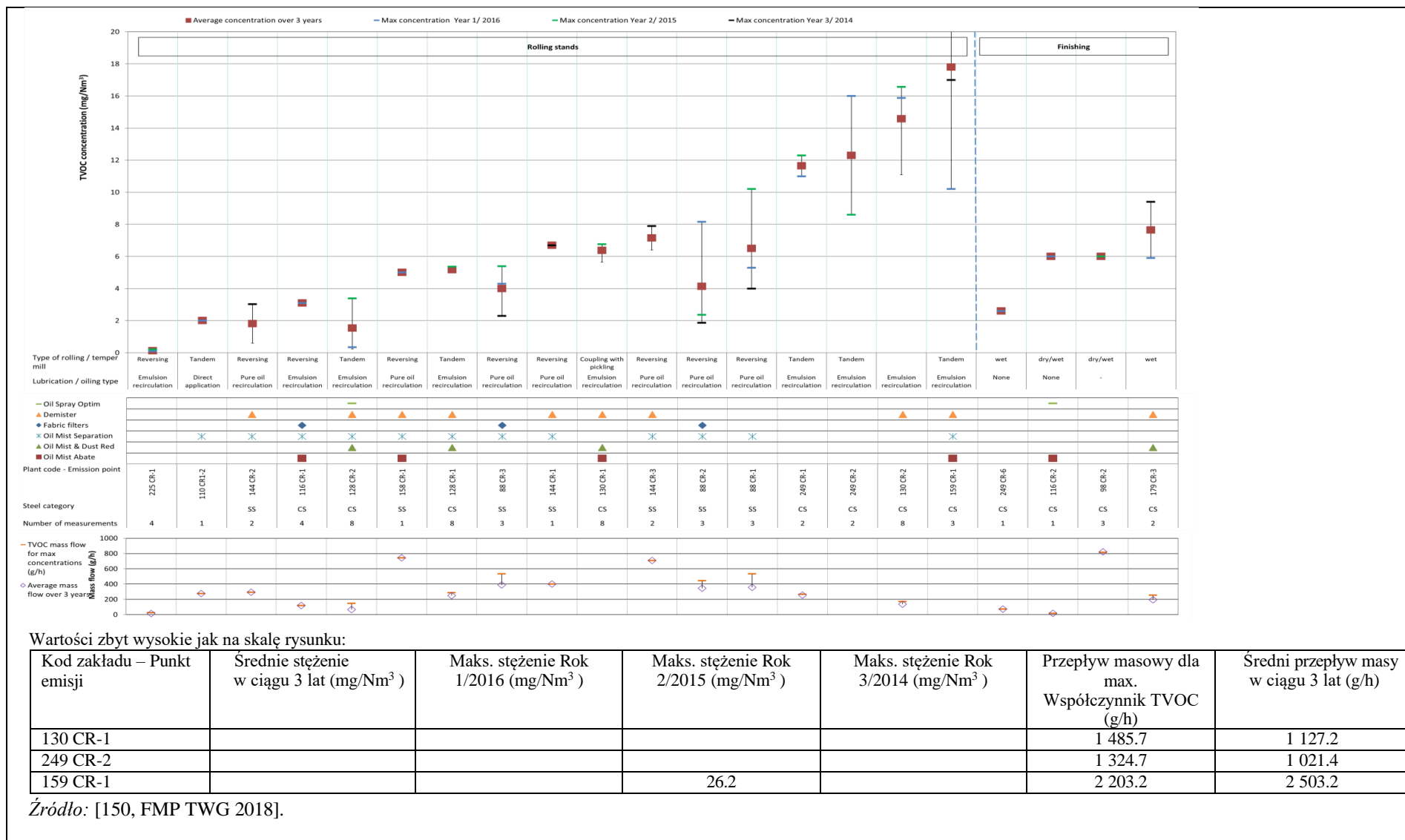


Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 3.50: Emisje NO<sub>x</sub> z wytrawiania (w mg/Nm<sup>3</sup>) w zakładach walcowania na gorąco i na zimno



Rysunek 3.51: Emisje HF z wytrawiania (w mg/Nm<sup>3</sup>) w zakładach walcowania na gorąco i na zimno



Rysunek 3.52: Emisje TVOC z walcowni i wykańczania (w mg/Nm<sup>3</sup>)



### 3.3.6 Emisje do wody

Wszystkie dane związane z emisjami do wody z procesów CR przedstawiono w sekcji 7.2.1 dokumentu, gdzie w połączonym formacie przedstawiono liczby przedstawiające emisje do wody dla wszystkich sektorów.

### 3.3.7 Pozostałości

Tabela 3.6, Tabela 3.7 i Tabela 3.8 pokazują zgłoszone dane dotyczące specyficznego wytwarzania pozostałości zawierających olej, zgorzeliny i złomu stalowego za 3 lata działalności w zakładach walcowania na zimno, które uczestniczyły w zbieraniu danych FMP.

Tabela 3.6: Wytwarzanie właściwe pozostałości zawierających olej

Kod zakładu	Wyrób stalowy	Gatunek stali	Określona ilość oleju zawierającego pozostałości (kg/t)			Recykling w zakładzie	Kod ERZ	Klasyfikacja
			2016	2015	2014			
225 CR	Inne	CS-O	0.09	0.15	0.14	NI	19 02 07	Niebezpieczne
232 CR	Nierdzewne	SS-A, SS-D	3.81	3.67	4.31	Nie	NI	NI

Uwaga: NI = brak informacji.  
 CS-O = CS-other (non-alloy/low-alloy).  
 SS-A = SS-Austenitic.  
 SS-D = SS-Duplex.  
 Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Tabela 3.7: Specyficzne wytwarzanie pozostałości wagowych

Kod zakładu	Wyrób stalowy	Gatunek stali	Ilość właściwa kamienia (kg/t)			Recykling w zakładzie	Kod ERZ	Klasyfikacja
			2016	2015	2014			
170 CR	Nierdzewne	SS-A, SS-F	3.10	2.92	3.09	NI	NI	NI
232 CR	Nierdzewne	SS-A, SS-D	8.80	9.30	10.72	Nie	10 02 10	Niebezpieczny
238 CR	Nierdzewne	SS-D	4.58	4.63	3.50	Tak	10 02 10	Niebezpieczny

UWAGA: NI = brak informacji.  
 SS-A = SS-Austenitic.  
 SS-D = SS-Duplex.  
 SS-F = SS-Ferritic.  
 Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Tabela 3.8: Specyficzne wytwarzanie złomu stalowego

Kod zakładu	Wyrób stalowy	Gatunek stali	Ilość właściwa ilość złomu stalowego (kg/t)			Recykling w zakładzie	Kod ERZ	Klasyfikacja
			2016	2015	2014			
225 CR	Inne	CS-O	67.44	74.23	75.73	NI	Tak	19 12 02 12 01 01
232 CR	Nierdzewne	SS-A, SS-D	3.70	2.40	1.34	Nie	Tak	17 04 07
238 CR	Nierdzewne	SS-D	261.49	276.25	228.44	Tak	Nie	NI

Uwaga: NI = brak informacji.  
 CS-O = CS-inne (non-alloy/low-alloy).  
 SS-A = SS-Austenitic.  
 SS-D = SS-Duplex.  
 Źródło: [150, FMP TWG 2018].

## 3.4 Techniki do rozważenia przy określaniu BAT dla walcowania na zimno

W niniejszej części opisano techniki (lub ich kombinacje) oraz związany z nimi monitoring, które uważa się za mogące zapewnić osiągnięcie wysokiego poziomu ochrony środowiska w działaniach objętych zakresem niniejszego dokumentu. Opisane techniki obejmują zarówno stosowaną technologię, jak i sposób, w jaki instalacje są projektowane, budowane, utrzymywane, eksploatowane i likwidowane.

Obejmuje ona systemy zarządzania środowiskiem, jak również techniki zintegrowane z procesami i techniki końca rury. Uwzględniono również zapobieganie powstawaniu odpadów i zarządzanie nimi, w tym minimalizację odpadów i procedury recyklingu, a także techniki zmniejszające zużycie surowców, wody i energii poprzez optymalizację wykorzystania i ponowne użycie. Opisane techniki obejmują również zapobieganie lub ograniczanie środowiskowych skutków wypadków i incydentów. Obejmują one również zapobieganie lub ograniczanie emisji w innych niż normalne warunkach eksploatacji (takich jak operacje rozruchu i wyłączenia, wycieki, niesprawności, chwilowe przestoje i ostateczne zaprzestanie działalności).

W załączniku III do dyrektywy wymieniono szereg kryteriów określania BAT, a informacje zawarte w tym rozdziale będą dotyczyć tych rozważań. O ile to możliwe, standardowa struktura w tabeli 2.13 jest wykorzystywana do przedstawienia informacji na temat każdej techniki, aby umożliwić porównanie technik i ocenę pod kątem definicji BAT w dyrektywie.

Niniejszy rozdział nie musi stanowić wyczerpującego wykazu technik, które można zastosować w sektorze. Mogą istnieć lub zostać opracowane inne techniki, które można by uwzględnić przy określaniu BAT dla poszczególnych instalacji.

W rozdziale 8 omówiono ogólne techniki (tj. te, które są powszechnie stosowane), które mogą mieć również zastosowanie do walcowania na zimno. Techniki te zwykle nie są powtarzane w tym rozdziale, chyba że udostępniono informacje specyficzne dla tego sektora.

### 3.4.1 Wytrawianie

#### 3.4.1.1 Spawarka laserowa

##### *Opis*

Spawarka laserowa stosowana jest w sekcji wejściowej linii trawienia ciągłego lub w sekcji wejściowej sprzężonej wytrawiania i tandemowej walcarki na zimno do spawania krawędzi (tyłu i przodu) kolejnych obrabianych kręgów.

##### *Opis techniczny*

Proces spawania, z wykorzystaniem technologii laserowej, opiera się na zjawisku miejscowego stopienia stali w miejscu oddziaływania wiązki laserowej. Zasada wytwarzania i działania lasera opiera się zasadniczo na trzech fazach:

- Absorpcja: faza, podczas której konieczne jest zewnętrzne dostarczenie pewnej ilości energii w celu wzbudzenia elektronów gatunku chemicznego, który pochodzi z lasera.
- Emisja: proces związany z kolejnym wzbudzeniem elektronu, który powoduje wydzielenie pewnej ilości energii, która idzie na wzbudzenie z kolei innych sąsiednich atomów.
- Wzmocnienie: poprzez przyjęcie systemu luster odbijających, które ułatwiają proces emisji spontanicznej.

Spawanie laserowe jest procesem o dużej gęstości energii, którą można uzyskać poprzez regulację ogniska układu optycznego. Część materiału podstawowego odparowuje, tworząc strefę zawierającą powstałe opary zwaną "dziurką od klucza". Stopiony materiał jest następnie chłodzony aż do uzyskania

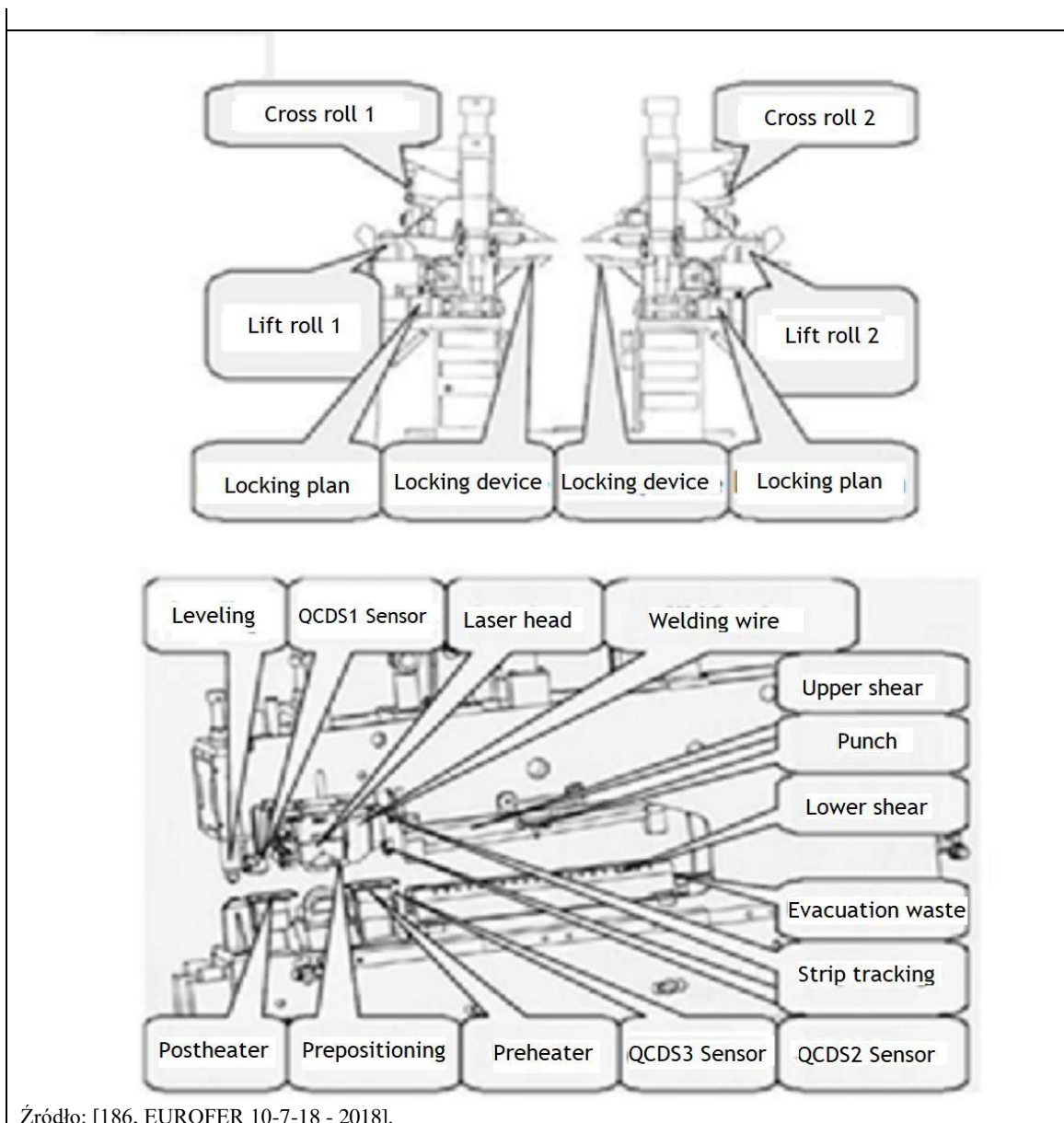
stopki spawalniczej.

Spawanie laserowe zostało pierwotnie zaproponowane jako alternatywa dla spawania doczołowego w celu poprawy niezawodności spawania i zmniejszenia emisji do powietrza. Głównymi zaletami przyjęcia tej techniki są:

- Dobry poziom penetracji dzięki dużej gęstości energii;
- Duża prędkość spawania;
- Mała strefa wpływu ciepła i dyfuzja ciepła;
- Dobra powtarzalność;
- Bardziej ograniczone deformacje;
- Spawalność szerokiego zakresu gatunków stali (stale miękkie, mikrostopowe i stopowe);
- Spawalność złączy heterogenicznych.

Z konstrukcyjnego punktu widzenia, spawarka charakteryzuje się sekcją wejściową i sekcją wyjściową, które są symetryczne i utworzone z tych samych głównych elementów. Spawarka laserowa jest pokazana na rysunku 3.53, a cele głównych elementów urządzenia są podsumowane poniżej:

- Rolka podnosząca: Podtrzymuje taśmę i umożliwia jej centrowanie i blokowanie. Rolka ta jest również niezbędna do zapewnienia, że taśma jest transportowana przez maszynę bez dotykania jej części.
- Rolka poprzeczna: Zapobiega temu, aby powstała pętla nie wypychała taśmy z pozycji.
- Plan blokady: Pozwala na modyfikację położenia krawędzi taśmy podczas procesu spawania.
- Urządzenie blokujące: Konieczne jest zablokowanie krawędzi listew, aby mieć idealne wyrównanie podczas procesu spawania.
- Głowica laserowa: Prowadzi wiązkę laserową podczas spawania, a nacisk głowicy laserowej wytwarza siłę, która jest przykładana nad spawanymi krawędziami.
- Podgrzewanie przed/po: W zależności od klasy i jakości materiału, konieczne jest podgrzanie obszaru spoiny bezpośrednio przed/po spawaniu taśmy.
- Podgrzewanie przed/po: W zależności od gatunku stali, konieczne jest podgrzanie obszaru spoiny bezpośrednio przed/po spawaniu taśmy.
- Rolka wyrównująca: Bezpośrednio po spawaniu konieczne jest dociśnięcie jeszcze gorącej spoiny tą rolką w celu zmniejszenia grubości spoiny.
- Przebijak: W celu kontroli koralika spoiny, dziurkacz jest używany do wykonania otworu w jego pobliżu.
- Odpady ewakuacyjne: Po obcięciu krawędzi taśm, powstały złom transportowany jest za pomocą taśmy transportowej do kontenera.



Źródło: [186, EUROFER 10-7-18 - 2018].

Rysunek 3.53: Schemat spawarki laserowej (widok z boku i widok z góry)

Ponieważ nie jest możliwa ocena jakości spoiny tylko poprzez ocenę optyczną, spawacz wyposażony jest również w system nadzoru (Quality control data system QCDS), który otrzymuje informacje wejściowe z czujników dotyczące szeregu istotnych parametrów (np. szczelina, penetracja).

#### ***Korzyści dla środowiska***

- Redukcja emisji pyłów w porównaniu z konwencjonalnymi technikami spawania, jak np. spawanie doczołowe z błyskiem.
- Zwiększona wydajność materiałowa, ponieważ do spawania nie jest wymagany dodatkowy wsad metalu.

#### ***Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

#### ***Efekty krzyżowe***

Nie zgłoszono.

#### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Generalnie nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

- Zwiększona niezawodność procesu spawania.
- Lepsze zachowanie części spawanej w kolejnych procesach (trawienie i walcowanie).
- Zwiększona wydajność.

#### **Przykładowe zakłady**

- Zakład Ilva w Genui: [194 CR]
- Zakład Ilva w Novi Ligure [195 CR]

#### **Bibliografia**

[186, EUROFER 10-7-18 - 2018].

### **3.4.1.2 Odsysanie powietrza jak najbliżej źródła emisji rozwijania i mechanicznego usuwania zgorzeliny.**

#### **Opis**

Emisje z rozwijania i mechanicznego usuwania zgorzeliny są zbierane np. za pomocą wyciągu kapturowego lub wargowego. Odciągane powietrze jest oczyszczane przez filtr tkaninowy.

#### **Opis techniczny**

Pył z tlenku żelaza, który może zawierać metale ciężkie (np. nikiel i ołów), powstaje w wyniku rozciągania taśmy podczas operacji odbarwiania oraz podczas mechanicznego odbarwiania wstępnego przed wytrawianiem.

Tam, gdzie emisja jest znaczna, zwłaszcza przy obróbce stali wysokostopowej, rozwijarki i zgorzeliny wstępne wyposażone są w ssawki, które prowadzą powietrze zawierające pył z tlenku żelaza bezpośrednio do filtrów tkaninowych. Oczyszczone powietrze jest emitowane przez komin. Filtry tkaninowe są czyszczone za pomocą płukania wstecznego powietrzem pod ciśnieniem. Pył z tlenku żelaza jest zbierany w dolnej części filtra tkaninowego za pomocą zaworów obrotowych. [184, EUROFER 2018].

#### **Korzyści dla środowiska**

- Zapobieganie emisji pyłu w otaczającym miejscu pracy.
- Ograniczenie emisji pyłów.
- Ograniczenie emisji niklu i ołowiu.

#### **Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne**

Tabela 3.9: Dane operacyjne dla systemu odpylania na sucho zainstalowanego w odkraplaczach (walcownia zimna Voestalpine)

Wydajność ssania	40 000 m <sup>3</sup> /h
Liczba filtrów rurowych	240
Zawory obrotowe	2
Maksymalne obciążenie filtra	100 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h
Pozostała zawartość pyłu	max. 5 mg/m <sup>3</sup>
Źródło: [184, EUROFER 2018].	

#### **Efekty krzyżowe**

- Dodatkowe zużycie energii.
- Pył z filtra wymaga utylizacji lub obróbki wstępnej przed recyklingiem.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Podano, że koszty inwestycyjne wynoszą 280 000 EUR dla układu wydechowego wyposażonego w filtr tkaninowy (dla zakładu o mocy 3 Mt/rok) [15, CITEPA, 1994].

#### **Cel wdrożenia**

- Przepisy dotyczące ochrony środowiska.
- Uwagi dotyczące zdrowia i bezpieczeństwa.

#### **Przykładowe zakłady**

- Rozwijanie: [244 CR1] [102 CR2] [08 CR3]
- Mechaniczna predeskalacja: Szeroko stosowane (np. [193 CR2] [238 CR1] [08 CR2][26 CR2] [193 CR1]).

#### **Bibliografia**

[184, EUROFER 2018][15, CITEPA, 1994].

### **3.4.1.3 Regeneracja kwasu chlorowodorowego poprzez prażenie natryskowe**

#### **Opis**

Roztwory trawiące są wstrzykiwane przez dysze natryskowe do reaktora pirohydrolytycznego w wysokiej temperaturze, gdzie reagują z tlenem i wodą, tworząc bardzo wartościowy produkt stały w postaci tlenku żelaza. Kwas chlorowodorowy jest odzyskiwany za pomocą kolumny adiabaticznej, w której woda z płukania linii trawienia jest używana jako woda absorpcyjna.

#### **Opis techniczny**

Opis techniczny procesu regeneracji metodą prażenia natryskowego znajduje się w punkcie 8.6.5.

#### **Korzyści dla środowiska**

- Zmniejszone zużycie świeżego kwasu (z 12-17,5 kg/t do 0,7-0,9 kg/t; stężenie HCl 33 %).
- Zmniejszona ilość ścieków i osadów.

#### **Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne**

W tabeli 3.10 przedstawiono dane dotyczące zużycia i uzysków materiałowych związanych z prażeniem natryskowym HCl.

Tabela 3.10: Zużycie, poziomy emisji i produkcja materiałów dla prażenia natryskowego HCl

<b>Poziom wejścia / zużycia</b>		
<b>Zużyty kwas</b>	0.7 - 0.9	kg/t
<b>Woda chłodząca (w)</b>	0.07 - 0.09	m <sup>3</sup> /t
<b>Woda przemysłowa + demineralizowana</b>	0.09 - 0.15	m <sup>3</sup> /t
<b>Energia:</b>		
Energia elektryczna	4 - 15	MJ/t
Energia kaloryczna (gaz ziemny)	102 - 119	MJ/t
<b>Wyjście / poziom emisji</b>		
	<b>Emisja właściwa</b>	
<b>Staly produkt uboczny: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	5.1-5.4 (5.6 ArcelorMittal Ghent)	kg/t
<b>Kwas z recyklingu (20 %)</b>	23 - 40	kg/t
<b>Woda chłodząca (na zewnątrz)</b>	0.07 - 0.09	m <sup>3</sup> /t
<b>Gaz odpadowy</b>	24 -38	m <sup>3</sup> /t
<b>Ścieki (zrzut)</b>	0.04 - 0.07	m <sup>3</sup> /t
<i>Zródło: [86, EUROFER, TG Cold Rolling 1998].</i>		

W tabeli 3.11 przedstawiono zestawienie danych dotyczących emisji zgłoszonych w zbiorze danych dla prażalni rozpyłowych HCl.

Tabela 3.11: Emisje do powietrza z prażenia natryskowego HCl (połączone dane z zakładów walcowania na zimno i na gorąco)

Substancja	Stężenia zgłoszone w okresie 3 lat - (mg/Nm <sup>3</sup> )					Liczba zakładów / liczba pomiarów
	Srednia	Median a	90 <sup>th</sup> percentyl	Min.	Max.	
Pył	9.8	8.8	19.4	0.05	28.0	18 / 70
HCl	7.2	3.6	20.2	0.05	44.6	13 / 91
SO <sub>2</sub>	2.3	0.6	7.9	0.1	8.0	6 / 25
NO <sub>x</sub>	115.3	120.0	179.4	16.9	229.6	15 / 53
Źródło: [150, FMP TWG 2018].						

### **Efekty krzyżowe**

- Dodatkowe zużycie energii i wody.
- Generowanie emisji do powietrza (produktów spalania i kwasów), które muszą być redukowane np. przez płuczki mokre.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Generalnie nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

W zależności od warunków panujących w zakładzie, wysokie zużycie kwasu i ilość powstających odpadów kwasowych oraz oszczędności uzyskane dzięki regeneracji mogą uzasadniać inwestycję w zakład regeneracji.

Wyprodukowany tlenek żelaza ma wartość handlową i może być przedmiotem bezpośredniego obrotu na rynku. [184, EUROFER 2018].

### **Cel wdrożenia**

Obniżenie kosztów dzięki zwiększonej wydajności materiałowej.

### **Przykładowe zakłady**

Wykorzystywane przez znaczną liczbę zakładów CR (patrz rysunek 7.1).  
Stosowany również w kilku zakładach HRPO (np. 12 HR1; 37 HR1, 106 HR2).

### **Bibliografia**

[171, Kładnię 2008] [184, EUROFER 2018].

## **3.4.1.4 Regeneracja kwasu solnego za pomocą złoża fluidalnego**

### **Opis**

Zużyty płyn do wytrawiania jest wprowadzany do reaktora ze złożem fluidalnym, gdzie w wysokiej temperaturze w obecności pary wodnej i tlenu ulega rozkładowi termicznemu na kwas solny i tlenek żelaza. Gazy wylotowe z reaktora są chłodzone i kierowane do absorbera, gdzie HCl jest absorbowany przez płyn do płukania i świeżą wodę.

### **Opis techniczny**

Zob. sekcja 8.6.5 dotycząca opisu technicznego procesu regeneracji złoża fluidalnego.

### **Korzyści dla środowiska**

- Zmniejszone spożycie świeżego kwasu.
- Zmniejszona ilość ścieków i osadów.

### **Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne**

W tabeli 3.12 przedstawiono zestawienie danych dotyczących emisji zgłoszonych w zbiorze danych

dla zakładów eksploatujących reaktor ze złożem fluidalnym do odzysku HCl.

Tabela 3.12: Emisje do powietrza z zakładów odzysku HCl wykorzystujących reaktor ze złożem fluidalnym

Substancja	nia zgłoszone w okresie 3 lat - (mg/Nm <sup>3</sup> )				Liczba zakładów / liczba pomiarów
	Srednia	Median a	Min.	Max.	
Pył	12.3	9.3	0.6	34.0	3 / 15
HCl	2.2	0.9	0.3	13.2	3 / 20
SO <sub>2</sub>	6.7	5.3	1.4	18.6	1 / 8
NO <sub>x</sub>	43.3	42.0	32.6	60.0	1 / 7
Źródło: [150, FMP TWG 2018].					

### ***Efekty krzyżowe***

Dodatkowe zużycie energii i wody.

### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Generalnie nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

### ***Aspekty ekonomiczne***

Ekonomika nowoczesnej wytrawialni z procesem fluidalnym obejmuje następujące czynniki:

- zużycie kwasu surowego;
- wykorzystanie wody z płukania i szorowania;
- produkcja czystego, pozbawionego żelaza kwasu solnego;
- produkcja tlenku żelaza, który może być stosowany w różnych gałęziach przemysłu.

Ogólnie rzecz biorąc, koszty inwestycyjne instalacji do wytrawiania, w tym procesu ze złożem fluidalnym, są korzystne w porównaniu z kosztami operacyjnymi i wynikającymi z nich korzyściami. Ogólna ekonomika będzie się różnić w zależności od instalacji, ze względu na lokalne różnice w kosztach kwasu, kosztach regeneracji odpadowego płynu wytrawiającego oraz kosztach związanych z modernizacją istniejących lub budową nowych instalacji. [114, Rituper, 1995].

### ***Cel wdrożenia***

Zmniejszone spożycie kwasu.

### ***Przykładowe zakłady***

[194 CR1 ; 195 CR wiersze 2 i 3; 179 CR1].

### ***Bibliografia***

[171, Kladnig 2008] [114, Rituper, 1995].



### 3.4.1.5 Bezodpływowa instalacja do wytrawiania taśm HCl

#### *Opis*

Bezodpływowa instalacja do wytrawiania taśm HCl umożliwia całkowitą regenerację zużytego płynu wytrawiającego w procesie odzyskiwania fluidalnego z całkowitym recyklingiem wody płuczającej (np. brak emisji wody) i wyjątkowo niskim zużyciem kwasu.

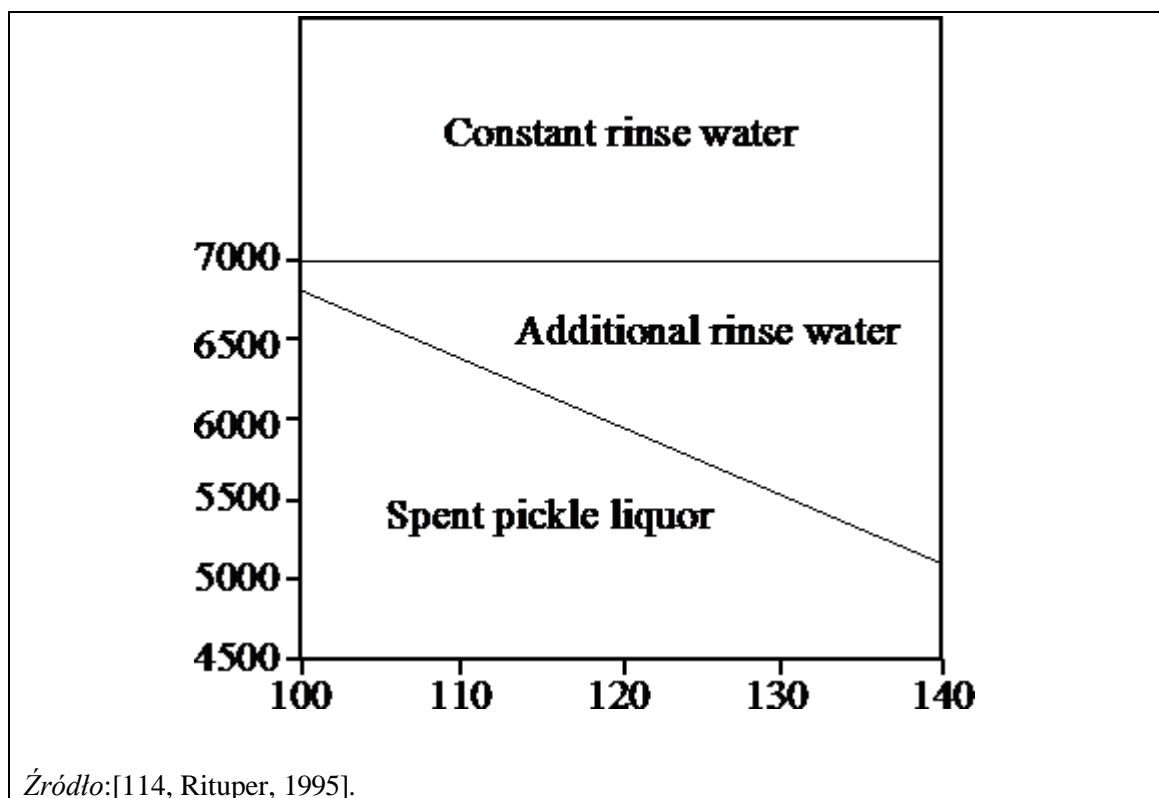
#### *Opis techniczny*

W bezodpływowej instalacji do wytrawiania taśm HCl zużyta ciecz wytrawiająca jest całkowicie regenerowana w systemie odzysku za pomocą procesu ze złożem fluidalnym. Ciecz wytrawiająca przepływając między zbiornikami wytrawiającymi a jednostką regeneracyjną zużywa się prawie do zera, poza niewielkimi stratami spowodowanymi parowaniem. Woda z płukania jest całkowicie ponownie wykorzystywana. Dzięki temu możliwa jest bezściekowa praca wytrawialni. [114, Rituper, 1995].

Ponieważ proces ze złożem fluidalnym przebiega w temperaturze około 850 °C, w instalacji do regeneracji można wykorzystać dodatkową wodę z płukania i płuczki z linii wytrawiania. Zgodnie z bilansem energetycznym płuczki wentylacyjnej, pewna ilość wody jest niezbędna do schłodzenia gazów odlotowych z reaktora poprzez odparowanie. [114, Rituper, 1995].

Ilość wody z płukania i skrubarów, którą można wykorzystać w procesie ze złożem fluidalnym, zależy od zawartości żelaza w płynie do wytrawiania. Przykład wykorzystania wody z płukania przedstawiono na Rysunku 3.54. Część wody z płukania wykorzystuje się do absorpcji, a pozostałą część dodaje się bezpośrednio do płuczki Venturiego. [114, Rituper, 1995].

W przykładzie pokazanym na rysunku 3.54 do absorpcji HCl można użyć łącznie 5 943 l/h wody płuczającej. W zależności od zawartości żelaza w płynie wytrawiającym, można dodatkowo zastosować około 500 l/h wody płuczającej o stężeniu 105 g/l Fe<sup>++</sup> i około 1 750 l/h wody płuczającej o stężeniu 130 g/l Fe<sup>++</sup>.



Rysunek 3.54: Zależność wykorzystania wody płuczającej od zawartości żelaza.

Przykład ten pokazuje, że można osiągnąć ekonomiczną, bezodpływową eksploatację linii

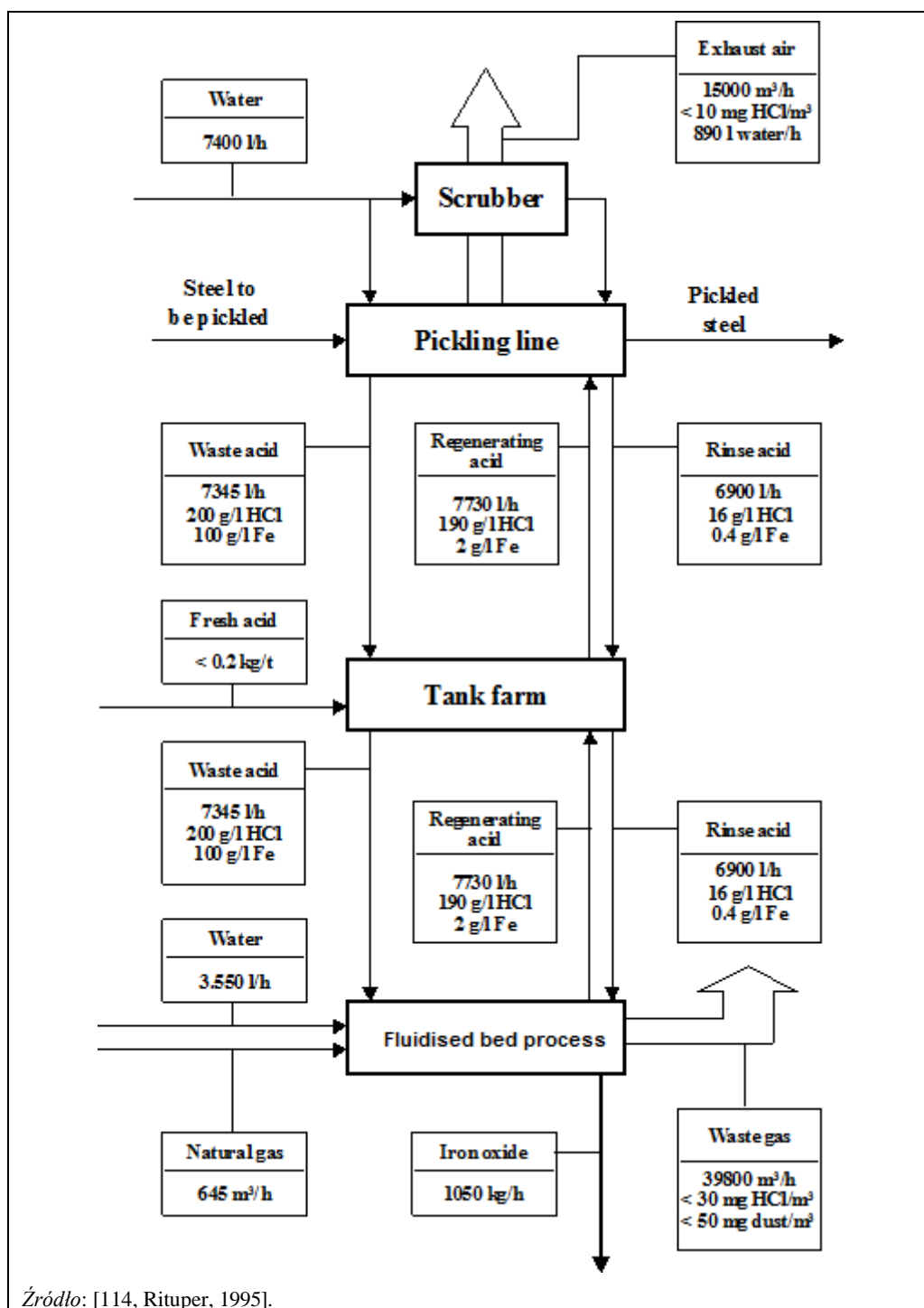
wytrawiania, biorąc pod uwagę ilości i stężenia zużytego płynu do wytrawiania oraz wody płuczającej.

**Korzyści dla środowiska**

Brak zrzutu wody/zanieczyszczenia.

**Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne**

Proces ten jest w stanie obsługiwać całkowicie zamkniętą, bezodpływową instalację do wytrawiania i został już zainstalowany w kilku nowoczesnych zakładach. Zakłady te działają przy zużyciu kwasu solnego poniżej 0,2 kg kwasu na tonę wytrawianego materiału. Jeden z przykładów działającej bezodpływowej linii do wytrawiania taśm przedstawiono na rysunku 3.55. [114, Rituper, 1995].



Źródło: [114, Rituper, 1995].

Rysunek 3.55: Przykład bezściekowego trawienia HCl i regeneracji kwasu.

**Efekty krzyżowe**

Dodatkowe zużycie energii i wody.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Obniżone koszty produkcji ze względu na niskie zużycie kwasu.

#### **Cel wdrożenia**

- Przepisy dotyczące ochrony środowiska.
- Oszczędność w zużyciu kwasu.

#### **Przykładowe zakłady**

[114, Rituper, 1995].

#### **Bibliografia**

[114, Rituper, 1995].

### **3.4.1.6 Odzysk kwasu siarkowego poprzez krystalizację**

#### **Opis**

Siarczan żelazawy zgromadzony w kwasie jest krystalizowany i usuwany jako heptahydrat siarczanu żelazawego. Krystalizację uzyskuje się przez pośrednie chłodzenie, obróbkę w cyklonie lub przez odparowanie dekompresyjne w próżni.

#### **Opis techniczny**

Opis techniczny procesu odzysku kwasu siarkowego przez krystalizację - patrz punkt 8.6.5.

#### **Korzyści dla środowiska**

- Zmniejszone spożycie świeżego kwasu.
- Zmniejszona ilość ścieków i osadów.

#### **Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne**

W tabelach 3.13 i 3.14 przedstawiono dane dotyczące zużycia i emisji związanych z krystalizacją próżniową  $H_2SO_4$ .

Tabela 3.13: Zużycie i wydajność dla krystalizacji próżniowej  $H_2SO_4$

<b>Poziom wejścia / zużycia</b>		
Zużyty kwas	7 - 10	kg/t
Woda chłodząca (w)	2 - 3.5	m <sup>3</sup> /t
Woda przemysłowa + demineralizowana	0.2 - 0.4	m <sup>3</sup> /t
Energia:		
Energia elektryczna	1 - 20	MJ/t
Energia kaloryczna	100 - 200	MJ/t
<b>Wyjście / poziom emisji</b>		
	<b>Emisja właściwa</b>	
Stały produkt uboczny: Siarczan Fe	26 - 30	kg/t
Kwas z recyklingu (20 %)	0 - 10	kg/t
Woda chłodząca (na zewnątrz)	2 - 3.5	m <sup>3</sup> /t
Gaz odpadowy	70 - 90	m <sup>3</sup> /t
Ścieki (zrzut)	0.2 - 0.4	m <sup>3</sup> /t
Źródło: [86, EUROFER, TG Cold Rolling 1998].		

Tabela 3.14: Emisje do powietrza z rekrystalizacji próżniowej  $H_2SO_4$

	Stężenie [mg/Nm <sup>3</sup> ]	Emisja właściwa [g/t produktu]	Stopień redukcji <sup>1</sup> [%]	Metoda analizy
SO <sub>2</sub>	8 - 20	0.5 - 1.5	> 95	Podczerwień
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5 - 10	0.3 - 0.6	> 95	Miareczkowanie

Źródło: [86, EUROFER, TG Cold Rolling 1998].  
<sup>1</sup> Stopień redukcji oparty na masowym przepływie składnika przed/po środku zaradczym

### ***Efekty krzyżowe***

- Zwiększone zużycie energii.
- Emisja do powietrza z odzysku.

### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

### ***Cel wdrożenia***

Zmniejszone spożycie kwasu.

### ***Przykładowe zakłady***

W zbiorze danych FMP 2018 żaden zakład nie zgłosił stosowania tej techniki odzysku kwasu.

### ***Bibliografia***

[86, EUROFER, TG Cold Rolling 1998].

## **3.4.1.7 Regeneracja mieszanych kwasów (HNO<sub>3</sub> i HF) przez prażenie natryskowe**

### ***Opis***

Roztwory trawiące są wstrzykiwane przez dysze natryskowe do reaktora pirohydrolytycznego w wysokiej temperaturze, gdzie reagują z tlenem i wodą, tworząc bardzo wartościowy produkt stały w postaci tlenku żelaza. Kwas jest odzyskiwany za pomocą dwustopniowej izotermicznej jednostki adsorpcyjnej, a następnie jednostki selektywnej redukcji katalitycznej w celu zmniejszenia emisji NO<sub>x</sub>.

### ***Opis techniczny***

Opis techniczny procesu regeneracji metodą prażenia natryskowego znajduje się w punkcie 8.6.5.

### ***Korzyści dla środowiska***

- Zmniejszenie zużycia świeżego kwasu (z 2,5-7 kg/t HF i 3-10 kg/t HNO<sub>3</sub> do 0,8-1,2 kg/t HF), zmniejszenie ilości nowego kwasu do wytworzenia (dostawca) [39, Karner 1999].
- Redukcja osadów po neutralizacji [39, Karner 1999].

### ***Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne***

W tabeli 3.15 przedstawiono dane dotyczące zużycia i uzysku regeneracji kwasów mieszanych metodą prażenia natryskowego.

Tabela 3.15: Zużycie i wielkość emisji przy regeneracji kwasów mieszanych metodą prażenia natryskowego

Poziom wejścia/konsumpcji		
Zużyty kwas	25 - 100	kg/t
Woda chłodząca (w)	1.5 - 9	m <sup>3</sup> /t
Mocznik (dla DeNO <sub>x</sub> )	0.4 - 1	kg/t
Soda kaustyczna		
<b>Energia:</b>		
Energia elektryczna	5 - 20	MJ/t
Energia kaloryczna (gaz ziemny)	60 - 230	MJ/t
Poziom wyjścia/emisji		
Staly produkt uboczny: mieszany tlenek	1.7 - 5	kg/t
Kwas z recyklingu (HF 6 %, HNO <sub>3</sub> 10 %)	26 - 108	kg/t
Woda chłodząca (na zewnątrz)	1.5 - 9	m <sup>3</sup> /t
Gaz odpadowy:	25 - 100	m <sup>3</sup> /t
Ścieki	0.003 - 0.01	m <sup>3</sup> /t
Źródło: [39, Karner 1999], przykład Pyromars		

W tabeli 3.16 przedstawiono zestawienie danych dotyczących emisji zgłoszonych w zbiorze danych dla zakładów stosujących prażenie rozpyłowe do odzysku kwasów mieszanych.

Tabela 3.16: Emisje NO<sub>x</sub> do powietrza z zakładów odzysku kwasów mieszanych przy użyciu prażenia natryskowego

Substancja	Stężenia zgłoszone w okresie 3 lat - (mg/Nm <sup>3</sup> )				Liczba zakładów / liczba pomiarów
	Średnia	Median a	Min.	Max.	
NO <sub>x</sub>	140.3	119.3	93.8	218.2	2 / 6
Źródło: [150, FMP TWG 2018].					

### **Efekty krzyżowe**

- Zużycie energii i środków chemicznych.
- Generowanie emisji do powietrza, które muszą być ograniczone/kontrolowane.
- Wytwarzanie ścieków, które muszą być oczyszczone.
- Wytwarzanie użytecznego produktu ubocznego - tlenku mieszanego [39, Karner 1999].

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

Wyprodukowany tlenek żelaza ma wartość handlową i może być przedmiotem bezpośredniego obrotu na rynku. [184, EUROFER 2018] [171, Kladnig 2008].

Korzyść ekonomiczna obliczona dla huty produkującej 350 000 ton stali miękkiej walcowanej na gorąco szacowana jest na 800 000 EUR rocznie w zakresie chemikaliów i pracy. [Kladnig, 2008].

### **Cel wdrożenia**

Poza korzyściami środowiskowymi wynikającymi z ograniczenia ogólnego zużycia kwasu i emisji ścieków, technologia prażenia rozpyłowego pozwala na odzyskanie tlenku żelaza, który może zostać poddany recyklingowi w procesie wytopu lub być przedmiotem obrotu handlowego na rynku. [184, EUROFER 2018].

### **Przykładowe zakłady**

Zakłady [88 CR1] i [238 CR2C] ze zbioru danych FMP. Patrz Rysunek 7.4.

### **Bibliografia**

[39, Karner 1999] [171, Kladnig 2008] [184, EUROFER 2018]

## **3.4.1.8 Odzyskiwanie mieszanych kwasów (HNO<sub>3</sub> i HF) poprzez wymianę jonów**

### **Opis**

Roztwory trawiące są oczyszczane za pomocą jednostki oczyszczania kwasu z bocznym strumieniem, która wykorzystuje filtry i żywicę jonowymienną do selektywnej adsorpcji soli metalicznych z kwasu trawiącego. Po nasyceniu urządzenia oczyszczającego wolny kwas jest desorbowany przez płukanie zwrotne wodą i zawracany do procesu trawienia.

### **Opis techniczny**

W mieszanym kwasowym trawieniu stali nierdzewnej metale są stale rozpuszczane w roztworze trawiącym. Gdy rozpuszczone metale osiągną wysokie stężenie, zaczynają się pojawiać problemy techniczne, takie jak wytrącanie się soli z tworzeniem osadów. Aby temu zapobiec, płyn trawiący jest oczyszczany za pomocą specjalnych żywic, które mają zdolność oddzielania rozpuszczonych metali (np. żelaza, niklu, chromu i innych) od wolnego kwasu trawiącego. Po nasyceniu urządzenia oczyszczającego, wolny kwas jest desorbowany przez strumień świeżej wody i zawracany do procesu trawienia. [184, EUROFER 2018] [156, Agrawal et al., 2009].

### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszone spożycie kwasu.

### **Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne**

Tabela 3.17: Poziomy zużycia i emisji dla odzysku kwasów mieszanych metodą wymiany jonowej

<b>Poziom wejścia / zużycia</b>		
Zużyty kwas mieszany	0.05 - 0.2	m <sup>3</sup> /t
Woda	0.05 - 0.2	m <sup>3</sup> /t
Energia:		
Energia elektryczna	2 - 5	MJ/t
<b>Wyjście / poziom emisji</b>		
Emisja właściwa	0,05 - 0,2 m <sup>3</sup> /t	
<b>Odzyskany kwas mieszany</b>		
Stopa odzysku wolnego HF:	75 - 85 %	
Stopień odzysku wolnego HNO <sub>3</sub> :	80 - 85 %	
Szybkość usuwania metali:	50 - 55 %	
<b>Metal zawierający słaby roztwór kwasu</b>	0.05 - 0.2	m <sup>3</sup> /t
Źródło: [86, EUROFER, TG Cold Rolling 1998].		

### **Efekty krzyżowe**

Zwiększone zużycie energii.

### **Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania**

Ogólne zastosowanie w zakładach produkujących stal nierdzewną. [184, EUROFER 2018].

### **Aspekty ekonomiczne**

Oszczędności uzyskane dzięki zmniejszeniu zużycia kwasów. [184, EUROFER 2018].

### ***Cel wdrożenia***

Zmniejszenie spożycia kwasu.

### ***Przykładowe zakłady***

Outokumpu Niemcy Krefeld. [184, EUROFER 2018]

### ***Bibliografia***

[184, EUROFER 2018] [156, Agrawal et al., 2009].

## **3.4.1.9 Odzyskiwanie mieszanych kwasów (HNO<sub>3</sub> i HF) metodą dializy dyfuzji**

### ***Opis***

Dodatkowo naładowana membrana jest używana do oddzielenia zużytego roztworu kwasu do wytrawiania, który ma być regenerowany, od świeżej wody. Membrana pozwala na dyfuzję kwasu do wody słodkiej, podczas gdy sole metali pozostają po stronie zużytego płynu, co skutkuje wysokim odzyskiem kwasu.

### ***Opis techniczny***

Zob. sekcja 8.6.5 dotycząca opisu technicznego procesu odzyskiwania kwasów mieszanych metodą dializy dyfuzyjnej.

### ***Korzyści dla środowiska***

Zmniejszenie ilości odpadów i zużycia świeżego kwasu.

### ***Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne***

W 1989 r. w szwedzkim zakładzie zainstalowano instalację dializy dyfuzyjnej do regeneracji kwasu do trawienia stali nierdzewnej o wydajności 300 l/h. [111, Deutschle, 1993]. Stopień recyklingu wolnego kwasu wynosi około 80-85%. Instalacja do dializy dyfuzyjnej jest prosta w obsłudze i wymaga niewielkiego nadzoru. Mimo, że proces nie jest całkowicie selektywny, w zregenerowanym roztworze kwasu mieszanego po oczyszczeniu obecne jest mniej niż 5 % soli metali. [160, Dahlgren 2010].

Wymagana jest obróbka wstępna zużytego płynu trawiącego, aby zapobiec zatkaniu powierzchni membrany. [160, Dahlgren 2010].

### ***Efekty krzyżowe***

Zwiększone zużycie energii.

### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Generalnie nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

### ***Aspekty ekonomiczne***

Koszt inwestycyjny instalacji do dializy dyfuzyjnej o wydajności 1 m<sup>3</sup> /h mieszanego kwasu wynosi około 1,5 mln SEK. [160, Dahlgren 2010]

### ***Cel wdrożenia***

Regeneracja kwasu mieszanego.

### ***Przykładowe zakłady***

Outokumpu Avesta (Szwecja).

### ***Bibliografia***

[111, Deutschle, 1993] [175, Luo et al., 2011] [160, Dahlgren 2010].

### 3.4.1.10 Odzyskiwanie mieszaniny kwasów (HNO<sub>3</sub> i HF) przez odparowanie

#### **Opis**

W wyparce próżniowej mieszane kwasy są odpędzane i skraplane przed zawróceniem ich do głównego zbiornika trawiącego, podczas gdy sole siarczanowe metali są tworzone, wytrącane w krystalizatorze jako zawiesina i neutralizowane w celu utworzenia osadu wodorotlenkowego.

#### **Opis techniczny**

Zob. pkt 8.6.5 dotyczący opisu technicznego procesu odzyskiwania kwasu mieszanego przez odparowanie.

#### **Korzyści dla środowiska**

- Zmniejszenie zużycia świeżego kwasu poprzez recykling zarówno wolnego jak i związanego HNO<sub>3</sub> i HF.
- Znaczna redukcja azotanów w ściekach.
- Brak emisji pyłu [35, FI, członek TWG, 2000].

#### **Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne**

W Outokumpu (Tornio, Finlandia, zakład 158 CR w zbiorze danych FMP) zainstalowano trzy jednostki regeneracji wyparnej do regeneracji kwasów mieszanych. Stopień recyklingu dla HNO<sub>3</sub> wynosi 98 %, a dla HF 99 %. [184, EUROFER 2018] [160, Dahlgren 2010].

Tabela 3.18: Zużycie i poziomy emisji dla odzysku kwasu mieszanego przez odparowanie

<b>Poziom wejścia/konsumpcji</b>	
Zużyty kwas H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (95 %)	15 - 30 litrów / t 4,0 - 6,0 kg / t
Woda chłodząca	3,8 - 5,8 kg / t
Energia:	
Energia elektryczna	2,3 - 3,5 MJ / t
Para	16 - 24 kg / t
Propan	3,2 - 4,8 MJ / t
<b>Poziom wyjścia/emisji</b>	
Woda chłodząca	3,8 - 5,8 kg / t
Kwas z recyklingu: 130 g/l HNO <sub>3</sub> 55 g/l HF	14 - 20 litrów / t
Siarczan metalu:	5,0 - 7,6 kg / t
Fe	0,6 - 0,8 kg / t
Cr	0,09 - 0,13 kg / t
Ni	0,08 - 0,12 kg / t
SO <sub>4</sub>	1,9 - 2,9 kg / t
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,7 - 2,5 kg / t
Gaz odpadowy:	
Pył	Brak
HF	< 2 mg / l
NO <sub>2</sub>	< 100 mg / l
Powyższe dane oparte są na pomiarach podczas pracy instalacji.	
Źródło: [35, FI, członek TWG, 2000].	



Tabela 3.19: Emisje do powietrza z zakładów odzysku kwasów mieszanych z zastosowaniem odzysku przez odparowanie

Substancja	nia zgłoszone w okresie 3 lat - (mg/Nm <sup>3</sup> )				Liczba zakładów / liczba pomiarów
	Średnia	Mediana	Min.	Max.	
Pył	7.6	8.0	6.0	9.0	1 / 5
SO <sub>2</sub>	0.5	0.4	0.2	1.0	2 / 3
NO <sub>x</sub>	37.5	-	8.9	66.0	1 / 2

*Zródło: [150, FMP TWG 2018].*

### **Efekty krzyżowe**

- Zużycie energii na odparowanie kwasów. [184, EUROFER 2018].
- Wytwarzanie siarczanów metali, które mogą być neutralizowane do wodorotlenków metali. [35, FI, członek TWG, 2000].
- Emisja HF i NO<sub>x</sub>. [184, EUROFER 2018].

### **Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

- Oszczędności wynikające ze zmniejszenia zużycia kwasów.
- Łatwe utrzymanie stałego składu kwasów trawiących.
- Nie ma potrzeby neutralizacji kwasu [35, FI, członek TWG, 2000].

### **Cel wdrożenia**

Całkowita regeneracja mieszanych kwasów trawiących [35, FI, członek TWG, 2000].

### **Przykładowe zakłady**

- Outokumpu Tornio (Finlandia) - [158 CR]
  - Zakład regeneracji 1, wydajność 1,5 m<sup>3</sup> /h, rok rozpoczęcia 1984.
  - Instalacja regeneracji 1, wydajność 3,0 m<sup>3</sup>/h, rok rozpoczęcia 1997.
  - Instalacja regeneracji 3, wydajność 6,0 m<sup>3</sup>/h, rok rozpoczęcia 2003.
- ArcelorMittal Galati (Rumunia) - [111 CR1]

### **Bibliografia**

[35, FI, TWG member, 2000] [184, EUROFER 2018] [211, Nyman et al., 1986].  
[160, Dahlgren 2010].

### **3.4.1.11 Pompy magnetyczne (stal niskostopowa i stopowa )**

#### **Opis**

Pompy z napędem magnetycznym są stosowane zamiast pomp mechanicznych, aby zmniejszyć zużycie wody i zapobiec wyciekom płynów.

#### **Opis techniczny**

Pompy mechaniczne wymagają stałego przepływu wody dławicowej na uszczelnieniach mechanicznych. Zastąpienie pomp mechanicznych przez magnetyczne zmniejsza zapotrzebowanie na wodę. Ponadto, pompy z napędem magnetycznym są pompami bezuszczelnieniowymi, które nie wykorzystują szczeliwa ani uszczelnień mechanicznych do izolacji cieczy technologicznej. W związku z tym, pompy z napędem magnetycznym zapobiegają wyciekom płynów.

### ***Korzyści dla środowiska***

- Zmniejszenie zużycia wody.
- Zapobieganie wyciekom płynów.

### ***Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

### ***Efekty krzyżowe***

Nie.

### **Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

### ***Cel wdrożenia***

Zmniejszone zużycie wody.

### ***Przykładowe zakłady***

Szeroko stosowany.

### ***Bibliografia***

Brak podanej literatury źródłowej.

## **3.4.1.12 Oczyszczanie kwaśnych ścieków**

### ***Opis***

Tam, gdzie nie można uniknąć spuszczenia kwaśnej wody z systemu, kwaśne ścieki są neutralizowane, a metale są wytrącane i oddzielane przez sedymentację. Szlam metalowy jest odwadniany w prasach filtracyjnych i usuwany.

### ***Opis techniczny***

Kwaśne ścieki z płukania i z pochłaniaczy oparów systemu wylotowego wanny wytrawiającej, jeśli nie mogą być wykorzystane w wannach wytrawiających, oraz ścieki z płukania (czyszczenia instalacji) wymagają oczyszczania przed zrzutem. Ścieki są neutralizowane (np. alkalicznymi ściekami z innych operacji zakładu), rozpuszczone jony metali są przekształcane w wodorotlenki lub słabo rozpuszczalne sole, a następnie eliminowane przez sedymentację, w wielu przypadkach przez dodanie flokulantów. Wytrącony szlam metalowy jest odwadniany w prasach filtracyjnych i usuwany.

### ***Korzyści dla środowiska***

Zmniejszenie objętości i ładunku zanieczyszczeń do wody.

### ***Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne***

*Tabela 3.20: Stężenia zanieczyszczeń w zakładach walcowania na zimno stosujących neutralizację, a następnie sedymentację do oczyszczania kwaśnych ścieków.*

Substancja	Stężenia zgłoszone w okresie 3 lat			Zakłady referencyjne
	Średnia	Min.	Max.	
Zawiesina ogólna (mg/l)	3.9	1.3	30.0	[110 CR2] [88 CR] [244 CR]
Fe (mg/l)	0.2	0.03	4.2	[110 CR2] [225 CR] [244 CR]

Zn (mg/l)	0.05	0.02	0.24	[225 CR] [88 CR] [110 CR2]
Ni (mg/l)	0.14	0.02	0.92	[110 CR2] [88 CR]
Pb (µg/l)	7.7	3.0	21.0	[110 CR2]
Cr (mg/l)	0.08	0.01	0.46	[225 CR] [88 CR] [110 CR2]
Cd (µg/l)	5.0	5.0	5.0	[110 CR2]
HOI (mg/l)	0.23	0.10	2.20	[244 CR]
<i>Źródło:</i> [150, FMP TWG 2018].				

### ***Efekty krzyżowe***

- Wytworzenie dużej ilości osadów ściekowych.
- Szlam, składający się głównie z wodorotlenku żelaza i wody, może być ponownie wykorzystany do produkcji żelaza, o ile nie jest zanieczyszczony niedopuszczalnymi metalami (np. cynkiem) lub innymi składnikami. Należy zachować ostrożność, aby uniknąć mieszania się strumieni ścieków lub osadów, co może utrudnić recykling.
- W wyniku neutralizacji mogą również powstawać duże ilości soli obojętnych (np. NaCl, CaCl<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CaSO<sub>4</sub>), z których większość jest bardzo dobrze rozpuszczalna w wodzie i jest odprowadzana wraz z oczyszczoną wodą. Usunięcie ich jest możliwe tylko poprzez bardzo specjalne, a w większości przypadków nieekonomiczne, oczyszczanie (odwrócona osmoza, elektrodializa lub odparowanie, a następnie wymiana jonowa i odparowanie koncentratu z suszeniem soli). Nawet jeśli te sole zostaną usunięte, ich mieszany skład ogranicza ponowne wykorzystanie, a usuwanie na składowiska może być ograniczone przez ich rozpuszczalność.

### ***Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania***

Generalnie nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

### ***Cel wdrożenia***

Przepisy dotyczące ochrony środowiska.

### ***Przykładowe zakłady***

[225 CR] [88 CR] [110 CR2] [244 CR]

### ***Bibliografia***

[150, FMP TWG 2018].

#### **3.4.1.13 Wytrawianie trójkwasowe dla stali nierdzewnej**

### ***Opis***

W technice wytrawiania trzema kwasami, kwas azotowy jest częściowo zastąpiony kwasem siarkowym do trawienia produktów ze stali nierdzewnej, zmniejszając zużycie kwasu azotowego.

### ***Opis techniczny***

Konwencjonalne wytrawianie w produkcji stali nierdzewnej jest zwykle wykonywane przy użyciu mieszanego kwasu (HF/HNO<sub>3</sub>). W technice wytrawiania trójkwasowego kwas azotowy jest częściowo zastępowany kwasem siarkowym i stosowany w połączeniu z HF. Cena kwasu azotowego jest wyższa niż cena kwasu siarkowego; w związku z tym przy tej technice można uzyskać znaczne oszczędności ekonomiczne. Ponadto wytrawianie trójkwasowe powoduje znaczną redukcję emisji azotanów w ściekach.

W konwencjonalnym wytrawianiu mieszanym kwasem, stężenie HNO<sub>3</sub> zwykle waha się od 180 g/l do 380 g/l, podczas gdy stężenie HF waha się od 10 g/l do 40 g/l. [162, Dustou i in., 2017].

W wytrawianiu trójkwasowym stężenie kwasu azotowego zmniejsza się do 40-90 g/l w zależności od rodzaju produktu, a stężenie  $H_2SO_4$  mieści się w zakresie 50-160 g/l. [186, EUROFER 10-7-18 - 2018]

W instalacjach do wytrawiania stali nierdzewnej proces regeneracji kwasu prowadzi do emisji azotanów do wody, szczególnie podczas procesu neutralizacji. W przypadku wytrawiania trójkwasowego emisje te mogą być zmniejszone, ponieważ ilości stosowanego kwasu azotowego są znacznie zredukowane. [186, EUROFER 10-7-18 - 2018]

#### ***Korzyści dla środowiska***

- Znaczne ograniczenie emisji azotanów.
- Zmniejszenie zużycia kwasu azotowego.

#### ***Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne***

Technika trawienia trzema kwasami jest obecnie stosowana w Outokumpu Tornio (Finlandia). Stosowanie tej techniki jest ograniczone do zakładów wytrawiania stosujących proces odparowania do regeneracji kwasu, ponieważ obecność kwasu siarkowego powodowałaby problemy w innych rodzajach procesów regeneracji kwasu (patrz punkt 8.6.5). Ciecz wytrawiająca jest najpierw mieszana z kwasem siarkowym przed wejściem do parownika. Parowanie odbywa się w próżni w temperaturze 80 °C i pod ciśnieniem 5 kPa, co powoduje odparowanie HF i  $HNO_3$ . Są one następnie skraplane i recykulowane z powrotem do kąpeli trawiącej. Zawiesina jest prowadzona do wanny krystalizacyjnej w celu wytrącenia różnych siarczanów metali. Po zagęszczeniu zawiesina siarczanów metali jest oddzielana od nadmiaru kwasu siarkowego, który jest recykulowany do parownika. [160, Dahlgren 2010].

W zależności od stopnia zastąpienia kwasu azotowego można osiągnąć redukcję emisji azotanów od 25 % do 70 %. Metale w kąpeli trawiącej są wytrącane głównie jako siarczany zamiast fluorków, co skutkuje również zmniejszeniem zużycia HF o około 10 %. [186, EUROFER 10-7-18 - 2018]

Proces neutralizacji kwasu jest trudniejszy do kontrolowania w przypadku stosowania kwasu siarkowego, co skutkuje niekiedy trudnościami w utrzymaniu stężeń zawiesin w ściekach emitowanych z instalacji neutralizacji na poziomie < 20 mg/L. [186, EUROFER 10-7-18 - 2018].

#### ***Efekty krzyżowe***

Nie.

#### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

- Zastosowanie tej techniki jest ograniczone do zakładów wytrawiania stali nierdzewnej wykorzystujących proces odparowania do regeneracji kwasu mieszanego, ponieważ obecność kwasu siarkowego powoduje problemy w przypadku innych rodzajów procesów regeneracji kwasu.
- W niektórych przypadkach wytrawianie trójkwasowe może nie być odpowiednie do produkcji specjalnych gatunków stali.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Cena  $H_2SO_4$  jest niższa niż cena  $HNO_3$ , co sprawia, że technika trawienia trzema kwasami jest opłacalna finansowo.

#### ***Cel wdrożenia***

Ograniczenie emisji azotanów ze ścieków.

#### ***Przykładowe zakłady***

Outokumpu Tornio (Finlandia) - Zakład [158 CR] w zbiorze danych FMP.

#### ***Bibliografia***

[186, EUROFER 10-7-18, 2018] [160, Dahlgren 2010] [162, Dustou et al., 2017].

### **3.4.1.14 Chemiczna redukcja sześciowartościowego Cr(VI) za pomocą dwutlenku**

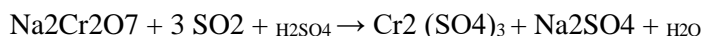
## siarki

### **Opis**

Wody popłuczne i substancje stałe z elektrolitycznych kąpeli wstępnych, które zawierają Cr(VI) powstałe podczas elektrolitycznego wstępnego wytrawiania stali wysokostopowej, są poddawane obróbce w warunkach kwaśnych w celu zmniejszenia stężenia Cr(VI) przy użyciu dwutlenku siarki jako środka redukującego. Po procesie redukcji chemicznej roztwór jest podawany do etapu neutralizacji w oczyszczalni ścieków wraz z kwaśnymi wodami płuczającymi z mieszanego trawienia kwasowego.

### **Opis techniczny**

Zawiesziny przeznaczone do obróbki są najpierw przechowywane w zbiorniku mieszającym, aby wyrównać różnice stężeń różnych strumieni zasilających. Do zbiornika mieszającego wprowadza się kwas siarkowy w celu obniżenia pH roztworu. Niska wartość pH zwiększa bowiem szybkość reakcji redukcji Cr(VI). Ponadto reakcja chemiczna zużywa również kwas siarkowy, więc musi on zostać wprowadzony do zbiornika mieszającego przed rozpoczęciem właściwej reakcji redukcji. Po wymieszaniu roztwór jest pompowany do zbiornika zasilającego. W tym miejscu możliwa jest również kontrola wartości pH roztworu. Ze zbiornika zasilającego roztwór jest pompowany do pierwszego reaktora redukcyjnego, który przelewa się do drugiego reaktora redukcyjnego. W sumie stosowane są dwa reaktory połączone szeregowo, a do obu reaktorów doprowadzany jest SO<sub>2</sub>. Reakcja redukcji Cr(VI) przebiega następująco:



Redukcja Cr(VI) jest monitorowana poprzez wartości pH i potencjału redoks. Automatyczny analizator w sposób ciągły analizuje stężenie Cr(VI) w zbiorniku zasilającym i odpowiednio dostosowuje szybkość dodawania dwutlenku siarki. Sterownik wykorzystuje również prędkość podawania i wartość potencjału redox jako dane wejściowe do obliczenia wymaganego dodatku SO<sub>2</sub>. Po procesie redukcji roztwór jest podawany do procesu neutralizacji wraz z kwaśnymi wodami płuczającymi z mieszanego trawienia kwasowego. [173, Lindfors et al., 2006] [186, EUROFER 10-7-18 - 2018].

Alternatywą jest redukcja Cr(VI) za pomocą NaHSO<sub>3</sub> w warunkach kwaśnych z wykorzystaniem zużytych kwasów (np. zużytego HCl) jako zakwaszaczy.

### **Korzyści dla środowiska**

Ograniczenie emisji Cr(VI) do wody w instalacjach trawienia stali nierdzewnej.

### **Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne**

Można osiągnąć stężenia Cr(VI) < 0,1 mg/l.

### **Efekty krzyżowe**

Zastosowanie SO<sub>2</sub> jako redukującego związku chemicznego wymaga szczególnych względów bezpieczeństwa w miejscu pracy. [186, EUROFER 10-7-18 - 2018].

### **Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

Dwutlenek siarki jest skuteczniejszym środkiem redukującym niż szerzej stosowany metabisiarozan sodu (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). W efekcie zastosowanie dwutlenku siarki umożliwia stosowanie mniejszych rozmiarów reaktorów i obniża koszty inwestycyjne. [173, Lindfors et al., 2006].

### **Cel wdrożenia**

Minimalizacja emisji Cr(VI) do wody.

### **Przykładowe zakłady**

Outokumpu Tornio.

### **Bibliografia**

[186, EUROFER 10-7-18 - 2018] [173, Lindfors et al., 2006].

## 3.4.2 Walcowanie

### 3.4.2.1 Walcowanie ciągle stali niskostopowych i stopowych

#### *Opis*

Zamiast konwencjonalnego walcowania nieciągłego (np. przy użyciu walcarek tandem) stosuje się walcowanie ciągle (np. przy użyciu walcarek posobnych), co pozwala na stabilne zasilanie i rzadsze uruchamianie i wyłączenie.

#### *Opis techniczny*

Walcowanie ciągle jest stosowane w produkcji stali niskostopowej i stopowej, ponieważ ma wiele zalet w porównaniu z walcowaniem nieciągłym (np. stabilny posuw, mniejsza liczba rozruchów i przestojów, poprawa jakości i wydajności).

Walcowanie nieciągłe przy użyciu, na przykład, konwencjonalnej walcarki posobnej oferuje wysoką elastyczność procesu i umożliwia wiele wariantów asortymentu produktów. Walcarki osobne można łatwo zatrzymać i ponownie uruchomić, co oznacza, że parametry walcowania mogą być szybko zmienione dla każdego kręgu. Walcarki posobne są szczególnie odpowiednie do produkcji małych partii różnych rodzajów produktów. Walcarki posobne mają jednak wady, takie jak konieczność stosowania zwijaczy i rozwijaków o dużej mocy oraz czasochłonne prace niezbędne do usuwania kręgów, co powoduje większe zużycie energii i spadek ogólnej wydajności walcarki. Z drugiej strony, walcowanie ciągle z wykorzystaniem na przykład walcarki tandem przedstawia znaczące zalety, w tym istotne zmniejszenie zużycia energii ze względu na zastosowanie zwijaczy/rozwijaczy o mniejszej mocy, ale także znaczny wzrost produktywności, ponieważ nie ma potrzeby przerywania procesu walcowania w celu wymiany kręgów.

#### *Korzyści dla środowiska*

- Zmniejszenie zużycia oleju.
- Zmniejszenie zużycia energii elektrycznej.

#### *Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne*

- Poprawa wydajności materiału dzięki lepszej kontroli skrajni dla końcówek kręgów.
- Poprawa jakości produktu.
- Zmniejszenie częstotliwości zmiany kierunku jazdy.

#### *Efekty krzyżowe*

Nie.

#### *Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania*

- Dotyczy tylko nowych zakładów i dużych modernizacji zakładów.
- Możliwość zastosowania może być ograniczona ze względu na specyfikację produktu.

#### *Aspekty ekonomiczne*

Brak informacji.

#### *Cel wdrożenia*

Poprawa jakości i zwiększenie plonów.

#### *Przykładowe zakłady*

- Walcarki posobne: [225 CR1] [144 CR2] [116 CR1][158 CR1] [88 CR3] [144 CR3] [88 CR2].
- Walcarki tandem: [110 CR1 linia 2] [128 CR2] [249 CR1].

### ***Bibliografia***

[150, FMP TWG 2018].

#### **3.4.2.2 Wytrawialnia kombinowana z walcarką tandem**

##### ***Opis***

Linie wytrawiania są sprzężone z tandemową walcarką do walcowania na zimno, aby zwiększyć przepustowość produkcji i zminimalizować ilość wad (np. złomu).

##### ***Opis techniczny***

Kombinacja linii wytrawiania z tandemowymi walcarkami do walcowania na zimno umożliwia uzyskanie wysokiej wydajności i sprawności walcowania, znaczne skrócenie czasu obróbki oraz możliwość uzyskania węższych tolerancji grubości. Również sprzężone linie wytrawiania i tandemowe walcarki do walcowania na zimno minimalizują ilości wad (np. złomu). [202, Bos et al., 2006].

##### ***Korzyści dla środowiska***

Zmniejszona ilość złomu (minimalizacja wad).

##### ***Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

##### ***Efekty krzyżowe***

Nie.

##### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Dla nowych instalacji lub dużych modernizacji istniejących instalacji.

##### ***Aspekty ekonomiczne***

Technika ta zmniejsza koszty operacyjne przetwarzania (koszty pracy i konserwacji).

##### ***Cel wdrożenia***

Skrócenie czasu obróbki, minimalizacja wad, zwiększenie wydajności.

##### ***Przykładowe zakłady***

Zakład 130-CR1 - Walcownia zimna nr 3 /ThyssenKrupp Steel Europe - Dortmund]  
08 CR, 37 CR, 102 CR, 122 CR, 130 CR, 179 CR, 180 CR1, 193 CR, 194 CR, 195 CR  
[150, FMP TWG 2018].

### ***Bibliografia***

[202, Bos et al., 2006] [150, FMP TWG 2018].

#### **3.4.2.3 Optymalny wybór oleju walcowniczego i emulsji system.**

##### ***Opis***

Systemy olejów i emulsji do walcowania są starannie dobierane, aby zapewnić optymalne działanie dla danego procesu i produktu. Istotne cechy, które należy wziąć pod uwagę to na przykład:

- dobre smarowanie;
- możliwość łatwego oddzielenia zanieczyszczeń;
- stabilność emulsji i dyspersja oleju w emulsji;
- brak degradacji oleju przez długi czas pracy na biegu jałowym.

##### ***Opis techniczny***

W walcowaniu na zimno właściwy wybór oleju/emulsji do walcarki tandemowej lub rewersyjnej jest

ważny ze względów jakościowych (efekt smarowania w szczelinie walca, dobre właściwości destylacyjne, łatwe usuwanie w liniach odłuszczejących). Poza tym, aby ograniczyć zużycie oleju, olej do walcarki tandem musi spełniać szereg kryteriów użytkowych:

- Dobre właściwości smarne pozwalające na zmniejszenie zużycia oleju i zmniejszenie tarcia między rolkami a taśmą. [184, EUROFER 2018].
- Konieczne jest łatwe oddzielenie zanieczyszczeń spowodowanych przypadkowymi wyciekami z układu hydraulicznego lub z łożysk wałków Morgoilu. Jeśli oddzielenie nie jest możliwe, konieczne jest częściowe lub całkowite odnowienie emulsji.
- Rzeczywiste parametry procesu (redukcja na zimno, miernik, siły walcowania, prędkość, chropowatość) oraz dostępne stanowisko do przygotowania emulsji określają wymagania dotyczące stabilności emulsji oraz dyspersji oleju w emulsji.
- Jakość oleju musi pozostać nienaruszona przez dłuższe okresy postoju linii (stabilność emulsji, tworzenie się bakterii), aby uniknąć konieczności przedwczesnego usuwania emulsji.
- Dostawca i użytkownik z reguły wspólnie opracowują system oleju/emulsji walcowniczej dostosowany do konkretnych warunków panujących w walcowni. [184, EUROFER 2018].
- Przychodzące gorące taśmy, które są trawione i olejone, powinny być dostosowane do systemu emulsji. [184, EUROFER 2018].

#### ***Korzyści dla środowiska***

- Zmniejszenie zużycia oleju.
- Zmniejszona utylizacja odpadowej emulsji.

#### ***Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

#### ***Efekty krzyżowe***

Nie.

#### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

#### ***Cel wdrożenia***

Wydajność materiałowa.

#### ***Przykładowe zakłady***

Szeroko stosowany.

#### ***Bibliografia***

[184, EUROFER 2018].

### **3.4.2.4 Zmniejszenie tarcia tocznego w walcowaniu na zimno**

#### ***Opis***

Oleje do walcowania są starannie dobierane. Czysty olej i/lub systemy emulsyjne są stosowane w celu zmniejszenia tarcia między walcami roboczymi a materiałem wsadowym oraz zapewnienia minimalnego zużycia oleju.

#### ***Opis techniczny***

Oleje do walcowania są starannie dobierane, aby zapewnić optymalną wydajność walcowania (patrz punkt 3.4.2.3). Oleje do walcowania są dostarczane do szczeliny walca przez dysze w celu zmniejszenia



tarcia między materiałem a walcem, obniżenia wymagań dotyczących mocy napędu, zmniejszenia sił walcowania i poprawy jakości powierzchni walcowanego materiału.

#### ***Korzyści dla środowiska***

- Zmniejszenie zużycia oleju.
- Zmniejszona utylizacja odpadowej emulsji.
- Zmniejszenie zużycia energii poprzez optymalizację tarcia. [184, EUROFER 2018].

#### ***Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

#### ***Efekty krzyżowe***

Zanieczyszczenie systemu wodnego olejami rolnymi.

#### ***Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania***

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

#### ***Cel wdrożenia***

Efektywność materiałowa i energetyczna.

#### ***Przykładowe zakłady***

Szeroko stosowany.

#### ***Bibliografia***

[184, EUROFER 2018][150, FMP TWG 2018]

### **3.4.2.5 Monitorowanie i regulacja jakości emulsji walcowniczej**

#### ***Opis***

Ważne cechy emulsji walcowniczej (np. stężenie oleju, pH, wielkość kropli emulsji, wskaźnik zmydlenia, stężenie kwasu, stężenie drobin żelaza, stężenie bakterii) są monitorowane regularnie lub w sposób ciągły, aby wykryć anomalie w jakości emulsji i w razie potrzeby podjąć działania korygujące.

#### ***Opis techniczny***

Jakość emulsji może być obniżona przez wiele wypadków, które są trudne do monitorowania: przeniesienie kwasu z linii trawienia, zanieczyszczenie z wody chłodzącej emulsję, zanieczyszczenie olejem hydraulicznym lub olejem Morgoil, zniszczenie właściwości emulsji przez bakterie lub koncentracja drobin żelaza. Wypadki te bardzo często powodują konieczność częściowego lub całkowitego odnowienia emulsji do walcarki tandem.

Regularny lub, jeśli to możliwe, ciągły pomiar ważnych cech emulsji (stężenie oleju, pH, wskaźnik zmydlenia, stężenie kwasu, stężenie ewentualnych zanieczyszczeń, stężenie lamel żelaznych wielkość kropli, populacja bakterii itp.) daje możliwość wykrycia i usunięcia anomalii w jakości emulsji. [184, EUROFER 2018].

Dodatkowo pomiary generują dane, które pozwalają na dodawanie oleju i wody w celu kompensacji oporu i utrzymania parametrów na możliwie stałym poziomie. [184, EUROFER 2018].

#### ***Korzyści dla środowiska***

- Zmniejszenie zużycia oleju/emulsji.

- Zmniejszenie ilości emulsji odpadowej do przetworzenia i utylizacji.

#### ***Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

#### ***Efekty krzyżowe***

Nie.

#### ***Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania***

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Redukcja kosztów i zwiększenie wydajności. [184, EUROFER 2018].

#### ***Cel wdrożenia***

- Redukcja emulsji odpadowej poprzez długi okres użytkowania. [184, EUROFER 2018].
- Zmniejszenie zużycia oleju. [184, EUROFER 2018].
- Redukcja kosztów dzięki dłuższej żywotności. [184, EUROFER 2018].

#### ***Przykładowe zakłady***

Szeroko stosowany.

#### ***Bibliografia***

[184, EUROFER 2018][150, FMP TWG 2018]

### **3.4.2.6 Zapobieganie zanieczyszczeniu emulsji do walcowania**

#### ***Opis***

Zanieczyszczeniu emulsji walcowniczej zapobiegają takie techniki jak:

- regularna kontrola i konserwacja zapobiegawcza systemu hydraulicznego i systemu obiegu emulsji;
- ograniczenie wzrostu bakterii w systemie emulsji walcowniczej poprzez regularne czyszczenie i/lub działanie w niskich temperaturach.

#### ***Opis techniczny***

W procesie walcowania na zimno stali węglowej bardzo ważne jest zabezpieczenie emulsji walcowniczej przed wszelkimi źródłami zanieczyszczeń. [184, EUROFER 2018].

Zanieczyszczenie emulsji może pochodzić z różnych źródeł, w tym:

- wycieków oleju hydraulicznego lub oleju Morgoil;
- niekompatybilny olej z naoliwionej taśmy gorącej, jak również pozostałości kwasów z wytrawiania;
- system oczyszczania w obiegu z filtrami i separatorami nie działa prawidłowo;
- osady i osady w rurociągach i zbiornikach oraz osady z klatek walcarki;
- wzrost populacji bakterii;
- zanieczyszczona woda do nastawiania emulsji / dodawania wody.

Prewencyjna konserwacja całego systemu pomaga przedłużyć żywotność emulsji, podobnie jak regularne czyszczenie klatek walców: [184, EUROFER 2018].

- Regularna kontrola uszczelnień i orurowania pomaga zapobiegać wyciekom i zanieczyszczeniu emulsji walcowniczej olejem hydraulicznym lub olejem Morgoil. Konserwacja zapobiegawcza, podczas

której uszczelki i rurociągi są regularnie wymieniane, nie jest niczym niezwykłym.

- Sprawić, aby przychodząca naoliwiona gorąca listwa była jak najbardziej zgodna i utrzymać pod kontrolą poziom kwasu w płukaniu wytrawiającym.
- Regularna konserwacja systemu cyrkulacji wraz z filtrami, separatorem magnetycznym dla prawidłowego funkcjonowania.
- Regularne czyszczenie zbiorników, rurociągów i klatek walcarki, aby zapobiec rozwojowi bakterii.
- Oprócz stosowania środków grzybobójczych, regularna obróbka cieplna zabija bakterie. Prowadzenie emulsji w niskich temperaturach i obróbka cieplna mogą utrzymać rozwój bakterii pod kontrolą bez konieczności stosowania środków grzybobójczych.
- Świeża zdemineralizowana woda nastawcza zapobiega niespodziewanym zanieczyszczeniom.

#### ***Korzyści dla środowiska***

- Zmniejszone zużycie emulsji.
- Zmniejszenie ilości oczyszczanych i odprowadzanych ścieków.

#### ***Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

#### ***Efekty krzyżowe***

Nie.

#### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

#### ***Cel wdrożenia***

Długa żywotność emulsji bez niespodziewanej utylizacji. [184, EUROFER 2018].

#### ***Przykładowe zakłady***

Szeroko stosowany.

#### ***Bibliografia***

[184, EUROFER 2018][150, FMP TWG 2018]

### **3.4.2.7 Minimalizacja zużycia emulsji olejowej/walcowniczej**

#### ***Opis***

Zużycie emulsji olejowej/walcowniczej jest minimalizowane poprzez zastosowanie takich technik jak:

- ograniczenie stężenia oleju do minimum wymaganego do smarowania;
- ograniczenie przenoszenia emulsji z poprzednich klatek (np. poprzez wydzielenie piwnic emulsyjnych, osłonięcie klatek walcarki);
- zastosowanie noży powietrznych w połączeniu z odsysaniem krawędzi w celu zredukowania pozostałości emulsji i oleju na taśmie.

#### ***Opis techniczny***

Stężenie resztkowe oleju pozostawione na taśmie opuszczającej walcarkę, które odpowiada za większą część zużycia oleju, jest funkcją stężenia oleju na ostatniej klatce w walcierce tandem. Dlatego stężenie oleju w ostatniej klatce powinno być ograniczone do minimum wymaganego do smarowania, a przeniesienie emulsji z poprzednich klatek, gdzie stężenie oleju jest wyższe, powinno być niższe niż minimalne stężenie robocze. Możliwe środki (oddzielenie komór emulsyjnych, ekranowanie klatek

walcarki) są specyficzne dla każdej instalacji. Wydajny roboczy nóż powietrzny w połączeniu z odsysaniem krawędziowym zmniejsza pozostałości oleju/emulsji na taśmie opuszczającej walcarkę. [184, EUROFER 2018].

***Korzyści dla środowiska***

Zmniejszenie zużycia oleju.

***Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

***Efekty krzyżowe***

Nie.

***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

***Cel wdrożenia***

Zmniejszenie zużycia oleju.

***Przykładowe zakłady***

Szeroko stosowany.

***Bibliografia***

[184, EUROFER 2018][150, FMP TWG 2018]

### **3.4.2.8 Czyszczenie i ponowne użycie emulsji do walcowania**

***Opis***

Cząstki stałe (np. pył, wióry stalowe i zgorzelina) zanieczyszczające emulsję walcowniczą są usuwane w obiegu oczyszczającym (zwykle opartym na sedymentacji połączonej z filtracją i/lub separacją magnetyczną) w celu utrzymania jakości emulsji, a oczyszczona emulsja walcownicza jest ponownie wykorzystywana. Stopień ponownego wykorzystania jest ograniczony przez zawartość zanieczyszczeń w emulsji.

***Opis techniczny***

W walcowaniu na zimno, środek smarujący odgrywa zasadniczą rolę w zmniejszeniu tarcia w polu styku taśmy z walcem roboczym, zmniejszeniu zużycia walca roboczego oraz uzyskaniu dobrej jakości powierzchni końcowej taśmy. Emulsje typu olej w wodzie są szeroko stosowane ze względu na ich dobre właściwości jako środki smarujące i chłodzące. Zapewniają one zarówno dobrą smarowność jak i właściwości chłodzące w warunkach walcowania z dużymi prędkościami.

Wada powierzchni taśmy jest kluczowym zagadnieniem w procesie walcowania. Zła jakość powierzchni taśmy po walcowaniu na zimno może mieć znaczący wpływ na dalsze procesy, takie jak wyżarzanie, galwanizacja i malowanie. Wpływ właściwości smarnych emulsji jest zatem istotny w mechanizmie powstawania wad powierzchniowych w procesie walcowania.

Ogólne wady powierzchniowe taśm walcowanych na zimno to wady znaków wodnych, wady czarnych punktów, zarysowania termiczne i wady korozyjne. Wgniecenia i wypryski mogą być również spowodowane wadami powierzchniowymi walca roboczego.

Właściwości i jakość emulsji mają duży wpływ na uniknięcie wad powierzchniowych w celu osiągnięcia pożądanego jakości produktów i spełnienia specyfikacji produktu. Jest to podstawa przy wyborze i

przygotowaniu emulsji i musi być również brane pod uwagę przy ponownym użyciu emulsji recykulowanej.

Degradacja i zanieczyszczenia obniżają wydajność emulsji walcowniczych. Z czasem emulsja ulega degradacji w wyniku naprężeń mechanicznych i termicznych w procesie walcowania i/lub jest zanieczyszczona drobinami żelaza, obecnością mikroorganizmów, kwasem z linii wstępnego usuwania izolacji lub olejami stosowanymi w procesie lub w innych częściach walcowni.

Pogorszenie jakości w wyniku reakcji termicznych lub chemicznych podczas walcowania na zimno może powodować przebarwienia na taśmach stalowych. Właściwości smarne i chłodzące emulsji jako złożonego układu rozproszonego wynikają z jej stopnia stabilności emulsji, który również ulega pogorszeniu. W wyniku degradacji emulsji możliwe jest pęknięcie filmu smarowego na taśmie. Ten defekt smarowania może powodować lokalne przegrzanie i problemy z interakcją pomiędzy rolkami a powierzchnią arkusza. Na przykład, zarysowania cieplne na arkuszu mogą zniszczyć pożądane właściwości powierzchniowe arkusza. Lokalne przegrzanie może powodować powstawanie mikrozgrzewów pomiędzy walcami roboczymi a blachą. Ich późniejsze zburzenie powoduje deformacje zarówno na powierzchniach walców, jak i arkuszy. Marszczenie się arkusza jest również niepożądanym efektem słabego smarowania, które sprawia, że arkusz nie nadaje się do użytku. Wgniecenia to obserwowane na taśmie zagłębienia występujące okresowo, a spowodowane ciałami obcymi na pracujących walcach lub rolkach. Krostki to okresowe „wysokie miejsca” spowodowane małymi ubytkami w powierzchni walca roboczego.

Operatorzy starają się jak najbardziej zminimalizować zużycie czystego oleju (w przypadku produkcji stali nierdzewnej) lub emulsji (w przypadku produkcji stali węglowej). Odbywa się to w szczególności poprzez usuwanie zanieczyszczeń i recykulację oleju/emulsji. Niemniej jednak, w miarę stopniowego obniżania się jakości oleju/emulsji, konieczna stanie się całkowita lub częściowa wymiana, aby utrzymać jakość pozwalającą na osiągnięcie wymagań produktu. [225, EUROFER 2021]

Gdy wymagania jakościowe pozwalają na recykulację emulsji walcowniczej, cząstki stałe (np. pył, wióry stalowe i zgorzelina) zanieczyszczające emulsję walcowniczą są usuwane w obiegu oczyszczającym (zwykle opartym na sedymentacji połączonej z filtracją i/lub separacją magnetyczną) w celu utrzymania jakości emulsji, a oczyszczona emulsja walcownicza jest ponownie wykorzystywana. Stopień ponownego wykorzystania jest ograniczony przez zawartość zanieczyszczeń w emulsji. Emulsje walcownicze mają bowiem wpływ na jakość produktu i dlatego przed dopuszczeniem odpowiedniego poziomu recykulacji należy sprawdzić wymagania dotyczące jakości produktu. W przeciwnym razie emulsja walcownicza o niskiej jakości może doprowadzić do powstania wad powierzchniowych (np. zarysowań termicznych lub niezamierzonych pogłębień materiału). [218, EUROFER 2020].

#### ***Korzyści dla środowiska***

- Zmniejszone zużycie nowej emulsji do walcowania na zimno.
- Zmniejszona ilość ścieków.

#### ***Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

#### ***Efekty krzyżowe***

Nie.

#### ***Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania***

Możliwość zastosowania może być ograniczona ze względu na specyfikację produktu.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

#### ***Cel wdrożenia***

Sprawność materiałowa.

### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

### **Bibliografia**

[150, FMP TWG 2018] [218, EUROFER 2020] [225, EUROFER 2021]

### **3.4.2.9 Obróbka zużytej emulsji walcowniczej.**

#### **Opis**

Odrzucony częściowy strumień z systemu oczyszczania obiegu emulsji jest odolejany w instalacji do rozdzielania emulsji na szlam olejowy i wodę, a następnie oczyszczona woda jest odprowadzana. Wydzielony, zawierający olej szlam może być wykorzystany w wielkich piecach lub bateriach koksowniczych w zintegrowanej hucie. [184, EUROFER 2018].

#### **Opis techniczny**

Dostępne zabiegi obejmują:

- termiczne: przez odparowanie i rozszczepienie z dodatkami chemicznymi;
- chemiczny: kwas podział, sól podział, połączone dawkowanie z koagulantów i polielektrolitów;
- flotacja;
- adsorpcja;
- elektrolityczne;
- filtracja membranowa (ultrafiltracja, odwrócona osmoza). Dodatkowe informacje na temat tych technik znajdują się w sekcji 8.9.

#### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszona emisja do wody.

#### **Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

### **Obróbka termiczna**

#### **Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

- Wysokie zużycie energii.
- Wymagana obróbka gazów odlotowych.
- Małe ChZT w ściekach [148, Woll - ZF Getriebe GmbH, 1995].

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Brak informacji.

### **Obróbka chemiczna**

#### **Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

- Wytwarzanie dodatkowych osadów neutralizacyjnych zawierających olej [27, DE,

- członek TWG, 1999].
- Zużycie środków chemicznych [148, Woll - ZF Getriebe GmbH, 1995].
- ChZT w ściekach [148, Woll - ZF Getriebe GmbH, 1995].

**Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

**Cel wdrożenia**

Brak informacji.

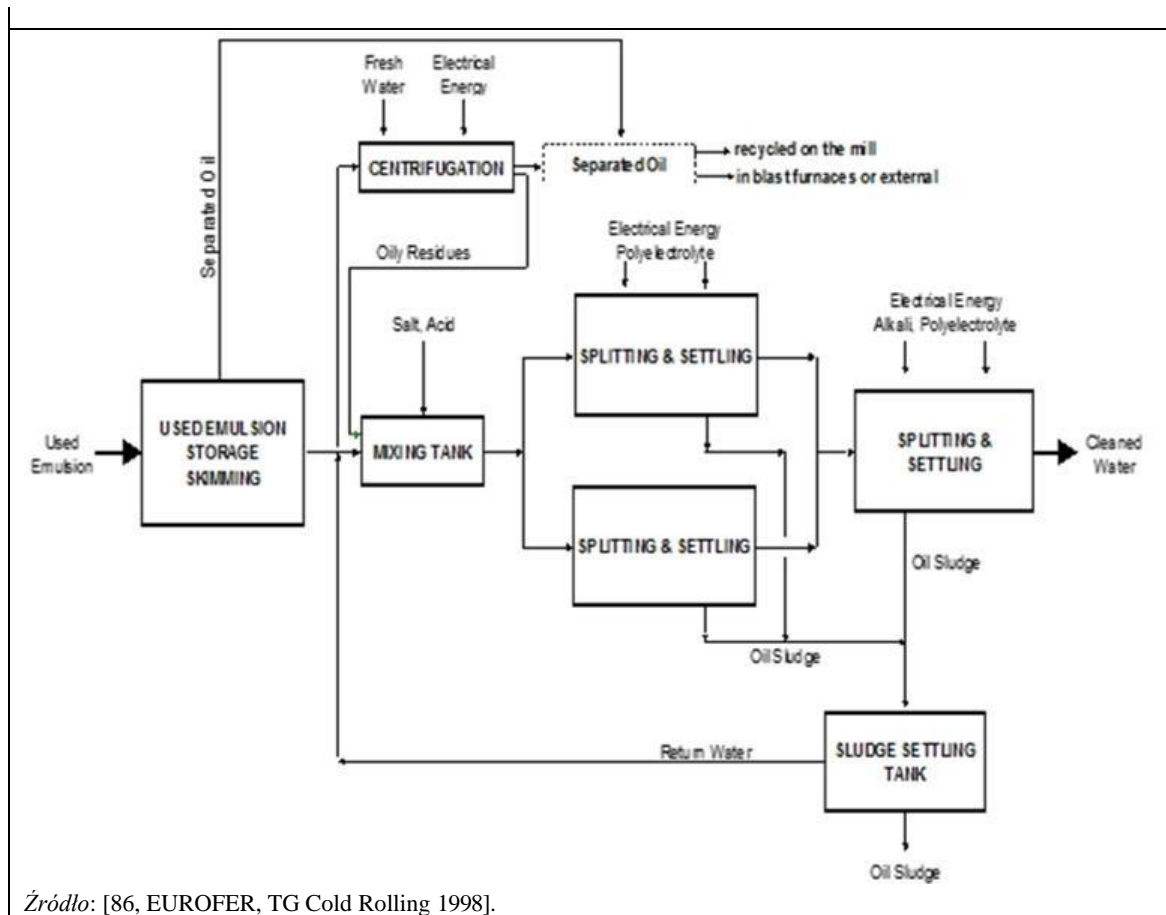
**Bibliografia**

[150, FMP TWG 2018][184, EUROFER 2018][27, DE, członek TWG, 1999] [148, Woll - ZF. Getriebe GmbH, 1995]

**Obróbka elektrolityczna**

**Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne**

Na rysunku 3.56 przedstawiono przykładowy układ rozszczepiania emulsji z wykorzystaniem rozszczepiania elektrolitycznego.



Rysunek 3.56: Układ rozdzielania emulsji wypalanej

Tabela 3.21: Dane operacyjne dla elektrolitycznego rozszczepiania emulsji

Poziom wejścia / zużycia	Walcarka tandem		Walcarka posobna	
Emulsja wypalona	5 - 13	kg/t	0.06	m <sup>3</sup> /t
Woda przemysłowa	0.5 - 1	kg/t	NI	

<b>Sól</b>	0.025 - 0.05	kg/t	0,125 (NaCl)	kg/t
<b>Polielektrolit</b>	0.003 - 0.005	kg/t	0.012	kg/t
<b>Al-Anodes</b>	0.003 - 0.006	kg/t	0.012	kg/t
<b>Energia elektryczna</b>	5 - 10	MJ/t	3 - 3.5	MJ/t
<b>Wyjście / poziom emisji</b>				
<b>Oczyszczone ścieki</b>	5 - 13	kg/t	0.06	m <sup>3</sup> /t
<b>Woda (-&gt; koksownia)</b>	NI		NI	
<b>Oleiste osady (usuwanie)</b>	0.1 - 0.3	kg/t	1.9	kg/t
<b>Osad oleisty (recykling wewnętrzny)</b>	2.5 - 3.5	kg/t	NI	
<b>Olej (+/- 20 % wody, wielki piec)</b>	1.3 - 2	kg/t	NI	
	<b>Stężenie [mg/l]</b>	<b>Emisja właściwa [kg/t produktu]</b>	<b>Stopień redukcji<sup>1</sup> [%]</b>	<b>Metoda analizy</b>
Substancje stałe ulegające osadzeniu	7 - 10	5.8 - 8 E -5	> 90	DIN 38409-H9
Węglowodory	6 - 18	5.2 - 18 E -5	> 90	DIN 38409-H18
Chlorki	800 -1400	6.7 - 10 E -3	NI	DIN 38405-D1
Siarczek	0.004 - 0.4	3.3 - 330 E -8	NI	DIN 38405-D26
NO <sub>2</sub>	8 -10	8 - 9 E -5	NI	DIN 38405-D19
Pb ogółem	0.03 - 0.3	2.65 - 27 E -7	> 90	DIN 38406
Jako całość	0.075 - 0.1	6.2 - 7.5 E -7	> 90	DIN 38406
Zn ogółem	0.08 - 1.6	6.6 - 132 E -7	> 90	DIN 38406
Ni ogółem	0.4 - 0.5	3.3 - 4 E -6	> 90	DIN 38406
Cr ogółem	0.008 - 0.4	6.6 - 2500 E -8	> 90	DIN 38406
Cu ogółem	0.06 - 0.4	5 - 33 E -7	> 90	DIN 38406
AOX	0.1 - 0.4	8.3 - 32 E -7	NI	DIN 38409-H14
BTX	0.02 - 0.08	1.7 - 6.6 E -7	NI	DIN 38407-F9
Temperatura	28 °C	NI	NI	Termometr
pH	7.6	NI	NI	DIN 38405-C5
Uwagi: - Źródło: [86, EUROFER, TG Cold Rolling 1998]. - Dane oparte na tygodniowym, proporcjonalnym do objętości, 24-godzinnym pobieraniu próbek NI = Brak informacji.				

### ***Efekty krzyżowe***

Cały olej zawarty w emulsji musi zostać usunięty w postaci szlamu

### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

### ***Cel wdrożenia***

Brak informacji.

### **Ultrafiltracja**

#### ***Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne***

- Nie wymaga dodatku chemicznego [116, Sidmar, 1999].
- Nie powstają oleiste osady [116, Sidmar, 1999].
- Prawie 100% olej usuwanie skuteczność, niezależna od dopływu oleju [116, Sidmar, 1999].

### ***Efekty krzyżowe***

Brak informacji.

### ***Aspekty ekonomiczne***



Redukcja kosztów.

### **Cel wdrożenia**

Brak informacji.

### **Przykładowe zakłady**

ArcelorMittal Ghent [184, EUROFER 2018]

Ogólna lista zakładów zgłaszających dowolną z technik obróbki zużytej emulsji walcowniczej: 08 CR, 45 CR, 94 CR, 102 CR, 110 CR1, 110 CR2, 116 CR, 128 CR, 158 CR, 159 CR, 179 CR, 180 CR1, 193 CR, 194 CR, 195 CR, 201 CR, 225 CR, 244 CR, 249 CR, w [150, FMP TWG 2018].

### **Bibliografia**

[150, FMP TWG 2018].

### **Bibliografia**

[116, Sidmar, 1999] [184, EUROFER 2018].

## **3.4.2.10 Odsysanie powietrza jak najbliżej źródła dla emisji z toczenia**

### **Opis**

Emisje z walcowania są zbierane, na przykład za pomocą wyciągu kapturowego lub wargowego. Do oddzielenia oleju od odsysanego powietrza stosuje się separatory zawierające przegrody, płyty uderzeniowe lub wkładki siatkowe.

### **Opis techniczny**

Emulsja walcownicza lub opary oleju walcowniczego z klatek walcowniczych są odciągane i przepuszczane przez separatory w celu oczyszczenia. Stosuje się separatory zawierające przegrody i płyty uderzeniowe lub wkładki siatkowe do oddzielania oleju od odciąganego strumienia powietrza, a w niektórych przypadkach stosuje się elektrofiltry. Odseparowana emulsja/olej może być zawrócona do układu emulsja/olej. [184, EUROFER 2018].

### **Korzyści dla środowiska**

- Redukcja oparów emulsji, skuteczność > 90 %.
- Ograniczenie emisji mgły olejowej z walcowania na zimno. [184, EUROFER 2018].

### **Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne**

Ogólnie rzecz biorąc, można osiągnąć emisję TVOC poniżej 10 mg/Nm<sup>3</sup> jako średnią roczną. [184, EUROFER 2018]. W tabeli 3.23 zestawiono dane dotyczące emisji TVOC dla walcarek tandem i posobnych w zbiorze danych FMP.

Tabela 3.22: Stężenia emisji TVOC w walcarkach tandem i posobnych

Substancja	Stężenia zgłoszone w okresie 3 lat - (mg/Nm <sup>3</sup> )				Liczba zakładów / liczba pomiarów
	Średnia	Mediana	Min.	Max.	
<b>Walcarki posobne</b>					
TVOC	4.0	3.5	0.1	10.2	5 / 20
<b>Walcarki tandem</b>					
TVOC	4.8	5.1	0.2	12.3	4 / 27

Źródło: [150, FMP TWG 2018].

### ***Efekty krzyżowe***

Olej odzyskany z separatorów może być poddany recyrkulacji, choć w niektórych przypadkach powrót oleju z filtrów emulsyjnych może być niemożliwy ze względu na złą jakość oleju (bakterie) [36, Hot Rolling Shadow Group 1999].

### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

### ***Cel wdrożenia***

Redukcja mgły olejowej do powietrza. [184, EUROFER 2018].

### ***Przykładowe zakłady***

- Walcarka posobna Outokumpu Tornio [158 CR], stosuje się zarówno separatory mechaniczne jak i elektrofiltry.
- Inne walcarki posobne: [225 CR] [144 CR] [116 CR] [88 CR]  
Walcarki tandem: [110 CR] [128 CR] [130 CR] [249 CR]

### ***Bibliografia***

[184, EUROFER 2018] [150, FMP TWG 2018]

## **3.4.3 Wyżarzanie**

### **3.4.3.1 Odtłuszczanie metodą kaskady odwrotnej**

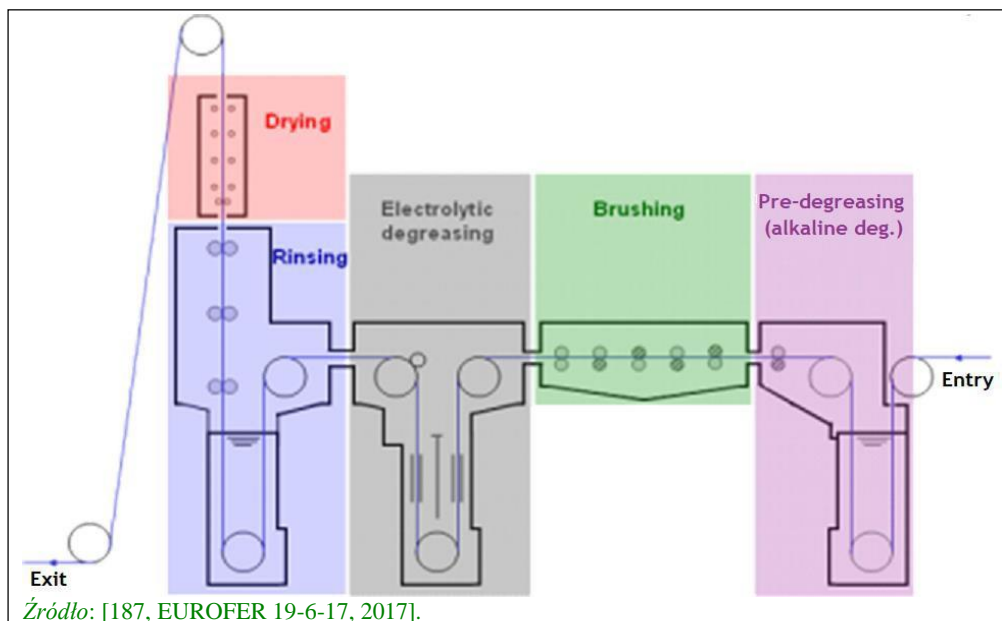
#### ***Opis***

Odtłuszczanie przeprowadza się w dwóch lub większej liczbie wanien w układzie szeregowym, gdzie wsad jest przemieszczany od najbardziej zanieczyszczonej wanny odtłuszczającej do najczystszej.

#### ***Opis techniczny***

Etap odtłuszczania jest ważny dla jakości końcowej taśmy wyżarzonej, ponieważ niewielkie ilości pozostałości oleju lub emulsji mogą prowadzić do niepożądanego odbarwienia powierzchni taśmy i obniżenia jakości produktu końcowego.

Operacja odtłuszczania przed wyżarzaniem i powlekaniami usuwa pozostałości oleju i drobiny żelaza pozostałe na taśmie po walcowaniu na zimno. Zazwyczaj w celu odtłuszczenia, taśma jest rozwijana i przechodzi kilka etapów, w tym odtłuszczanie wstępne, szcztokowanie, odtłuszczanie elektrolityczne, płukanie i suszenie (patrz Rysunek 3.57). Po zakończeniu tych procesów taśma jest ponownie zwijana. Ponowne wykorzystanie roztworów elektrolitów zmniejsza całkowity przepływ cieczy, który należy poddać obróbce. Zazwyczaj jest to realizowane za pomocą kaskad kąpielowych, gdzie świeży elektrolit użyty w sekcji elektrolitycznej jest ponownie wykorzystywany w poprzedzających sekcjach szcztokowania i wstępnego odtłuszczania. [187, EUROFER 19-6-17, 2017].



Rysunek 3.57: Proces odtłuszczenia klasycznego

***Korzyści dla środowiska***

Redukcja powstawania zużytego roztworu odtłuszczającego.

***Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

***Efekty krzyżowe***

Nie.

***Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania***

Generalnie nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

***Cel wdrożenia***

Obniżenie kosztów dzięki zwiększonej wydajności materiałowej.

***Przykładowe zakłady***

88 CR, 144 CR, 158 CR [150, FMP TWG 2018]

***Bibliografia***

[187, EUROFER 19-6-17, 2017] [150, FMP TWG 2018].

**3.4.3.2 Odtłuszczenie wstępne gorącą wodą**

***Opis***

Odtłuszczenie wstępne przeprowadza się przy użyciu gorącej wody w celu wyeliminowania pozostałości oleju i pyłu żelaznego z powierzchni końcowego produktu taśmowego.

***Opis techniczny***

Wstępne odtłuszczenie gorącą wodą jest etapem obróbki wstępnej, który służy wyeliminowaniu większości pozostałości oleistych, zmniejszając tym samym późniejsze zużycie sody odtłuszczającej.

Polega ono na usunięciu z powierzchni stali resztek oleju i cząstek pyłu żelaznego pochodzących z wcześniejszych etapów obróbki, zanim stal trafi do pieca do wyżarzania. Olej lub pył żelazny mogą bowiem niekorzystnie wpływać na piec i walce piecowe. Może to prowadzić do poważnych wad jakościowych, np. pojawienia się pick-upów na walcach piecowych. [187, EUROFER 19-6-17, 2017].

Zazwyczaj odłuszczenie gorącą wodą odbywa się w temperaturze od 60°C do 80°C. [187, EUROFER 19-6-17, 2017].

Woda może być podgrzewana, np. przez kocioł, z wykorzystaniem spalin z pieców do ciągłego wyżarzania HDG. [187, EUROFER 19-6-17, 2017].

#### ***Korzyści dla środowiska***

Brak informacji.

#### ***Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne***

Usuwane jest około 99 % resztek oleju.

#### ***Efekty krzyżowe***

Nie.

#### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

#### ***Cel wdrożenia***

Brak informacji.

#### ***Przykładowe zakłady***

158 CR [150, FMP TWG 2018]

#### ***Bibliografia***

[187, EUROFER 19-6-17, 2017] [150, FMP TWG 2018].

### **3.4.3.3 Palniki regeneracyjne lub rekuperacyjne do pieców do wyżarzania**

#### ***Opis***

Piece do wyżarzania wyposażone są w palniki regeneracyjne lub rekuperacyjne do wstępnego podgrzewania powietrza do spalania.

#### ***Opis techniczny***

Szczegółowy opis techniczny znajduje się w punkcie 8.5.4.3.

#### ***Korzyści dla środowiska***

Zmniejszenie zużycia energii.

#### ***Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne***

##### Wyżarzanie ciągle

Na podstawie 8 zakładów wyposażonych w rekuperatory lub palniki rekuperacyjne, zużycie energii zaobserwowane w zbiorze danych FMP wahało się od 657 MJ/t do 1422 MJ/t, przy średniej wartości 984 MJ/t.

##### Wyżarzanie partiami

Na podstawie 11 zakładów wyposażonych w rekuperatory lub palniki rekuperacyjne, zużycie energii

zaobserwowane w zbiorze danych FMP wahało się od 583 MJ/t do 1724 MJ/t, przy średniej wartości 882 MJ/t.

#### ***Efekty krzyżowe***

Potencjalny podwyższony poziom (stężenie) emisji NOx.

#### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Ma ogólne zastosowanie w ramach ograniczeń związanych z koniecznością kontroli emisji NOx.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

#### ***Cel wdrożenia***

Poprawa efektywności energetycznej.

#### ***Przykładowe zakłady***

144 CR, 158 CR [150, FMP TWG 2018]

#### ***Bibliografia***

[150, FMP TWG 2018].

### **3.4.3.4 Palnik Low-NOx do pieców do wyżarzania**

#### ***Opis***

Technika (w tym palniki ultra-low-NOx) opiera się na zasadach obniżania szczytowych temperatur płomienia. Mieszanie powietrza z paliwem zmniejsza dostępność tlenu i obniża szczytową temperaturę płomienia, opóźniając w ten sposób konwersję azotu związanego z paliwem do NOx i powstawanie termicznych NOx, przy zachowaniu wysokiej sprawności spalania.

#### ***Opis techniczny***

Szczegółowy opis techniczny znajduje się w punkcie 8.8.2.7.

#### ***Korzyści dla środowiska***

Zmniejszona emisja NOx.

#### ***Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne***

Tabela 3.23: Stężenia emisji NOx i CO w piecach do wyżarzania wsadowego

Substancja	Stężenia zgłoszone w okresie 3 lat (mg/Nm <sup>3</sup> )				Wykorzystane paliwo	Liczba zakładów / liczba pomiarów
	Średnia	Mediana	Min.	Max.		
NOx	204	193	34	315	100% NG	3 / 11
CO	29	19	3	88	100% NG	3 / 8
NOx	370	194	68	1260	100% BFG	1 / 9
CO	209	162	25	540	100% BFG	1 / 8

Wszystkie instalacje w tym zestawie danych stosowały wstępne podgrzewanie powietrza.  
Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Tabela 3.24: Stężenia emisji NOx i CO w piecach do ciągłego wyżarzania.

Substancja	Stężenia zgłoszone w okresie 3 lat (mg/Nm <sup>3</sup> )				Wykorzystane paliwo	Liczba zakładów / liczba pomiarów
	Średnia	Mediana	Min.	Max.		
NO <sub>x</sub>	323	349	82	488	100% NG	5 / 23
CO	120	93	3	290	100% NG	4 / 8
NO <sub>x</sub>	277	274	256	308	100% COG	1 / 8

Wszystkie instalacje w tym zestawie danych stosowały wstępne podgrzewanie powietrza.  
Źródło: [150, FMP TWG 2018].

### ***Efekty krzyżowe***

Brak informacji.

### ***Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania***

Możliwość zastosowania może być ograniczona w istniejących zakładach przez ograniczenia projektowe i/lub operacyjne.

### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

### ***Cel wdrożenia***

Przepisy dotyczące ochrony środowiska.

### ***Przykładowe zakłady***

Wyżarzanie wsadowe: [193 CR1] [193 CR2] [08 CR4] [08 CR5] [115CR1]

Wyżarzanie ciągłe: [130 CR2] [37 CR5] [94 CR1] [08 CR3] [98 CR1] [130 CR1]

### ***Bibliografia***

[15, CITEPA, 1994] [150, FMP TWG 2018].

## **3.4.3.5 Selektowna redukcja katalityczna (SCR) w liniach ciągłego wyżarzania**

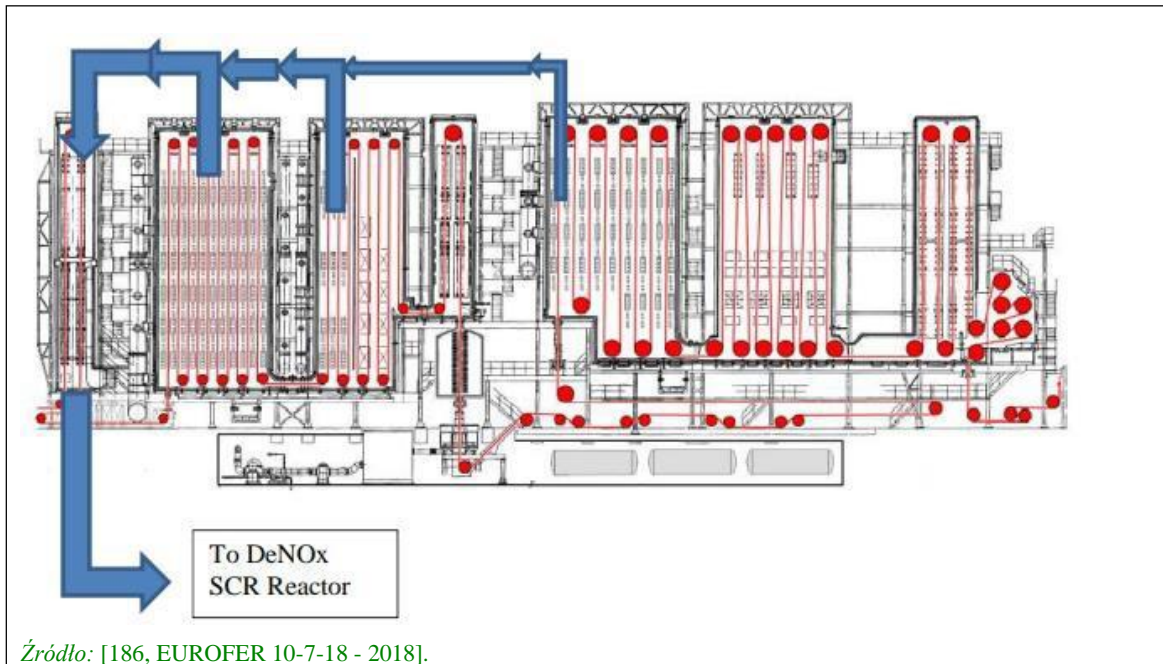
### ***Opis***

Technika SCR opiera się na redukcji NO<sub>x</sub> do azotu w złożu katalitycznym poprzez reakcję z mocznikiem lub amoniakiem w optymalnej temperaturze roboczej około 300-450 °C. Można zastosować kilka warstw katalizatora. Wyższą redukcję NO<sub>x</sub> uzyskuje się przy zastosowaniu kilku warstw katalizatora.

### ***Opis techniczny***

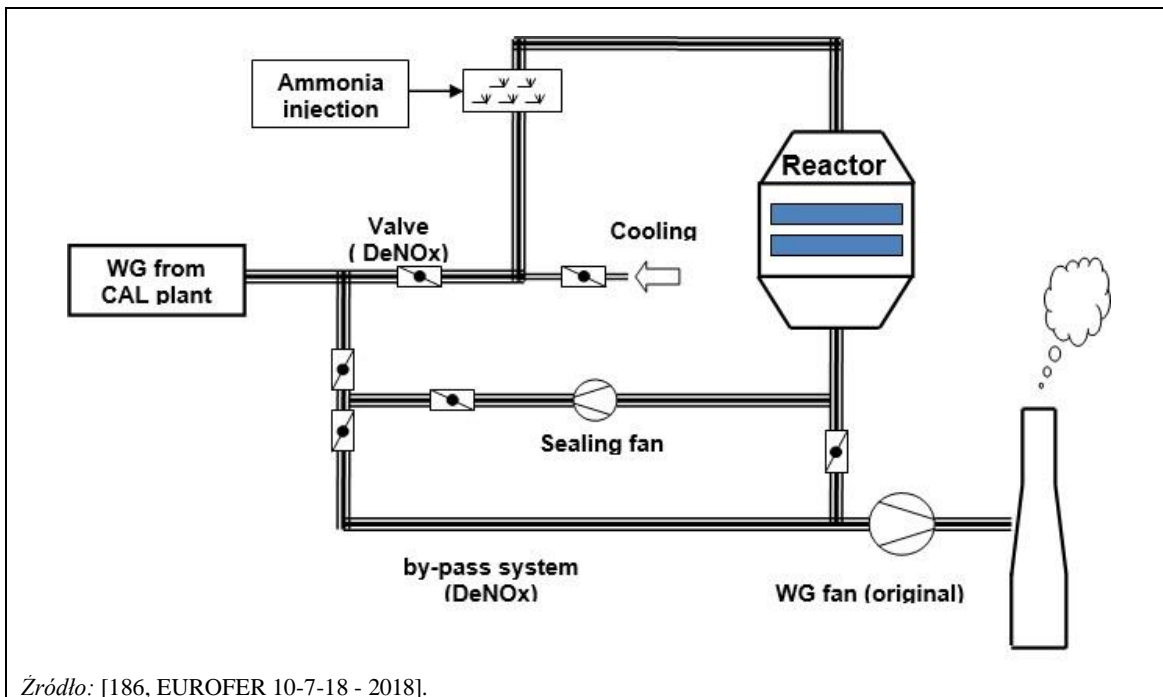
Ogólny opis techniki SCR przedstawiono w punkcie 8.8.2.12.

Gazy odlotowe z palników promiennikowych w piecu grzewczym linii ciągłego wyżarzania są przepuszczane przez instalację SCR w celu zmniejszenia zawartości NO<sub>x</sub>. Natężenie przepływu, temperatura i stężenie NO<sub>x</sub> w gazach odlotowych zależy od rodzaju produkowanych taśm i może zmieniać się bardzo szybko. Zanim gazy odlotowe dotrą do instalacji SCR, przechodzą przez sekcję pieca wstępnego ogrzewania, gdzie gorące gazy podgrzewają przychodzącą zimną taśmę. Wszelkie oleje na taśmie odparowują i są również porywane wraz z gazami odlotowymi przez instalację SCR. [186, EUROFER 10-7-18 - 2018]



Rysunek 3.58: Przegląd linii wyżarzania ciągłego w walcowni zimnej SSAB Borlänge (Szwecja)

W reaktorze SCR reakcja zachodzi pomiędzy trzema warstwami katalizatora ( $V_2O_5$  i  $TiO_2$ ), gdzie do gazów odlotowych wtryskiwany jest roztwór zawierający 25%  $NH_3$ . Ponieważ temperatura robocza katalizatora mieści się w przedziale od  $160^\circ C$  do  $400^\circ C$ , wstrzykiwanie roztworu  $NH_3$  będzie miało miejsce tylko wtedy, gdy temperatura gazów odlotowych będzie w tym zakresie. W przypadku bardzo wysokich temperatur stosuje się wentylator chłodzący powietrze, aby utrzymać temperaturę w tych granicach. Poniżej  $100^\circ C$  lub powyżej  $400^\circ C$ , gazy odlotowe przechodzą przez system by-passów w celu ochrony katalizatora. Najlepszą wydajność osiąga się, gdy temperatura gazów odlotowych mieści się w zakresie od  $160^\circ C$  do  $400^\circ C$  przy stabilnym natężeniu przepływu.



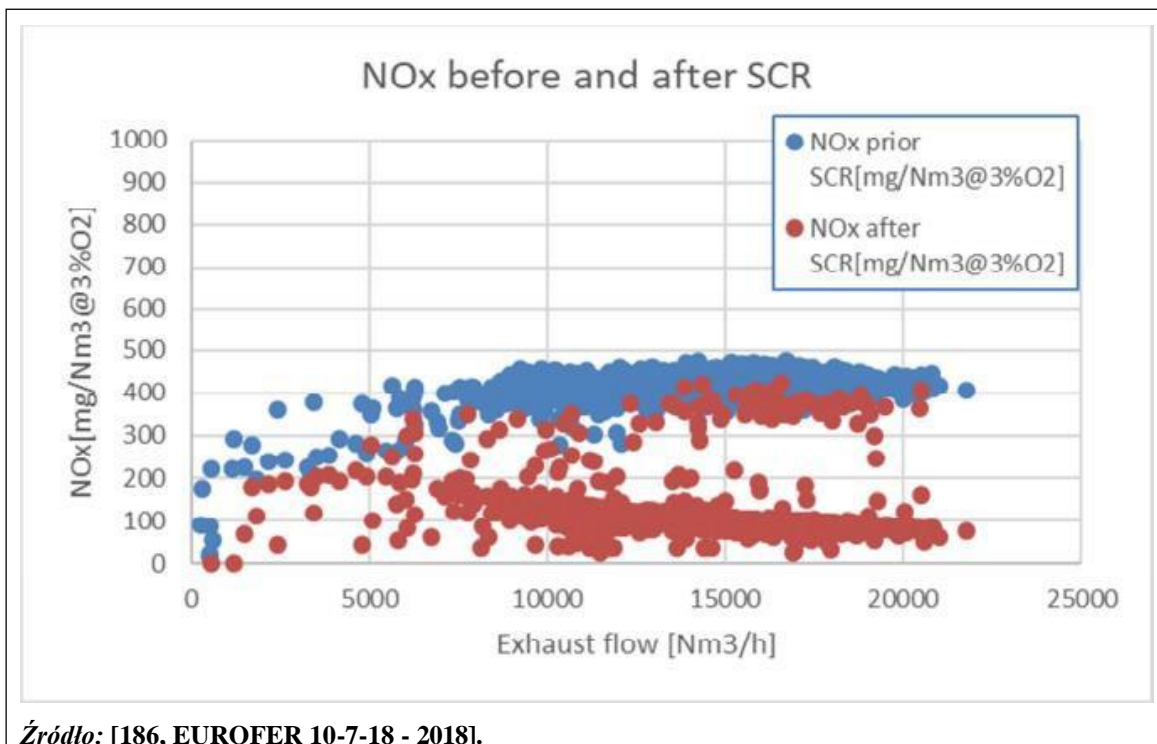
Rysunek 3.59: Schemat oczyszczania gazów odlotowych z linii ciągłego wyżarzania w walcowni zimnej SSAB Borlänge (Szwecja) przy użyciu SCR.

**Korzyści dla środowiska**

Zmniejszona emisja NOx.

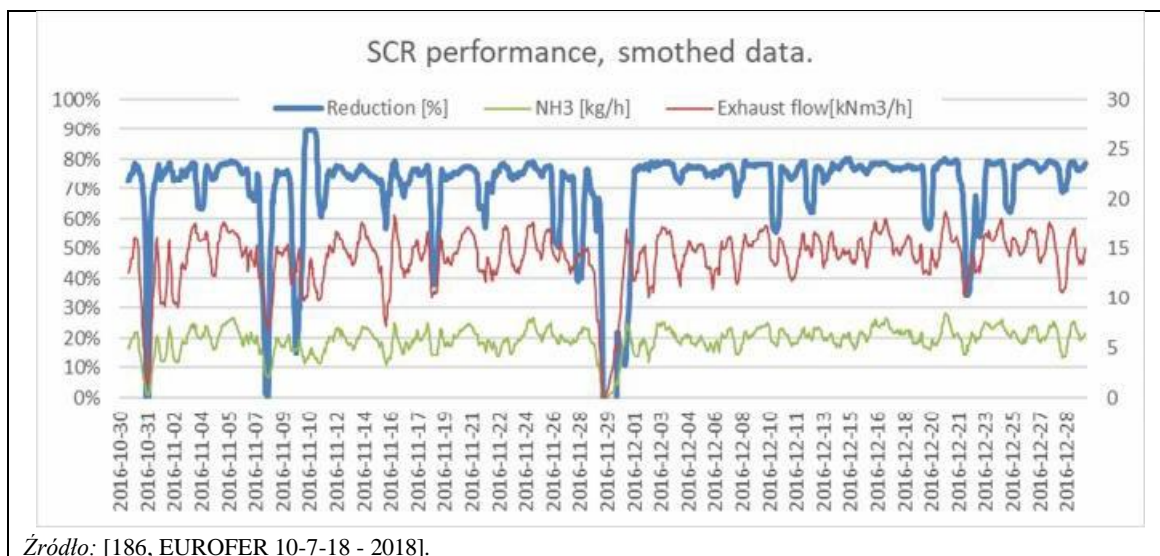
**Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne**

W 2016 r. zakład 244 (walcownia zimna SSAB Borlänge - Szwecja) w zbiorze danych FMP zgłosił stężenia emisji NOx w zakresie od 80 do 200 mg.Nm<sup>3</sup>, przy średniej wartości 113 mg / Nm<sup>3</sup>, i średnim natężeniu przepływu spalin 12 500 Nm<sup>3</sup> /h.



Rysunek 3.60: Stężenia emisji NOx w walcowni zimnej SSAB Borlänge (Szwecja) przed i po zastosowaniu systemu redukcji emisji SCR

Rysunek 3.61 podsumowuje sprawność redukcji emisji systemu SCR wraz ze zużyciem amoniaku i natężeniem przepływu spalin w walcowni zimnej SSAB Borlänge. Ogólnie osiągnięta jest sprawność redukcji emisji na poziomie 75%.





Rysunek 3.61: Skuteczność redukcji emisji systemu SCR (%), zużycie amoniaku wyrażone w kg/h i natężenie przepływu spalin wyrażone w kNm<sup>3</sup> /h w walcowni zimnej SSAB Borlänge (Szwecja)

#### ***Efekty krzyżowe***

Wymaga wtrocku roztworu amoniaku (25%) oraz aspektów środowiskowych i bezpieczeństwa związanych z tym medium. Spowoduje to wytworzenie poślizgu amoniaku z nieprzereagowanym amoniakiem przechodzącym przez proces SCR. Pomiar NH<sub>3</sub> podczas pierwszych lat eksploatacji w SSAB wykazały, że stężenia emisji w zakresie 2-3 ppm NH<sub>3</sub>.

#### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

System SCR zbudowany jako niezależna jednostka wymaga znacznej przestrzeni. W przypadku modernizacji istniejących instalacji, w niektórych przypadkach może to powodować ograniczenia. Dlatego możliwość zastosowania w istniejących zakładach może być ograniczona brakiem miejsca.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Całkowite koszty redukcji NO<sub>x</sub> za pomocą redukcji katalitycznej muszą obejmować koszty inwestycyjne, koszty bieżące i utrzymanie. Na podstawie walcowni zimnej SSAB Borlänge, całkowite koszty tej techniki szacuje się na około 13 euro za kg zredukowanego NO<sub>x</sub>.

#### ***Cel wdrożenia***

Przepisy dotyczące ochrony środowiska.

#### ***Przykładowe zakłady***

[SSAB Borlänge - Zakład 244 CR] [150, FMP TWG 2018].

#### ***Bibliografia***

[150, FMP TWG 2018] [186, EUROFER 10-7-18 - 2018]

### **3.4.3.6 Odzysk ciepła do ogrzewania kąpeli odtłuszczającej**

#### ***Opis***

Ciepło zawarte w spalinach pieców do wyżarzania jest odzyskiwane i wykorzystywane do ogrzewania kąpeli odtłuszczających. [187, EUROFER 19-6-17, 2017].

#### ***Opis techniczny***

W liniach wyżarzania ciepło odpadowe może być wykorzystywane nie tylko do wstępnego podgrzewania powietrza do spalania, ale także do podgrzewania kąpeli odtłuszczających. W tym przypadku należy wziąć pod uwagę, że na produkcję pary wpływa mieszanka produktów (a w przypadku zatrzymania linii nie występuje produkcja pary). Z tego powodu to źródło energii musi być zintegrowane z zakładową siecią parową, aby zapewnić stałe ciśnienie/przepływ. Możliwość produkcji gorącej wody lub pary jest związana z temperaturą spalin; jest to możliwe w przypadku palników rekuperacyjnych, ale nie jest możliwe w przypadku palników regeneracyjnych. Technika ta może być stosowana zarówno w przypadku linii do ciągłego wyżarzania, jak i do powlekania na gorąco. [187, EUROFER 19-6-17, 2017].

#### ***Korzyści dla środowiska***

Zmniejszone zużycie energii.

#### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

##### Wyżarzanie ciągle

W zbiorze danych podano zużycie energii w zakresie od 945 MJ/t do 1200 MJ/t.

##### Wyżarzanie partiami

Zużycie energii w wysokości 584 MJ/t zostało zgłoszone przez jeden zakład z kolekcji danych przy użyciu tej techniki.

#### ***Efekty krzyżowe***

Nie.

#### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Generalnie nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

#### ***Cel wdrożenia***

Efektywność energetyczna.

#### ***Przykładowe zakłady***

CBI.

#### ***Bibliografia***

[187, EUROFER 19-6-17, 2017] [150, FMP TWG 2018].

### **3.4.4 Wygładzanie**

#### **3.4.4.1 Optymalizacja aplikacji emulsji do systemów walcowania na mokro**

##### ***Opis***

W procesie walcowania z wygładzaniem na mokro, emulsje wygładzające są nakładane na powierzchnię taśmy za pomocą dysz natryskowych w celu zminimalizowania rozpylania, a wzory natryskiwania są zoptymalizowane do szerokości taśmy w celu zmniejszenia emisji i zużycia oleju.

##### ***Opis techniczny***

Walcowanie wygładzające na mokro polega na nałożeniu emulsji (np. płynu wygładzającego) na wyżarzoną taśmę przed i podczas etapu walcowania. Walcowanie wygładzające jest niezbędne do osiągnięcia wymaganych właściwości metalurgicznych, takich jak twardość, granica plastyczności powierzchni i wydłużenie. Sposób nakładania emulsji do walcowania wygładzającego na powierzchnię taśmy jest optymalizowany w celu zmniejszenia emisji i zużycia oleju.

W praktyce podejmowane są następujące działania:

- ***Zastosowanie oprysków niskociśnieniowych do emulsji:***  
Atomizacja emulsji do walcowania temperowego musi być zminimalizowana poprzez zastosowanie odpowiedniego typu dysz natryskowych przy odpowiednim ciśnieniu.
- ***Dostosuj ilość dysz emulsyjnych do szerokości taśmy:***  
Ponieważ emulsja do walcowania temperowego nie jest poddawana recyklingowi, optymalizacja wzorów natrysku zmniejsza zużycie emulsji.

##### ***Korzyści dla środowiska***

- Zmniejszona emisja oleju.
- Zmniejszone zużycie oleju.

##### ***Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

##### ***Efekty krzyżowe***

Nie.

#### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Sprawność materiałowa.

### **Przykładowe zakłady**

08 CR, 37 CR, 45 CR, 88 CR, 102 CR, 105 CR, 110 CR2, 115 CR, 116 CR, 122 CR, 128 CR, 130 CR, 144 CR, 159 CR, 179 CR, 180 CR1, 193 CR, 194 CR, 201 CR, 209 CR, 225 CR, 244 CR, 246 CR1, 249 CR, [150, FMP TWG 2018]

### **Bibliografia**

[150, FMP TWG 2018].

#### **3.4.4.2 Wygladzanie na sucho i smarowanie o małej objętości przy wygladzaniu na mokro**

##### **Opis**

Przy wygladzaniu na sucho nie stosuje się wody ani smarów.

W przypadku wygladzania na mokro stosuje się układy smarowania o małej objętości, aby dostarczyć dokładnie taką ilość smarów, jaka jest potrzebna do zmniejszenia tarcia między walcami roboczymi a materiałem wsadowym.

##### **Opis techniczny**

Wygladzanie (np. frezowanie po obwodzie) jest etapem obróbki taśm stalowych po wyżarzaniu w celu rekrytalizacji. Frezowanie po przejściu przez skórę przeprowadza się w celu osiągnięcia następujących celów: precyzyjnego dostosowania właściwości mechanicznych, poprawy płaskości taśmy i nadania określonej struktury powierzchni. Walcarki wygladzające mogą pracować w trybie mokrym lub suchym. Istnieją zastosowania, w których stosuje się tylko wygladzanie na mokro (np. szczególnie przy większych wydłużeniach) oraz inne, w których odpuszczanie na mokro nie może być stosowane.

Walcarki wygladzające istnieją jako samodzielne obiekty lub są instalowane za piecem ciągłym linii do ciągłego wyżarzania cynku ogniowego w celu obróbki w linii wyżarzonej taśmy stalowej. W zależności od rodzaju produktów, Walcarki wygladzające mogą być skonfigurowane jako walcarki duo, kwadro, sześciopodporowe lub X-podporowe. W przypadku konfiguracji z czterema klatkami walcowymi, bardzo powszechnego układu w czasie pisania tego dokumentu, istnieją dwa walce rezerwowe i dwa walce robocze. Średnica walca roboczego i struktura powierzchni mogą być dobrane w zależności od gatunku stali, wymiaru taśmy i wymagań klienta. [188, EUROFER 31-5-17, 2017].

##### **Wygladzanie na sucho**

W trybie suchym do smarowania nie jest wykorzystywana woda ani żadne medium płynne. [188, EUROFER 31-5-17, 2017].

W przypadku obróbki stali niepowlekanej (np. podczas frezowania w trybie wygladzania w linii ciągłego wyżarzania) preferowana jest praca walcarki wygladzającej w „trybie suchym”. Oznacza to, że do czyszczenia walców podporowych i roboczych nie stosuje się wody ani żadnego innego rodzaju płynu. Chociaż tryb suchy jest bardzo skuteczny, aby uniknąć punktów rdzy, niestety zwiększa ilość cząstek, które mogą powodować wady powierzchni. W szczególności ma to miejsce, gdy pył pochodzący ze zużycia walców i taśmy nie jest wystarczająco usuwany z walcarki wygladzającej z powodu braku środka czyszczącego. [188, EUROFER 31-5-17, 2017].

Najnowsze osiągnięcia w zakresie frezowania (na sucho) z przejściem przez skórę koncentrują się na przetwarzaniu stali o rosnącej wytrzymałości (np. tak zwanych zaawansowanych stali wysokowytrzymałych, AHSS), unikaniu wad jakościowych (np. zabrudzeń na powierzchni stali) oraz spełnianiu specyfikacji dotyczących wyglądu powierzchni stali w zastosowaniach o wysokiej jakości (np. zewnętrzne części paneli samochodowych). Dlatego też istniejące samodzielne lub pracujące w linii walcarki wygladzające muszą być stale modernizowane. Dodatkowo, drobna struktura powierzchni stosowanych walców roboczych stanowi podstawę do ciągłego rozwoju w zakresie nowych metod

teksturowania i/lub poprawy właściwości powierzchniowych przetwarzanych taśm stalowych. [188, EUROFER 31-5-17, 2017].

### ***Smarowanie o małej objętości przy wygładzaniu na mokro***

Nowe rozwiązania w zakresie eksploatacji mokrych walców wygładzających obejmują również zastosowanie niskoobjętościowych systemów smarowania oraz ciekłego azotu do czyszczenia powierzchni taśmy i walców roboczych. Stosując niskoobjętościowy system smarowania, środek smarujący jest aplikowany na wejściu do stanowiska wygładzającego, zmniejsza to tarcie w szczelinie walca i poprawia płaskość, jednocześnie minimalizując zużycie oleju. [167, Holz et al., 2010].

W odniesieniu do wygładzania stali nierdzewnej, cel jest dwójaki: aby poprawić płaskość taśmy po ostatnim etapie wyżarzania i zwiększyć jasność w celu uzyskania szklistego aspektu (2B wykończenie) lub lustro (2R jasne wyżarzone wykończenie). Jest to najczęściej przeprowadzane przy użyciu 2-walcowej walcarki posobnej w warunkach suchych, ponieważ zmniejszenie grubości na przejściu jest bardzo mały i proces jest atermiczny. Inną możliwością jest zintegrowanie walcarki wygładzającej na końcu linii ciągłego wyżarzania w postaci dwóch zestawów walców mostkowych. W przypadku tych linii wygładzania może polegać na zastosowaniu mieszaniny wody i dodatków. Technika ta może być jednak stosowana jedynie z ograniczeniami wynikającymi z wymagań jakościowych i wykończeniowych stali nierdzewnej [225, EUROFER 2021].

### ***Korzyści dla środowiska***

- Zapobieganie emisji mgły olejowej / TVOC do powietrza.
- Brak zużycia oleju w przypadku walcarek z wygładzaniem na sucho.
- Zmniejszone zużycie oleju w przypadku walcarek wygładzających wyposażonych w niskoobjętościowe układy smarowania.

### ***Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

### ***Efekty krzyżowe***

- Podczas wygładzania na sucho powstają emisje do powietrza.
- Wygładzanie na sucho wymaga systemu odprowadzania spalin i generuje odpady (pył z filtrów).

### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

- Wygładzanie na sucho nie dotyczy wyrobów opakowaniowych z blachy oraz innych wyrobów o wysokich wymaganiach dotyczących wydłużenia.
- W przypadku smarowania o małej objętości przy wygładzaniu na mokro, w przypadku stali nierdzewnej możliwość zastosowania może być ograniczona ze względu na specyfikacje produktu.

### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

### ***Cel wdrożenia***

- Zapobieganie emisji mgły olejowej / TVOC do powietrza.
- Zwiększona wydajność materiałowa.

### ***Przykładowe zakłady***

ThyssenKrupp Steel Europe, Dortmund, stanowisko czterowysokościowe ze smarowaniem niskociśnieniowym i ciekłym azotem (Zakład 130 CR w zbiorze danych).

Inne przykładowe zakłady w zbiorze danych: [37 CR][17 CR] [116 CR2] [98 CR2].

### ***Bibliografia***

[188, EUROFER 31-5-17, 2017] [167, Holz et al., 2010] [225, EUROFER 2021]

### 3.4.4.3 Czyszczenie emulsji walcarki wygładzającej

#### **Opis**

Emulsje wygładzające zawierające tylko kilka procent objętościowych oleju są stosowane jako środek smarujący i chłodzący walce w hutach do wygładzania blach. Emulsje po użyciu są poddawane obróbce w celu oddzielenia oleju od wody. [184, EUROFER 2018].

#### **Opis techniczny**

Emulsje z walcarki wygładzającej oraz woda z wysokociśnieniowego czyszczenia walców są zbierane razem w wannie znajdującej się pod walcarką wygładzającą. Z wanny olej wodny jest pompowany do separatora oleju. Ten nowy roztwór składający się z wody czyszczącej pod wysokim ciśnieniem, emulsji walcarki wygładzającej i cząstek cynku jest przesyłany do oczyszczania ścieków. Do oczyszczania dostępne są różne techniki, głównie [184, EUROFER 2018]:

- mechaniczne (np. wirowanie);
- chemicznych (np. rozszczepianie emulsji).

#### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszona emisja do wody.

#### **Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne**

Objętość odpadów może być zmniejszona o 10% do 20%. Zazwyczaj emulsja zawierająca 5% oleju może być zagęszczona do osadu zawierającego ponad 90% czystego oleju.

Wymagana czystość wody do czyszczenia pod wysokim ciśnieniem jest bardzo wysoka. Można się spodziewać zatkania, jeśli ścieki z walcarki wygładzającej zostaną ponownie wykorzystane. [184, EUROFER 2018].

#### **Efekty krzyżowe**

Zużycie energii i surowców.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Wysokie koszty inwestycyjne i średnie koszty eksploatacji.

#### **Cel wdrożenia**

- Wymagania środowiskowe.
- Wymagania dotyczące kosztów.
- Wzrost plonu i wymagania jakościowe.
- Skoncentrowany olej może być łatwo stosowany w instalacji pierwotnej (np. wielkie piece, spiekalnie, koksownie) w celu zwiększenia gęstości nasypowej koks. [184, EUROFER 2018].

#### **Przykładowe zakłady**

08 CR-L1, 37 CR-L1, 45 CR-L1, 105 CR-L1, 110 CR1-L1, 110 CR2-L1, 115 CR-L1, 116 CR-L1, 122 CR-L1, 128 CR-L1, 130 CR-L1, 158 CR-L1, 159 CR-L1, 179 CR-L1, 193 CR-L1, 194 CR-L1, 195 CR-L1, 209 CR-L1, 225 CR-L1, 244 CR-L1, 246 CR1-L1, 246 CR2-L1, 249 CR-L1. [150, FMP TWG 2018]

#### **Bibliografia**

[184, EUROFER 2018] [150, FMP TWG 2018]

#### 3.4.4.4 Odsysanie powietrza jak najbliżej źródła emisji z wygładzania na mokro

##### **Opis**

Emisje z wygładzania na mokro są zbierane, na przykład za pomocą wyciągu kapturowego lub wargowego. Gazy odlotowe są oczyszczane za pomocą odpylacza i/lub separatora mgły olejowej.

##### **Opis techniczny**

Mgła olejowa przy wygładzaniu na mokro jest odsysana jak najbliżej źródła przez układ wydechowy, np. za pomocą wyciągu kapturowego lub wargowego. Mgła olejowa jest oczyszczana za pomocą odpylacza i/lub separatora mgły olejowej.

##### **Korzyści dla środowiska**

Ograniczenie emisji węglowodorów do powietrza. [184, EUROFER 2018].

##### **Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne**

Na podstawie danych dotyczących emisji zgłoszonych przez dwa zakłady ze zbioru danych FMP, emisje TVOC mieściły się w zakresie od 2,3 do 9,4 mg / Nm<sup>3</sup>, przy średniej wartości 5,4 mg /Nm<sup>3</sup>. [150, FMP TWG 2018]

##### **Efekty krzyżowe**

- Zwiększone zużycie energii. [184, EUROFER 2018].
- Generowanie pozostałości osadów, które muszą być poddane recyklingowi lub usunięte na zewnątrz. [184, EUROFER 2018].

##### **Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania**

Generalnie nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

##### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

##### **Cel wdrożenia**

Redukcja emisji mgły olejowej.

##### **Przykładowe zakłady**

[249 CR6] [179 CR3]

##### **Bibliografia**

[15, CITEPA, 1994] [184, EUROFER 2018].

#### 3.4.4.5 Odsysanie powietrza i ograniczanie emisji przy wygładzaniu na sucho

##### **Opis**

Emisje są odciągane jak najbliżej źródła, np. za pomocą wyciągu kapturowego lub wargowego. Odsysane powietrze jest oczyszczane przez filtr tkaninowy.

##### **Opis techniczny**

Pył z walcarek do wygładzania na sucho jest odsysany jak najbliżej źródła poprzez system odciągowy, np. za pomocą okapu lub odciągu wargowego. Pył jest redukowany przez filtr tkaninowy.

##### **Korzyści dla środowiska**

Ograniczenie emisji pyłów do powietrza. [184, EUROFER 2018].

##### **Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne**

Na podstawie danych dotyczących emisji zgłoszonych przez dwa zakłady eksploatujące walcarki

do wygładzania na sucho w zbiorze danych FMP, dla emisji TVOC zgłoszono średnią wartość 6 mg /Nm<sup>3</sup> . [150, FMP TWG 2018].

#### ***Efekty krzyżowe***

- Zwiększone zużycie energii. [184, EUROFER 2018].
- Generowanie suchych pozostałości, które muszą być poddane recyklingowi lub usunięte na zewnątrz. [184, EUROFER 2018].

#### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Generalnie nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

#### ***Cel wdrożenia***

Brak informacji.

#### ***Przykładowe zakłady***

[116 CR2] [98 CR2] [150, FMP TWG 2018]

#### ***Bibliografia***

[15, CITEPA, 1994] [184, EUROFER 2018][150, FMP TWG 2018]

### **3.4.5 Wykańczanie**

#### **3.4.5.1 Odsysanie powietrza jak najbliższej źródła**

##### ***Opis***

Emisje mgły olejowej z operacji wykończeniowych związanych z natłuszczaniem natryskowym są odciągane jak najbliższej źródła, na przykład za pomocą wyciągu kapturowego lub odciągu wargowego, i są oczyszczane za pomocą odpylacza.

##### ***Opis techniczny***

Emisja oleju, która powstaje w wyniku natryskiwania mgły olejowej na listwy w celach konserwatorskich, może być zmniejszona przez okapy odciągowe lub odciąg wargowy, a następnie demister i elektrofiltr. Olej wychwycony w eliminatorze mgły olejowej może być ponownie wprowadzony do procesu natłuszczania. Mimo to natłuszczanie natryskowe jest stosowane rzadziej, a zamiast niego stosuje się natłuszczanie elektrostatyczne.

##### ***Korzyści dla środowiska***

- Redukcja emisji nieorganizowanej mgły olejowej.
- Zmniejszone zużycie oleju.

##### ***Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne Przykład***

Za pomocą opisanego środka możliwe jest prawie całkowite wychwycenie mgły powstającej podczas natłuszczania (ocena wizualna: wszystkie widoczne emisje są wychwytywane). Skuteczność eliminatora mgły olejowej została określona na 72 %. Pomiar gazów odlotowych wykazały stężenie kropel oleju za eliminatorem mgły, ale przed EP, wynoszące do 296 mg/m<sup>3</sup> (średnio 104 mg/m<sup>3</sup> ). Maksymalne stężenie zmierzone po EP wynosiło 6,3 mg/m<sup>3</sup> przy średniej emisji 3,0 mg/m<sup>3</sup> . Skuteczność EP wynosiła od 97 % do 98 %. Zawartość węgla w nieobniżonym gazie odpadowym zmierzono 17,5-21,3 mg/m<sup>3</sup> ; po EP około 10,6-11,9 mg/m<sup>3</sup> . [137, Batischet al., 1996].

##### ***Efekty krzyżowe***

Nie.

#### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

#### ***Cel wdrożenia***

Brak informacji.

#### ***Przykładowe zakłady***

Zakłady wykorzystujące wychwytywanie i ograniczanie mgieł olejowych: [115 CR] i [244 CR].

Zakłady stosujące natłuszczanie elektrostatyczne: [08 CR] [94 CR] [110 CR2] [111 CR] [115 CR] [128 CR]

[159 CR] [195 CR]

#### ***Bibliografia***

[137, Batisch et al., 1996].

### **3.4.5.2 Odsysanie powietrza jak najbliżej źródła emisji z wyrównywania izgrzewania**

#### ***Opis***

Emisje z wyrównywania i zgrzewania są zbierane np. za pomocą odciągu kapturowego lub wargowego. Emisje cząstek stałych są ograniczane za pomocą filtrów tkaninowych.

#### ***Opis techniczny***

Emisje cząstek stałych ze spawania i wyrównywania są wychwytywane przez okapy i ograniczane przez filtry tkaninowe. [15, CITEPA, 1994].

#### ***Korzyści dla środowiska***

Ograniczenie emisji do powietrza, zwłaszcza pyłu ulotnego.

#### ***Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne***

- Emisje pyłu ze zgrzewania zgłoszone przez jeden zakład [ArcelorMittal Ghent, BE] przy użyciu filtra tkaninowego wahały się od 0,3 mg/Nm<sup>3</sup> do 3,4 mg/Nm<sup>3</sup>. [150, FMP TWG 2018]
- Inny zakład produkujący siatki zgrzewane [Alfa Acciai S.p.A., IT] zgłosił emisje pyłu w granicach od 0,2 mg/Nm<sup>3</sup> do 5,4 mg/Nm<sup>3</sup>. W zakładzie tym stosowano również filtr tkaninowy. [150, FMP TWG 2018].

#### ***Efekty krzyżowe***

- Zwiększone zużycie energii.
- Generowanie odpadów (pył z filtrów).

#### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Może nie mieć zastosowania do zgrzewania w przypadku niskich poziomów wytwarzania pyłu, np. poniżej 50 g/h. W przypadku zgrzewania zebrane dane wykazały, że trzy zakłady CR zgłosiły bardzo różne strumienie masy pyłu (tj. zakład 37-CR1: 20 g/h, zakład 94-CR1: 14 g/h i 37-CR2: 97 g/h). Ogólnie rzecz biorąc, emisje pyłu ze zgrzewania w walcowaniu na zimno są stosunkowo niskie (pod względem stężeń i przepływów masowych), ale w niektórych przypadkach mogą wystąpić bardziej znaczące emisje. Dlatego też uznano za właściwe włączenie progę przepływu masowego wynoszącego



50 g/h, powyżej którego do kontroli emisji pyłu stosuje się odciąganie i ograniczanie. Emisje pyłu w walcowaniu na zimno można obniżyć za pomocą spawania laserowego (zob. sekcja 3.4.1.1), w tym przypadku ograniczanie emisji może nie być konieczne, pod warunkiem że masowe przepływy pyłu wynoszą poniżej 50 g/h.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Worki są wymieniane, gdy na workach zaczynają pojawiać się pęknięcia. Zmiana ta zajmuje około 50 roboczogodzin i wymaga zatrzymania linii trawienia przez co najmniej dwie zmiany - koszt wynosi około 10 000 EUR. [141, Vanroosbroeck, 1999].

#### ***Cel wdrożenia***

Brak informacji.

#### ***Przykładowe zakłady***

Zakłady 37 i 202. [150, FMP TWG 2018]

#### ***Bibliografia***

[15, CITEPA, 1994] [141, Vanroosbroeck, 1999] [150, FMP TWG 2018].

### **3.4.6 Warsztat walców**

#### **3.4.6.1 Czyszczenie i ponowne użycie emulsji do szlifowania**

##### ***Opis***

Emulsje do szlifowania są przetwarzane za pomocą separatorów lamelowych lub magnetycznych lub za pomocą procesu sedymentacji/klarowania w celu usunięcia szlamu mielącego i ponownego wykorzystania emulsji do szlifowania.

##### ***Opis techniczny***

Główną funkcją emulsji szlifierskiej jest chłodzenie podczas szlifowania i usuwanie szlamu szlifierskiego zawierającego pozostałości po procesie szlifowania (ścieranie kamienia szlifierskiego i walca metalowego). Cyrkulacja dostosowanej do potrzeb emulsji na bazie wody z dodatkami przechodzi przez sekcje czyszczące, aby zapewnić bezreszkową ponowną aplikację do procesu szlifowania. Aby uniknąć zanieczyszczenia emulsją walców, walce są zwykle wcześniej czyszczone. Aby utrzymać emulsję szlifierską przez długi czas w systemie obiegowym, do czyszczenia emulsji szlifierskiej można stosować różne techniki w celu usunięcia osadu szlifierskiego. [184, EUROFER 2018].

Poniżej opisano główne techniki dostępne do oczyszczania emulsji szlifierskich: [Separator lamelowy](#). Wysoka koncentracja ciał stałych w klarowniku wpływa na każdą pojedynczą cząstkę, w wyniku czego prędkość sedymentacji jest podobna dla wszystkich cząstek. Oddzielone cząstki są okresowo odprowadzane przez automatyczny przenośnik szlamu, dzięki czemu ręczne czyszczenie zbiornika jest zbędne. Wysokość osiadania w osadniku jest zredukowana dzięki nachylnym powierzchniom osadczym. Powierzchnie te tworzą pojedyncze kanały rozciągające się na całej szerokości komory sedymentacyjnej. Kanały mają wysokość 20 mm i są samoczyszczące. Podczas gdy oczyszczone medium wznosi się na szczyt kanału, oddzielone cząstki opadają do przenośnika osadu. [184, EUROFER 2018].

##### **Separatory magnetyczne**

Separatory magnetyczne mogą być stosowane w układzie recyrkulacyjnym do odzyskiwania osadów szlifierskich. Jednakże skażenie bakteryjne może skrócić ich żywotność. W związku z tym stosuje się dodatki antybakteryjne. Inteligentniejszym rozwiązaniem może być traktowanie oczyszczonej emulsji szlifierskiej światłem UV w obejściu, aby utrzymać populację bakterii na niskim poziomie, co zmniejsza zapotrzebowanie na środki antybakteryjne i poprawia higienę miejsca pracy. [184, EUROFER 2018].

##### **System Bandex**

Osad szlifierski jest odzyskiwany w trzyetapowym procesie:

1. wstępna sedymentacja i odpowietrzanie;
2. sedymentacja;
3. wyjaśnienie. [184, EUROFER 2018].

#### ***Korzyści dla środowiska***

Ochrona środowiska i higiena pracy. [184, EUROFER 2018].

#### ***Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

#### ***Efekty krzyżowe***

Zużycie energii i wody. [184, EUROFER 2018].

#### ***Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania***

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma żadnych ograniczeń technicznych dla możliwości zastosowania tej techniki. [184, EUROFER 2018].

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

#### ***Cel wdrożenia***

Higiena pracy i środowisko. [184, EUROFER 2018].

#### ***Przykładowe zakłady***

37 CR, 45 CR, 88 CR, 94 CR, 102 CR, 110 CR2, 115 CR, 116 CR, 122 CR, 128 CR, 130 CR, 158 CR, 159 CR, 180 CR1, 193 CR, 194 CR, 195 CR, 197 CR, 242 CR, 244 CR, 246 CR2, 249 CR [150, FMP TWG 2018]

#### ***Bibliografia***

[184, EUROFER 2018] [150, FMP TWG 2018]

### **3.4.6.2 Teksturowanie walców roboczych**

#### ***Opis***

Teksturowanie powierzchni walców roboczych przeprowadzane jest w dedykowanych kabinach wyposażonych w okapy zbierające. W przypadku teksturowania strumieniowego, emisje pyłów są ograniczane za pomocą filtrów workowych, natomiast w przypadku chromowania twardego, emisje pyłów są oczyszczane za pomocą płuczki mokrej.

#### ***Opis techniczny***

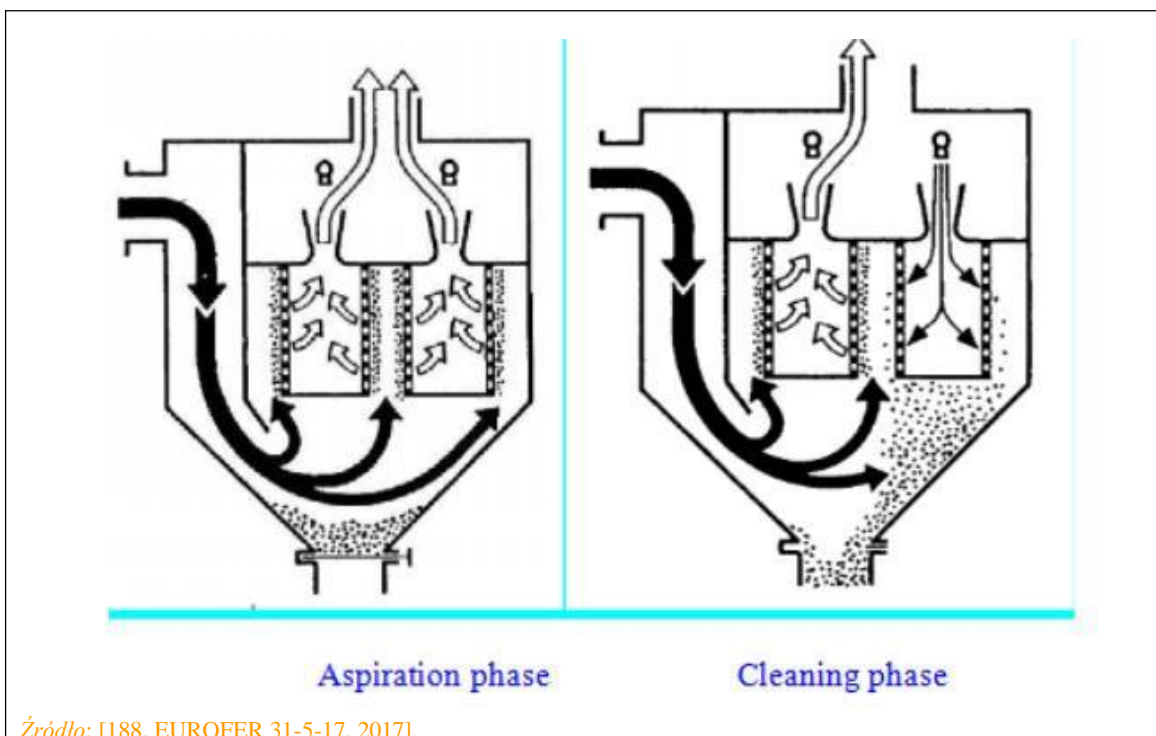
Walce robocze w walcowniach zimnych są poddawane obróbce powierzchniowej w celu stworzenia specyficznej topografii na powierzchni walców, która może być przeniesiona na blachę stalową podczas operacji walcowania i nadaje produktowi końcowemu nowy rodzaj chropowatości. Teksturowanie powierzchni walców może zapewnić dobrą ochronną powłokę lakierniczą, ponieważ obecność mikroszczelin o małych wymiarach może zminimalizować amplitudę chropowatości i zwiększyć gładkość po operacji malowania. Ponadto teksturowanie może zapewnić pożądaną jednolity matowy wygląd, który jest szczególnie interesujący dla przemysłu samochodowego. [161, De Mello et al., 2013] [164, Gorbunov et al., 2009].

Do teksturowania walców roboczych stosuje się kilka metod:

- Teksturowanie strumieniem śrutu (SBT): W SBT, nacięcia na powierzchni walców roboczych są tworzone przez śrutowanie stalowych kul na powierzchni walców walcujących. [164, Gorbunov et al., 2009].

- EDT (Electrical Discharge Texturing): Elektrody umieszczone są blisko powierzchni obracającego się walca, w wyniku czego powstaje impuls wyładowania elektrycznego indukujący przebicie elektryczne. Niewielki fragment powierzchni wałka topi się i tworzy się pęcherzyk gazu. Po wyłączeniu impulsu pęcherzyk pęka pod wpływem działania ciśnienia zewnętrznego, z rozpryskiem stopionego metalu. [164, Gorbunov et al., 2009].
- EBT (Electron Beam Texturing): Wiązka elektronów jest używana do formowania kraterów po przetopieniu powierzchni walca. Część stopionego metalu odparowuje, a ciśnienie pary ułatwia tworzenie się pierścienia stopu wokół krateru. Wałek obraca się w komorze próżniowej i porusza wzdłuż osi. [164, Gorbunov et al., 2009].
- Laser Tex (Teksturowanie laserowe): Na powierzchni wałka skupiona jest wiązka laserowa, która topi niewielki obszar. W wyniku działania ciśnienia plazmy i gazu obojętnego, wypchnięty topik zbiera się w wypukłości wokół krateru lub gromadzi się po bokach i zastyga. W celu zapewnienia wymaganej mikrotopografii proces reguluje się poprzez zmianę mocy lasera, prędkości wałka promieniowego i osiowego oraz prędkości modulatora. [164, Gorbunov et al., 2009].
- Chromowanie twarde: Proces ten polega na pokryciu rolek roboczych za pomocą chromowania w celu zmiany topografii powierzchni. Ponadto pozwala to na dłuższe utrzymanie tekstury powierzchni. Wałek jest umieszczany w elektrolicie chromowym, w reaktorze. Pomiędzy elektrodą a powierzchnią walca wytwarzane jest jednorodne pole elektryczne. Elektrolit ulega elektrolizie, zmniejsza się w nim zawartość jonów chromu i na wałku osadza się stały chrom. [164, Gorbunov et al., 2009].

Dla SBT stosuje się obudowy i kabiny dedykowane, wyposażone w okapy zbierające i ograniczające zapylenie usuwanego powietrza przez filtry tkaninowe. [188, EUROFER 31-5-17, 2017].



Rysunek 3.62: Ograniczanie zapylenia podczas operacji teksturowania metodą śrutowania

Urządzenia wyposażone są w system wychwytywania pyłu i wymienne filtry workowe. System ten jest automatyczny i nadaje się do oczyszczania suchego powietrza o niskim poziomie wilgotności lub oleju. Proces przebiega w różnych fazach, jak pokazano na Rysunku 3.62:

- Zużyte powietrze dostaje się do pierwszej części filtra i następuje pierwsze osadzenie.
- Powietrze włączane jest do leja w dolnej części filtra i poddawane jest drugiemu osiadanu w

celu usunięcia najcięższych cząstek.

- Powietrze przechodzi przez filtr, z którego usuwany jest kurz.
- Czyste powietrze jest wydalone do atmosfery. [188, EUROFER 31-5-17, 2017].

W chromowaniu twardym proces galwanizacji jest całkowicie zamknięty i wyposażony w system odprowadzania spalin z wykorzystaniem płuczki mokrej. Cały proces działa bez odprowadzania ścieków ze względu na straty ewaporacyjne. [188, EUROFER 31-5-17, 2017].

#### ***Korzyści dla środowiska***

Ograniczenie emisji pyłów.

#### ***Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne***

Brak informacji.

#### ***Efekty krzyżowe***

Brak informacji.

#### ***Kwestie techniczne związane z możliwością zastosowania***

Brak informacji.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Brak informacji.

#### ***Cel wdrożenia***

Brak informacji.

#### ***Przykładowe zakłady***

Salzgitter Flachstahl GmbH (Niemcy) - chromowanie twarde.

37 CR, 45 CR, 116 CR, 122 CR, 128 CR, 158 CR, 159 CR, 244 CR, 246 CR2 [150, FMP TWG 2018]

#### ***Bibliografia***

[150, FMP TWG 2018] [161, De Mello et al., 2013] [164, Gorbunov et al., 2009] [188, EUROFER 31-5-17, 2017]

## **3.5 Pojawiające się techniki walcowania na zimno**

### **3.5.1 Organiczny cykl Rankina (ORC) - odzyskiwanie ciepła z nadmiaru energii z kręgów w piecach do wyżarzania partiami**

#### ***Opis***

Nadwyżka energii z kręgów podgrzanych do 700 °C w wyżarzaniu partiami typu dzwonowego jest odzyskiwana w celu wytworzenia energii elektrycznej za pomocą systemu ORC.

#### ***Opis techniczny***

W zakładzie wyżarzania wsadu walcowanego na zimno, rozgrzane kręgi zawierają około 70 % energii wymaganej do podgrzania do temperatury wyżarzania. Podczas fazy chłodzenia, to ciepło zmagazynowane w kręgach nie jest zwykle odzyskiwane. W przypadku bazy do wyżarzania pracującej z atmosferą 100 % wodoru jako gazu obojętnego, możliwe jest pobranie ciepła z węzownic w celu podgrzania oleju termicznego za pomocą specjalnego systemu chłodzenia obejściowego. Olej termiczny jest wykorzystywany do wytwarzania energii elektrycznej w układzie ORC. [198, Schmidt, 2016].

Zasadniczo, odzyskiwanie energii podczas fazy chłodzenia węzownicy odbywa się w dwóch etapach. Najpierw gorący wodór (350-700 °C) jest pobierany z osłony podstawy wyżarzania. Za pomocą specjalnej chłodnicy obejściowej wodór podgrzewa ciecz roboczą do maksymalnej temperatury 270 °C. Podgrzana ciecz robocza jest wykorzystywana do odparowania etanolu w układzie ORC, w którym energia elektryczna jest wytwarzana przy użyciu silnika rozprężającego parę wodną. [199, Zwickel i in., 2015].

#### ***Korzyści dla środowiska***

Zwiększona efektywność energetyczna.

#### ***Efekty środowiskowa i dane eksploatacyjne***

W procesie wyżarzania partiami Bilstein GmbH system ORC generuje 350 kWh energii elektrycznej w każdym cyklu grzewczym wyżarzania. W 2014 roku odzyskano łącznie 1,5 mln kWh energii. [198, Schmidt, 2016].

#### ***Efekty krzyżowe***

Nie stwierdzono.

#### ***Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania***

Generalnie nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### ***Aspekty ekonomiczne***

Nakłady inwestycyjne na tę technikę są stosunkowo wysokie, co wymaga wyposażenia w minimum 12-15 baz do wyżarzania, aby uzyskać rozsądny czas zwrotu inwestycji wynoszący około 5-7 lat.

#### ***Cel wdrożenia***

Dostawa energii elektrycznej do zakładowej sieci dystrybucyjnej.

#### ***Przykładowe zakłady***

Walcownia zimna Bilstein GmbH, Hagen-Hohenlimburg, Niemcy.

#### ***Bibliografia***

[198, Schmidt, 2016] [199, Zwickel et al., 2015].

## 4. CIĄNIENIE DRUTU

### 4.1 Ogólne informacje na temat ciągnięcia drutu

Unia Europejska ma największy na świecie przemysł ciągnięcia drutu, a następnie Japonia i Ameryka Północna. Produkuje on około 6 milionów ton drutu rocznie. Łącznie z różnymi wyrobami z drutu, jak drut kolczasty, kraty, ogrodzenia, siatki, gwoździe itp. produkcja sektora sięga ponad 7 mln ton rocznie. Europejski przemysł ciągnięcia drutu charakteryzuje się dużą liczbą średnich, wyspecjalizowanych firm, zatrudniających średnio 121 pracowników i osiągających roczny obrót 13,7 mln euro na firmę (dane z 1994 r.). Produkcja przemysłu jest jednak zdominowana przez kilku dużych producentów. Szacuje się, że około 5 % firm odpowiada za 70 % produkcji przemysłu (25 % firm za 90 %).

W ciągu ostatnich 10 lat niezależne przedsiębiorstwa zajmujące się ciągnięciem drutu stały się coraz bardziej zintegrowane pionowo. W dół łańcucha produkcyjnego ciągnięcia drutu i produkcji gotowych wyrobów z drutu wykazano wysoki stopień integracji, ale również w górę łańcucha produkcyjnego nastąpiła pewna integracja między przemysłem produkcji stali i walcówki a ciągnięciem drutu. Około 6 % ciągarek drutu w Europie to zintegrowani producenci reprezentujący około 75 % całkowitej produkcji drutu stalowego [10, Comité Europeen de la Trefilerie, 1998].

Największym producentem drutu stalowego są Niemcy z 32 % udziałem w produkcji drutu, a następnie Włochy (około 22 %), Wielka Brytania, kraje Beneluksu (głównie Belgia), Francja i Hiszpania. Inne państwa członkowskie, które posiadają niewielki przemysł ciągnięcia drutu to Szwecja, Austria, Grecja i Portugalia. Rozkład instalacji do ciągnięcia drutu w UE, wielkość i liczbę zakładów dla poszczególnych państw członkowskich przedstawiono w tabeli 4.1.

Tabela 4.1: Przemysł ciągnięcia drutu w Europie

	Produkcja drutu [tys. t] <sup>(1)</sup>	Wyroby z drutu [tys. t] <sup>(1)</sup>	Liczba zakładów <sup>(2)</sup>	Średnia liczba pracowników na zakład <sup>(2)</sup>
<b>Austria</b>	120	115	2	N/A
<b>Belgia, Niderlandy, Luksemburg</b>	619	246	20	325
<b>Dania</b>	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Finlandia</b>	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Francja</b>	406	102	36	136
<b>Niemcy</b>	1 908	89	85	125
<b>Grecja</b>	140	60	2	N/A
<b>Irlandia</b>	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Włochy</b>	1 250	300	74	58
<b>Portugalia</b>	82	30	2	N/A
<b>Sweden</b>	135	63	11	85
<b>Hiszpania</b>	463	138	26	N/A
<b>UK</b>	735	105	25	110
<b>Razem</b>	5 858	1 248	283	121

(1) Rok odniesienia 1996.

(2) Rok odniesienia 1994.

Źródło: [10, Comité Europeen de la Trefilerie, 1998] [89, EuroStrategy 1995]

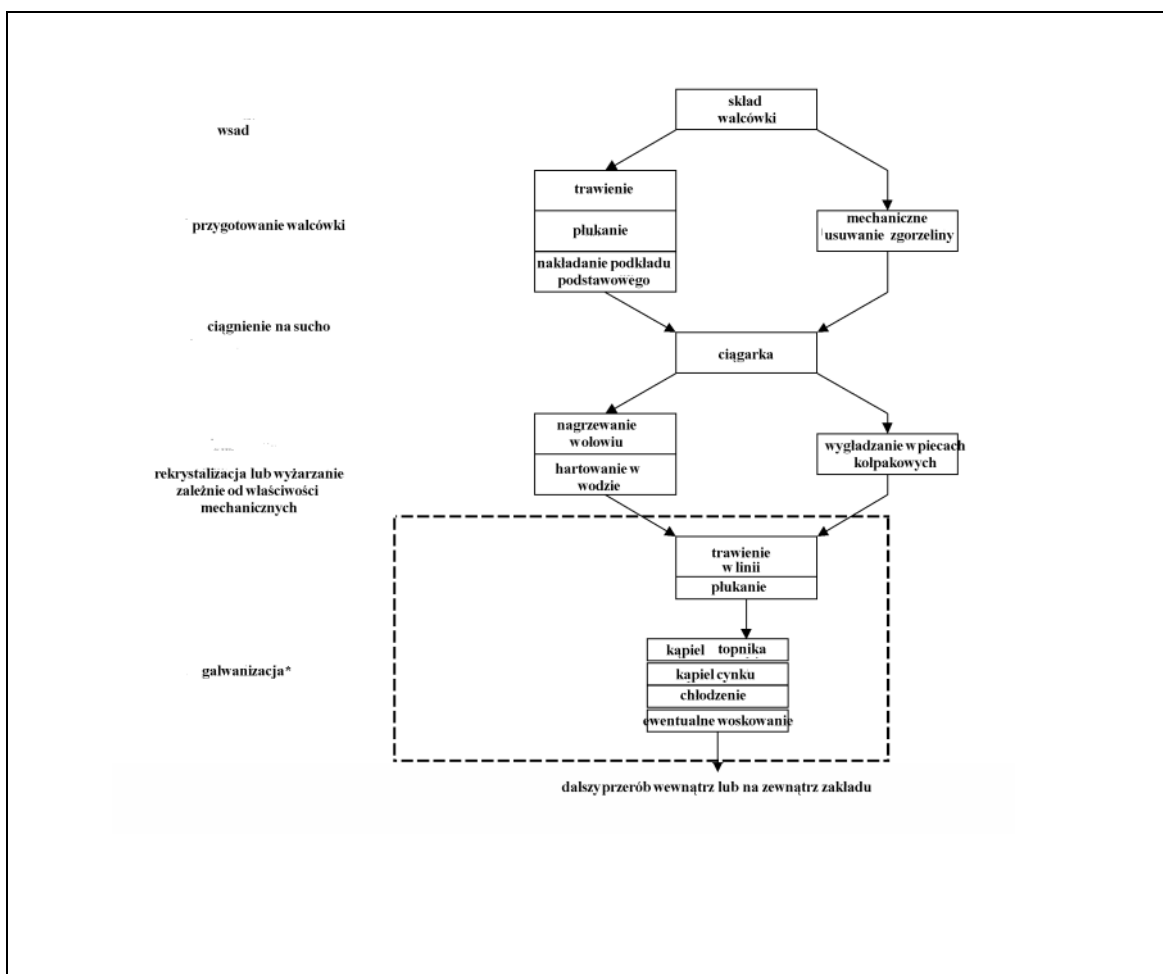
## 4.2 Stosowane procesy i techniki ciągnięcia drutu

### 4.2.1 Przegląd procesu ciągnięcia drutu

Ciągnięcie drutu jest procesem, w trakcie którego następuje zmniejszenie rozmiaru walcówki/drutu poprzez przeciąganie przez stożkowe narzędzia zwane ciągadłami. Otwory w ciągadłach mają mniejszy przekrój poprzeczny niż walcówka/drut. Wsadem jest zwykle walcówka o średnicy 5,5 do 16 mm, otrzymywana w postaci kręgów z walcowni gorących. Typowy proces ciągnięcia drutu obejmuje następujące czynności:

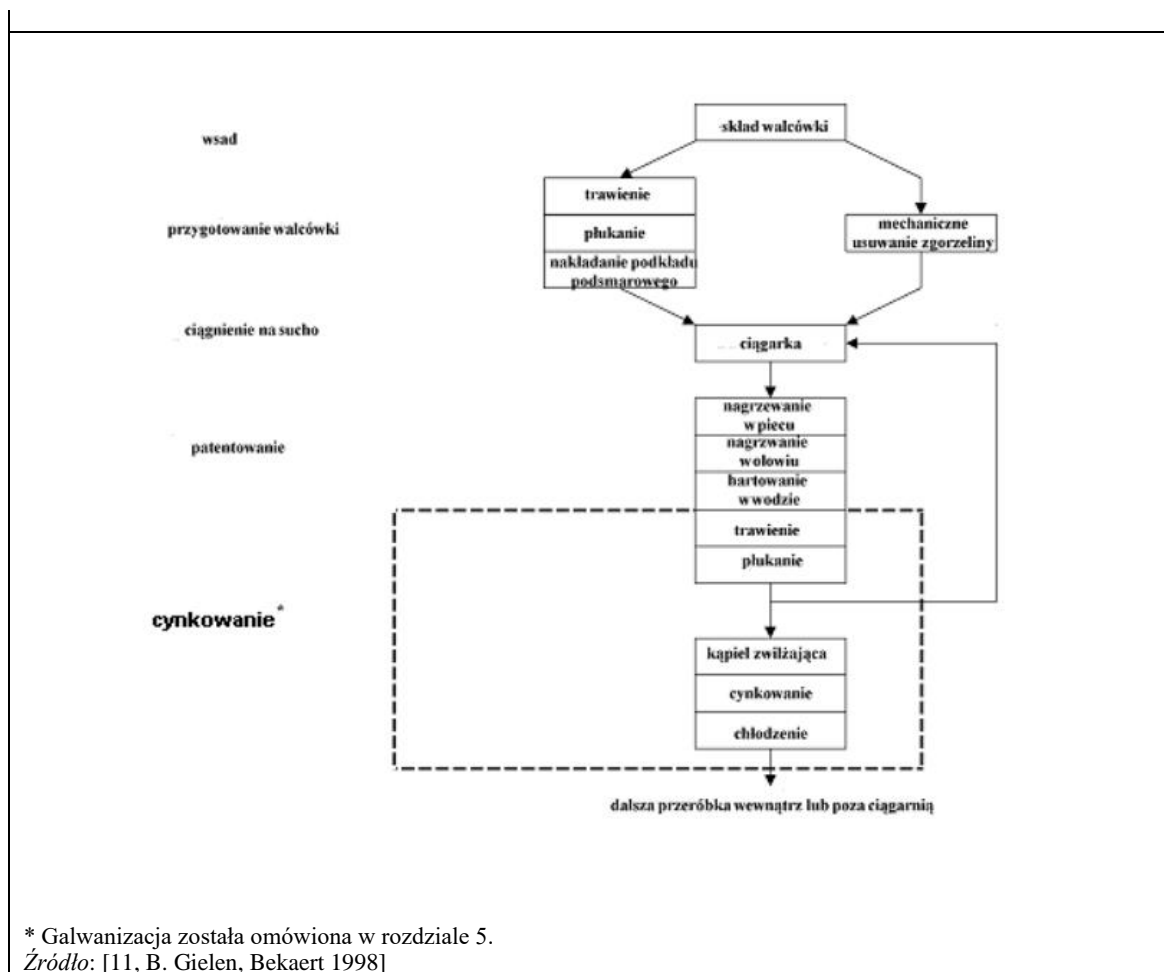
- obróbka wstępna – przygotowanie walcówki (mechaniczne usuwanie zgorzeliny, trawienie);
- ciągnięcie na sucho lub na mokro (zwykle szereg ciągów przez ciągadła o zmniejszającym się przekroju)
- obróbka cieplna (wyżarzanie ciągłe/wyżarzanie partiami, patentowanie, hartowanie w oleju);
- wykańczanie.

Drut produkowany jest ze stali różnych gatunków: ze stali niskowęglowych o zawartości węgla do 0,25 %, stali wysokowęglowych o zawartości węgla powyżej 0,25 %, stali nierdzewnych i innych stali stopowych. Drut ze stali niestopowych może mieć powierzchnię niepowlekaną lub powlekaną cynkiem, miedzią, mosiądzem, cyną, niklem, chromem, plastikiem lub lakierem. Drut do dalszej przeróbki na wyroby gotowe (np. liny, siatki, drut kolczasty, siatki ogrodzeniowe, płyty pokrywające podesty, sprężyny, gwoździe) jest wysyłany w formie kręgów. [6, N.V. Beckaert S.A., 1994] [112, COM 1997]



\* Galwanizacja została omówiona w rozdziale 5.  
Źródło: [11, B. Gielen, Bekaert 1998]

Rysunek 4.1: Produkcja niskowęglowego drutu ocynkowanego.



Rysunek 4.2: Produkcja wysokowęglowego drutu ocynkowanego.

Ze względu na dużą różnorodność produktów wytwarzanych z drutu istnieje wiele różnych procesów ich produkcji, uwzględniających średnicę drutu, wymagania mechaniczne i inne wymagania jakościowe. Schematy procesów podane na Rysunku 4.1 i Rysunku 4.2 dotyczą większości produkowanych w Europie (i na świecie) drutów ocynkowanych. Część z nich jest sprzedawana jako drut ocynkowany, część poddawana jest dalszej przeróbce przez ciągnięcie na mokro lub innym procesom wykraczającym poza zakres niniejszego dokumentu referencyjnego BAT, takim jak spawanie, powlekanie elektrolityczne, przerób na siatki, liny, powlekanie powłokami farby lub plastiku, cięcie na pręty itp.

#### 4.2.2 Przygotowanie walcówki

W wyniku chłodzenia walcówki po walcowaniu na powietrzu, na powierzchni walcówki tworzy się warstwa tlenku żelaza (zgorzelina). Warstwa ta musi być usunięta przed dalszymi procesami, jakim zostanie poddana walcówka, ponieważ jest bardzo twarda, łamliwa i nieodkształcalna. Proces usuwania w większości przypadków prowadzony jest przez producentów drutu. Tylko dla stali nierdzewnych usuwanie warstwy tlenków z powierzchni walcówki wykonywane jest przez huty.

Do usuwania warstwy tlenków z powierzchni walcówki stosowane są dwie techniki: mechaniczne usuwanie zgorzeliny i chemiczne usuwanie zgorzeliny - trawienie. Niektóre wyroby końcowe mogą być produkowane tylko z drutu mechanicznie oczyszczanego z warstwy tlenków i ciągniętego ze



zmniejszoną prędkością (potrzebna jest do tego większa wydajność ciągarek, co oznacza wyższe koszty inwestycyjne). Wybór techniki usuwania zgorzeliny podejmowany jest zatem przez poszczególne zakłady na podstawie jakości wytwarzanego wyrobu i uwarunkowań ekonomicznych.

#### **4.2.2.1 Mechaniczne usuwanie zgorzeliny z walcówki**

Przeгинanie drutu jest najbardziej powszechnie stosowaną metodą mechanicznego usuwania zgorzeliny. Przeгинanie drutu powoduje łamanie zgorzeliny i następnie jej odpadanie. Inne techniki usuwania zgorzeliny jak: piaskowanie, szczotkowanie lub usuwanie poprzez natrysk śrutem stosowane są jako proces wykańczający po przeгинaniu lub jako samodzielny proces usuwania zgorzeliny.

Proces usuwania zgorzeliny przez śrutowanie poszczególnych partii jest powszechnie stosowaną techniką dla walcówki o dużej średnicy (np. stosowanej do spęczania na zimno). Jednakże zwykle mechaniczne usuwanie zgorzeliny prowadzone jest jako proces ciągły.

Usuwanie zgorzeliny przez przeгинanie, w zależności od stanu wykończenia walcówki i wymagań jakościowych gotowego wyrobu, jest uzupełniane lub nawet zastępowane przez jedną z metod usuwania zgorzeliny ścierniwem, taką jak piaskowanie, szczotkowanie, usuwanie przez natrysk śrutem lub natrysk strumieniem wody. Łącząc usuwanie zgorzeliny przez przeгинanie z jedną z dodatkowych metod możliwe jest całkowite usunięcie warstwy tlenków i osiągnięcie podobnej czystości powierzchni jak przy trawieniu. [20, Gielen, 2000]

Mechaniczne usuwanie zgorzeliny w porównaniu z usuwaniem zgorzeliny przez trawienie ma tę przewagę, że eliminuje jeden etap w procesie produkcji, ponieważ urządzenie do usuwania zgorzeliny jest zwykle połączone w linii z ciągarką. Z drugiej jednak strony przy mechanicznym usuwaniu zgorzeliny trudno jest osiągnąć ten sam stopień przydatności do ciągnięcia. [11, B. Gielen, Bekaert 1998]

#### **4.2.2.2 Chemiczne usuwanie zgorzeliny z walcówki (trawienie)**

W procesie chemicznego usuwania zgorzeliny - trawienia - zgorzelina walcownicza jest usuwana przez rozpuszczenie w kwasie. Stosowane są następujące kwasy:

- Kwas siarkowy lub kwas solny dla drutu ze stali niskowęglowych
- Kwas solny dla drutu ze stali wysokowęglowych

Proces trawienia prowadzony jest zwykle jako proces nieciągły - partiami. Każdy krąg walcówki jest zanurzany w wannie z kwasem. Kwas powoli rozpuszcza warstwę tlenków, tworząc chlorki żelaza lub siarczany żelaza. Przy trawieniu w HCl dodawany jest inhibitor H<sub>2</sub>-ograniczający reakcję:  $2 \text{HCl} + \text{Fe} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$  i redukujący tym samym niepożądane straty żelaza.

Po trawieniu kręgi walcówki są płukane w wodzie. Zwykle, w celu uzyskania maksymalnej efektywności płukania przy minimalnym zużyciu wody, stosowane jest płukanie kaskadowe (np. trzystopniowe). [6, N.V. Bekaert S.A., 1994] [7, B. Gielen., 1998]

#### **4.2.2.3 Nanoszenie podkładu podsmarowego**

W niektórych przypadkach, w celu zwiększenia przylegania smaru mydlanego, nanoszony jest podkład podsmarowy. Dostępnych jest wiele różnych podkładów podsmarowych. Wybór podkładu dokonywany jest na podstawie przesłanek ekonomicznych i wymaganych własności wynikających z dalszych faz procesu produkcji. Tradycyjnymi podkładami pod smar mydlany są: wapno, boraks, i fosforan cynku. Nowoczesne podkłady podsmarowe pod smar mydlany to mieszaniny rozpuszczalnych soli, np. siarczanów lub chlorków sodu i potasu, boraksu,

fosforanów lub krzemianów. Skład podkładu dostosowywany jest do poszczególnych smarów mydlanych i określonych warunków ciągnięcia.

Podkład podsmarowy nakładany jest na drut przed ciągnięciem przez zanurzenie drutu w wodnym roztworze podkładu podsmarowego. Proces ten może być wykonywany jako nakładanie na poszczególne partie w połączeniu z trawieniem lub jako proces ciągły połączony z mechanicznym usuwaniem zgorzeli.

## **4.2.3 Ciągnięcie**

### **4.2.3.1 Ciągnięcie drutu na sucho**

Ciągnięcie na sucho zwykle jest stosowane przy produkcji drutów o średnicy 1 - 2 mm, czasami nawet mniejszej, ciągniętych z walcówki o średnicy > 5.5 mm. Średnica drutu jest zmniejszana w wyniku przechodzenia drutu przez zestaw ciągałek o zmniejszających się otworach. Drut przed wejściem w ciągałkę przechodzi przez suchy smar. W większości przypadków stosowanie smaru na bazie mydeł zależy od rodzaju tłuszczu, z którego wyprodukowane jest mydło, rodzaju zastosowanego wypełniacza lub użytych dodatków. W wyjątkowych przypadkach (np. stali specjalnych, drutów ze specjalnymi powłokami metalicznymi) mogą być stosowane inne smary, jak pasty lub oleje.

Podczas procesu ciągnięcia, w wyniku tarcia drutu nagrzewa się zarówno drut jak i ciągałko. Drut chłodzony jest nie bezpośrednio, lecz przez kontakt z chłodzoną wodą bębniem ciągnącym ciągarci.

### **4.2.3.2 Ciągnięcie drutu na mokro**

Normalnie ciągnięcie na mokro stosowane jest dla drutów produkowanych z wsadu o średnicy 1 - 2 mm. Także w tym przypadku drut przechodzi przez zestaw ciągałek o zmniejszających się otworach, lecz zarówno drut, ciągałko, jak i bębny ciągnące zanurzone są w cieczy smarnej zapewniającej smarowanie i chłodzenie. Jako ciecze smarne stosowane są zwykle emulsje mydlane lub olejowe (w niektórych przypadkach może być stosowany zwykły olej). Ciecz smarna ogrzewana w wyniku ciągnięcia jest pośrednio chłodzona przepływającą wodą.

## **4.2.4 Obróbka cieplna drutu**

Obróbka cieplna drutu ma różne cele. Stąd możliwość stosowania różnego rodzaju obróbki cieplnej w zależności od gatunku stali (nisko węglowa, wysoko węglowa, nierdzewna) i zastosowania końcowego (wymagana elastyczność i wytrzymałość). W trakcie obróbki cieplnej następuje także w wyniku procesów termicznych usunięcie resztek smaru mydlanego jak i płynnego.

Znacząca ilość wyrobów przemysłu ciągarci nie wymaga żadnej obróbki cieplnej. Powodowana przez proces ciągnięcia głęboka zmiana struktury krystalicznej metalu daje w większości przypadków efekt pozytywny, ponieważ wzrasta twardość i wytrzymałość drutu w kierunku osiowym.

### **4.2.4.1 Wyżarzanie partiami drutu ze stali nisko węglowej**

Proces ciągnięcia zniekształca głęboko strukturę krystaliczną metalu, z którego wykonany jest drut. Wyżarzanie jest jedną z wielu metod przywrócenia odpowiedniej struktury krystalicznej. W celu uzyskania produktu bardzo miękkiego i ciągliwego dla drutu ze stali nisko węglowej stosowane jest zwykle wyżarzanie partiami w piecach kołpakowych lub garnkowych.

Kręgi przeciągniętego drutu poddawane procesowi wyżarzania partiami umieszczane są w

komorach pieca garnkowego lub kołpakowego, wypełnionych atmosferą ochronną. Atmosfera ochronna jest gazem neutralnym lub redukującym. Najbardziej powszechnie stosowany jest azot, wodór, mieszanina azotu i wodoru i częściowo utleniony gaz ziemny (lub podobne paliwo). Komory pieca ogrzewane są z zewnątrz, do ogrzewania komór wykorzystywany jest gaz lub inne paliwo. Ogrzanie od temperatury otoczenia do temperatury szczytowej (około 700 °C) trwa kilka godzin, podobnie jak ochłodzenie. Pod kołpakiem lub w garnku utrzymywane jest nadciśnienie atmosfery ochronnej, której część jest w sposób ciągły usuwana.

W niektórych przypadkach drut po wyżarzaniu jest natychmiast olejony.

#### **4.2.4.2 Wyżarzanie ciągle (w linii) drutu ze stali niskowęglowej**

Cel wyżarzania ciągłego lub wyżarzania w stanie rozwiniętym jest taki sam jak wyżarzania partiami: przywrócenie odpowiedniej struktury krystalicznej stali po ciągnięciu. Jednakże żądana w tym przypadku budowa krystaliczna i właściwości metalu są różne od żądanych przy wyżarzaniu partiami. Wyżarzanie ciągle jest typową metodą obróbki cieplnej dla wyrobów ze stali niskowęglowej.

Wyżarzanie w stanie rozwiniętym jest procesem ciągłym. Drut nagrzewany jest do temperatury rekrytalizacji (500 - 700 °C) i trzymany w tej temperaturze przez kilka sekund a następnie jest chłodzony przez hartowanie w kąpeli wodnej.

Typowa linia jest przystosowana do wyżarzania 15 - 50 żył drutu i charakteryzuje się wskaźnikiem  $v \times d$  (prędkość drutu w linii  $\times$  średnica drutu). Oznacza to, że w linii mogą być wyżarzane równocześnie druty o różnych średnicach, lecz im większa średnica tym mniejsza prędkość. Dla nowoczesnych linii dysponujących prędkościami 100 - 200 m/min ze wskaźnika  $v \times d$  wynika, że drut o średnicy 1 mm będzie mógł być wyżarzany z szybkością 100 - 200 m/min. Linie kilku lub jednożyłowe i/ lub pracujące przy bardzo niskim  $v \times d$  są stosowane do celów specjalnych. Wyżarzanie w stanie rozwiniętym jest często łączone w linię z innym procesem np. powlekaniami ogniowym.

Normalnie drut ulega ogrzewaniu przechodząc przez kąpiel ołowiową. Szybkie nagrzanie drutu jest kluczowe przy wyżarzaniu w stanie rozwiniętym. Równowaga termiczna pomiędzy drutem i kąpielą ołowiową, dzięki wysokiemu współczynnikowi przekazywania ciepła przez ołów (3000 W/m<sup>2</sup>.K), osiągnięta jest w ciągu kilku sekund. Inne metody, takie jak piece indukcyjne lub nagrzewanie indukcyjne, są alternatywą stosowaną wyłącznie dla specjalnych potrzeb, np. dla linii jednożyłowej, linii zaprojektowanych do pracy przy bardzo niskich prędkościach lub dla linii przewidzianych do wyżarzania drutu tylko o jednej średnicy.

Drut po obróbce cieplnej jest zwykle hartowany w wodzie. Po tym zabiegu, w celu usunięcia tlenków, w linii może być prowadzone trawienie w zimnym lub podgrzany HCl; zabieg ten usuwa częściowo ołów wyciągnięty z kąpeli. Może być też stosowane trawienie w innych kwasach, jak również trawienie elektrolityczne. Po procesie trawienia następuje płukanie kaskadowe. W niektórych zakładach trawienie jest pierwszym stopniem procesu produkcji drutu. Po wyżarzaniu w atmosferze ochronnej trawienie często zostaje pominięte.

#### **4.2.4.3 Wyżarzanie ciągle (w linii) drutu ze stali nierdzewnej**

Ciągłe wyżarzanie drutu ze stali nierdzewnych i stali wysokostopowych jest stosowane w celu osiągnięcia odpowiedniej do ciągnięcia struktury krystalicznej. Obróbka cieplna stali odpornych na korozję prowadzona jest w atmosferach ochronnych. Jeśli obróbka cieplna prowadzona byłaby bez atmosfery ochronnej, drut ze stali nierdzewnej zostałby utleniony; usunięcie tych tlenków wymagałoby trawienia w specjalnych kwasach takich jak HNO<sub>3</sub>, HNO<sub>3</sub>/HF (por. produkcja taśm ze stali nierdzewnych). Temperatura obróbki cieplnej drutu ze stali odpornych na korozję jest różna (700 – 1100 °C) i zależy od zawartości w wyżarzanej

stali Ni, Cr lub innych składników stopowych.

Drut w trakcie wyżarzania przechodzi przez wypełnione atmosferą ochronną rury lub muflę. Atmosfera ochronna jest odprowadzana podobnie jak to opisano przy wyżarzaniu partiami. Pierwsza część rur lub mufla umieszczona jest w piecu (pośrednie ogrzewanie drutu); druga część rur jest chłodzona przeponowo np. wodą -chłodzenie pośrednie. Piec może być ogrzewany elektrycznie (grzanie oporowe, ogrzewanie indukcyjne) lub w wyniku spalania. [11, B. Gielen, Bekaert 1998]

#### **4.2.4.4 Patentowanie**

Patentowanie jest metodą obróbki cieplnej stosowaną zwykle do wytworzenia odpowiedniej struktury krystalicznej w stalach wysokowęglowych i stopowych, umożliwiającą łatwe odkształcanie. W przeciwieństwie do wyżarzania, przy którym żelazo i żelazo/węgiel mają tendencję do oddzielania się, przy patentowaniu tworzy się struktura, w której węgiel jest równomiernie rozłożony w żelazie.

Przy patentowaniu drut jest nagrzewany do temperatury 850 - 1000 °C, następnie szybko ochładzany do temperatury 450 - 600 °C i trzymany przez chwilę w tej temperaturze a na końcu hartowany w wodzie. Patentowanie zwykle jest prowadzone w sposób ciągły i często jest łączone z innymi procesami np. z cynkowaniem ogniowym.

Ogrzewanie do temperatury 850 - 1000 °C odbywa się w piecu, w którym drut ma bezpośredni kontakt ze spalinami. Ochładzanie do temperatury 450 - 600 °C i trzymanie w tej temperaturze odbywa się w kąpeli ołowiu. W przypadku małych linii o specjalnym przeznaczeniu (np. dla bardzo cienkich drutów lub linii jednożyłowych) mogą być stosowane inne metody ogrzewania, takie jak ogrzewanie w atmosferze ochronnej lub stosowanie pieców elektrycznych. Niekiedy do patentowania drutów o dużych średnicach stosowna jest kąpiel stopionej soli.

Palniki pieców ogrzewanych paliwem zasilane są mieszkanką nieco uboższą niż wynika to ze stechiometrii (rachunku teoretycznego). W ten sposób zostaje wyeliminowany cały O<sub>2</sub> z atmosfery pieca, co ma na celu zmniejszenie tworzenia się tlenków żelaza na powierzchni drutu. Nadmierne tworzenie się tlenków żelaza prowadzi do wysokich strat materiału, z którego wykonany jest drut, zwiększonego zużycia kwasu do trawienia i jest nadmiernego wyciągania ołowiu z kąpeli.

Końcowe chłodzenie odbywa się przez hartowanie w kąpeli wodnej przy stosowaniu procedury podobnej, jak przy wyżarzaniu ciągłym.

#### **4.2.4.5 Hartowanie i odpuszczanie w oleju**

W stalach o wysokiej procentowej zawartości martenzytu hartowanie i odpuszczanie w oleju prowadzi do powstawania struktury krystalicznej powodującej wzrost twardości i odporności na ścieranie przy jednoczesnej dobrej odporności na uderzenia. Najpierw drut jest nagrzewany do temperatury 850 – 1000 °C a następnie szybko chłodzony.

Nagrzewanie przeprowadzane jest zazwyczaj w atmosferze ochronnej przy wykorzystaniu energii elektrycznej (promieniowanie, nagrzewanie indukcyjne) lub spalania. Atmosfera ochronna jest upuszczana podobnie, jak to ma miejsce przy wyżarzaniu partiami. Tradycyjnie hartowanie odbywa się w oleju, ale mogą być też stosowane inne media, takie jak woda lub woda z dodatkami. (Uwaga: choć do hartowania często stosuje się inne media niż olej, to zwykle określa się ten etap procesu jako hartowanie w oleju).

Następnym etapem procesu po hartowaniu w oleju jest odpuszczanie lub wyżarzanie

odprężające mające na celu usunięcie naprężeń powstałych w wyniku bardzo szybkiego chłodzenia. Odbywa się to przez ponowne nagrzanie drutu do temperatury 300 - 500 C. Zwykle ma to miejsce w piecu ogrzewanym elektrycznie lub ogrzewanym bezpośrednio spalaniem gazem; może być również stosowane ogrzewanie indukcyjne.

#### **4.2.4.6 Wyżarzanie odprężające**

Wyżarzanie odprężające (odprężanie) ma na celu usunięcie - bez zmiany kształtu i struktury krystalicznej stali - naprężeń wewnętrznych w drucie powstałych w wyniku zabiegów produkcyjnych poprzedzających odprężanie. Naprężenia wewnętrzne mogą być spowodowane odkształceniem (naprężenia mechaniczne) lub przez szybkie chłodzenie (naprężenia termiczne). Niezależne stanowisko obróbki cieplnej jest typowym rozwiązaniem przy produkcji strun (druty do wstępnie sprężanego betonu).

Odprężanie może być prowadzone w różnych temperaturach (200 - 500 °C), w zależności od żądanej charakterystyki wyrobu gotowego. Zwykle odbywa się to w piecu ogrzewanym elektrycznie lub ogrzewanym bezpośrednio spalaniem gazem; można również stosować ogrzewanie indukcyjne. Drut po odprężaniu jest chłodzony stosunkowo wolno na powietrzu lub w wodzie. [11, B. Gielen, Bekaert 1998]

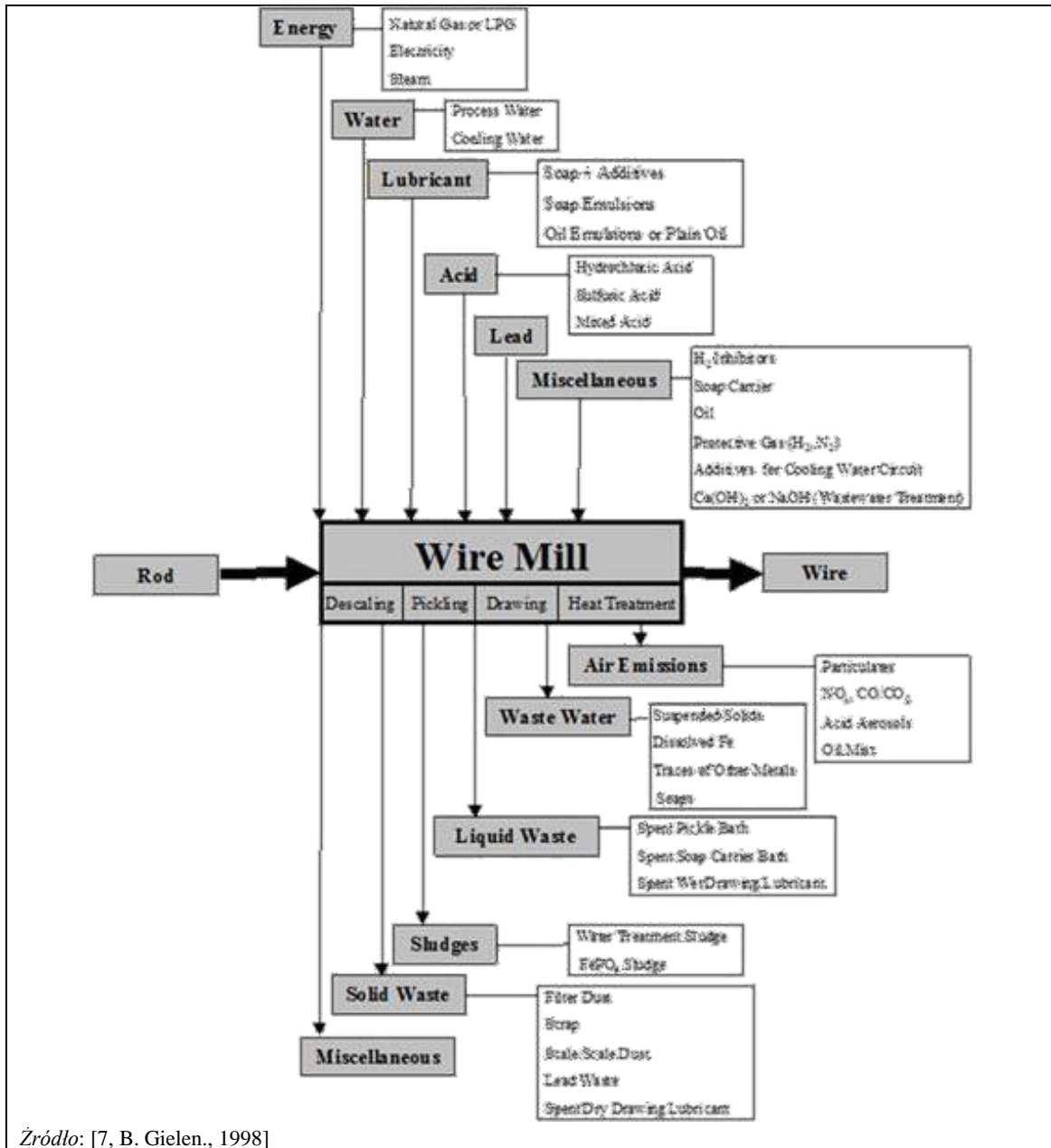
#### **4.2.5 Trawienie w linii**

Trawienie w linii jest typową operacją po obróbce cieplnej i/ lub przed ogniowym cynkowaniem drutu. Celem trawienia jest oczyszczenie drutu i usunięcie tlenków metalu. Drut przechodzi przez jedną lub kilka wanien z HCl, który jest najczęściej stosowany, ale mogą być wykorzystywane również inne kwasy. Trawienie następuje bardzo szybko (kilka sekund), dlatego kwas jest często ogrzewany i/ lub stosowany w postaci stężonej. Drut po trawieniu jest płukany wodą.

Wykańczanie drutu obejmuje nakładanie metalicznych i niemetalicznych powłok. Część B niniejszego dokumentu referencyjnego BAT zajmuje się galwanizowaniem drutu oraz omawia szczegółowo trawienie w linii.

## 4.3 Aktualne poziomy zużycia i emisji dla ciągnięcia drutu

### 4.3.1 Przegląd przepływu masy



Rysunek 4.3: Bilans wejścia/wyjścia dla ciągnięcia drutu

W kolejnych sekcjach przedstawiono dane dotyczące zużycia i emisji zgłoszone przez zakłady produkcji drutu (przygotowanie walcówki, ciągnięcie, etapy procesu obróbki cieplnej) w całej UE, które wzięły udział w zbieraniu danych FMP 2018 (w sumie 7 zakładów). Zakłady z kolekcji danych są wymienione w sekcji 11.1, w której można znaleźć listę instalacji/zakładów.

### 4.3.2 Zużycie energii

Podczas zbierania danych, podawano informacje o konkretnym zużyciu energii (tj. MJenergii zużytej

na tonę przepustowości procesu). Ta sekcja skupia się w szczególności na zużyciu energii do ciągnięcia drutu. W przypadku ciągnięcia drutu, 5 zakładów dostarczyło dane na temat jednostkowego zużycia energii na swoich liniach produkcyjnych. Dane dotyczące jednostkowego zużycia energii wahają się od 39 MJ/t do około 1 062 MJ/t. Rysunek 4.4 pokazuje zgłoszone roczne specyficzne zużycie energii dla ciągnięcia drutu dla każdej linii produkcyjnej.

### **4.3.3 Zużycie materiałów**

#### **4.3.3.1 Zużycie kwasów**

W sumie tylko 2 zakłady zgłosiły dane dotyczące specyficznego zużycia HCl przez trzy lata operacyjne w ciągowniach drutu. Podane wartości były poniżej 0,5 kg kwasu 33-wt% na m<sup>2</sup> obrabianej (wytrawianej) powierzchni.

### **4.3.4 Zużycie wody**

Rysunek 4.5 przedstawia dane dotyczące jednostkowego zużycia wody, na poziomie zakładu, dla trzech lat działalności w ciągowniach drutu objętych zbiorem danych. Zużycie wody właściwej wynosi od 0,1 m<sup>3</sup>/t do 6,0 m<sup>3</sup>/t dla tych 5 zakładów. Definicja jednostkowego zużycia wody znajduje się w części 9.4.4.2.

### **4.3.5 Emisje do powietrza**

#### **4.3.5.1 Emisje do powietrza z ciągnięcia na sucho**

##### **Emisje pyłu**

Z czynności ciągnięcia powstaje pył mydlany, który może być kontrolowany przez odpowiednie hermetyzowanie i filtrowanie wyciąganego powietrza. [7, B. Gielen., 1998]. Zgłoszone dane dotyczące emisji pyłów do powietrza w wyniku rysowania na sucho przedstawiono na rysunku 4.6. Na rysunku przedstawiono pomiary zgłoszone przez 3 zakłady w ciągu trzech lat sprawozdawczych. Emisja pyłu została zgłoszona łącznie dla 13 punktów emisyjnych. Stężenia emisji wahają się od 0,4 mg/Nm<sup>3</sup> do 61,8 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 0,002 kg/h do 0,6 kg/h.

#### **4.3.5.2 Emisje do powietrza z ogrzewania**

W ciągowni drutu trzy rodzaje pieców mogą generować emisje do powietrza, w tym piece do wyżarzania (wsadowe i ciągłe) oraz piece do patentowania.

##### **Wyżarzanie partiami**

Emisja z pieców do wyżarzania partiami obejmuje produkty spalania z wypalania oraz niewielki strumień atmosfery ochronnej (purge) zawierający produkty rozkładu smaru. Powstają one w wyniku pirolizy/pęknięcia cząsteczek smaru; typowymi produktami rozkładu są olefiny o niskiej masie cząsteczkowej i alkany.

##### **Wyżarzanie ciągłe**

Wyżarzanie ciągłe w kąpielii ołowianej składa się z kąpielii ołowianej, po której następuje hartowanie w wodzie. Emisje do powietrza występują w postaci pyłu (materiał pokrywający kąpiel, zawierający niewielkie ilości Pb) oraz produktów pirolizy mydła (VOC, CO, itp.). [19, Gielen, 1999]

##### **Patentowanie**

Dla linii patentowej składającej się z pieca z bezpośrednim kontaktem drutu z gazami spalinowymi,

kąpeli ołowianej i kąpeli hartowniczej, odpady i emisje są następujące:

Emisje do powietrza powstają z pieca. Piec jest ogrzewany do temperatury 850 - 1000 °C przy użyciu gazu ziemnego (lub podobnego paliwa beziarkowego) i przy niewielkim niedoborze O<sub>2</sub>. Świeże powietrze jest mieszane z gorącymi spalinami z pieca w celu przekształcenia CO w CO<sub>2</sub>, przed emisją do atmosfery. NO<sub>x</sub> i SO<sub>2</sub> są znikome w tym strumieniu: atmosfera redukcyjna/paliwo jest wolne od siarki. Kąpiel ołowiana jest używana do chłodzenia; w przeciwieństwie do kąpeli ołowianej używanej do wyżarzania, nie ma spalania pozostałości smaru, więc emisja do powietrza jest ograniczona do pyłu (materiał pokrycia kąpeli, zawierający śladowe ilości Pb). [19, Gielen, 1999]

### **Emisje pyłu**

Zgłoszone dane dotyczące emisji pyłów do powietrza z ogrzewania (wyżarzania) surowców przedstawiono na rysunku 4.7. Na rysunku przedstawiono pomiary na poziomie 3 % O<sub>2</sub>, zgłoszone przez 2 zakłady w ciągu trzech lat sprawozdawczych. Emisja pyłu została zgłoszona łącznie dla 3 punktów emisji. Stężenia emisji pyłu wahają się od 4,0 mg/Nm<sup>3</sup> do 35,2 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 1,1 kg/h do 19,1 kg/h. [150, FMP TWG 2018]

### **Emisja SO<sub>2</sub>**

Zgłoszone dane dotyczące emisji SO<sub>2</sub> do powietrza z ogrzewania (wyżarzania) surowców przedstawiono na rysunku 4.8. Na rysunku przedstawiono pomiary na poziomie 3 % O<sub>2</sub>, zgłoszone przez 1 zakład w ciągu trzech lat sprawozdawczych. Na dodatkowej osi x pokazano przepływ masowy uzyskany dla każdego pomiaru. Emisja SO<sub>2</sub> została zgłoszona łącznie dla 2 punktów emisji. Podane wartości stężeń emisji wynosiły 2,0 mg/Nm<sup>3</sup> i 4,3 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji wynosiły 1,0 kg/h do 4,0 kg/h, odpowiednio. [150, FMP TWG 2018]

### **Emisja NO<sub>x</sub> i CO**

Zgłoszone dane dotyczące emisji NO<sub>x</sub> i CO do powietrza z ogrzewania (wyżarzania) surowców przedstawiono na rysunku 4.9. Na rysunku przedstawiono pomiary NO<sub>x</sub> i CO na poziomie 3 % O<sub>2</sub>, zgłoszone przez 3 zakłady w ciągu trzech lat sprawozdawczych. W przypadku zakładu 301 WD1 (piec patentowy) zgłoszono bardzo niskie emisje NO<sub>x</sub> (poniżej 10 mg/Nm<sup>3</sup>), a emisje CO wahają się od 190 mg/Nm<sup>3</sup> do 240 mg/Nm<sup>3</sup>. Dla zakładów 24 WD i 301 WD2 (wyżarzanie wsadowe) emisja NO<sub>x</sub> wynosi od 140 do 260 mg/Nm<sup>3</sup>, a emisja CO od 160 mg/Nm<sup>3</sup> do 240 mg/Nm<sup>3</sup>. [150, FMP TWG 2018]

## **4.3.5.3 Emisje do powietrza z wytrawiania**

### **Emisja HCl**

Aerozole (małe cząsteczki HCl lub H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) mogą tworzyć się mechanicznie, gdy pozwala się na ściekanie walcówki. Ponadto z kąpeli HCl odparowują opary i może powstać H<sub>2</sub>, chyba że zostanie to stłumione przez inhibitor. Opary kwasu z kąpeli są ewakuowane. Czasami potrzebne jest skrobanie, w zależności od rodzaju kwasu i stężenia. [7, B. Gielen., 1998]

Po ciągłym wyżarzaniu w kąpeli ołowiowej następuje ciągłe trawienie w kąpeli HCl. Ze względu na krótki czas pobytu stosuje się podgrzany i stężony HCl. Opary HCl są usuwane przez skrubery z gazowych strumieni wylotowych z kąpeli HCl. [7, B. Gielen., 1998], [19, Gielen, 1999].

Zgłoszone dane dotyczące emisji HCl do powietrza z trawienia walcówki przedstawiono na rysunku 4.10. Emisję HCl zgłoszono łącznie dla 4 punktów emisji, w których wykonano łącznie 27 pomiarów. Stężenia emisji wahają się od 1,3 mg/Nm<sup>3</sup> do 24,4 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 0,05 kg/h do 0,3 kg/h. [150, FMP TWG 2018]

## **4.3.6 Emisja do wody**

### **Wyżarzanie ciągłe i patentowanie**

Ścieki powstają z wody płuczającej z kaskady płuczającej po kąpeli HCl oraz z płuczki. [7, B. Gielen.,



1998], [19, Gielen, 1999].

W przypadku stosowania kąpeli ze stopionym ołowiem do patentowania lub ciągłego wyżarzania drutów stalowych w sektorze ciągnięcia drutu, nieuniknione jest wytwarzanie kwaśnego strumienia ścieków zawierającego stosunkowo wysokie stężenia ołowiu. Zasadniczo niewielkie ilości ołowiu są wywlekane z kąpeli ołowiowej, nawet jeśli w pełni wdrożono technikę mającą na celu zminimalizowanie przenoszenia ołowiu (patrz punkt 4.4.6.2. W rezultacie obserwuje się stężenia ołowiu od 0,5 do 5 mg/l w kąpeli trawiącej znajdującej się poniżej oraz w zużytych roztworach kwasu solnego. Dalsze odprowadzanie roztworów trawiących wraz z drutami do kaskady płuczącej powoduje generalnie powstawanie kwaśnych ścieków o stężeniu ołowiu od 10 do 100 mg/l przy natężeniu przepływu od 100 do 1000 l/h, w zależności od liczby drutów i ich średnicy. Te kwaśne ścieki są oczyszczane razem ze wszystkimi innymi kwaśnymi ściekami we wspólnej oczyszczalni ścieków. Zazwyczaj usuwanie ołowiu (i innych metali śladowych) odbywa się poprzez dostosowanie wartości pH ścieków do wartości wahających się od 8 do 10 w celu wytrącenia ołowiu (i innych metali śladowych) w postaci wodorotlenków, które mają stosunkowo niską rozpuszczalność w tym zakresie pH. Zastosowanie alkalicznych środków chemicznych, takich jak NaOH lub Ca(OH)<sub>2</sub>, może zmniejszyć stężenie ołowiu do 200 - 300 µg/l, a w połączeniu z nadmiarem koagulantów stężenie to można jeszcze bardziej obniżyć do 20 - 40 µg/l. [226, R. Grommen 2020]

#### **Woda chłodząca**

W przypadku stosowania suchego ciągnięcia, ślady mydła mogą zanieczyścić spust z chłodni kominowej, jeśli maszyna ciągnąca nie jest dobrze konserwowana. [7, B. Gielen., 1998] Zanieczyszczenie wody chłodzącej występuje znacznie rzadziej w przypadku ciągarek mokrych niż w przypadku ciągarek suchych. Woda chłodząca z wyżarzania wsadowego nie jest zanieczyszczona i może być wykorzystywana do chłodzenia niektórych części pieca. [7, B. Gielen, 1998], [11, B. Gielen, Bekaert 1998].

Wszystkie dane związane z emisją do wody z procesów WD przedstawiono w rozdziale 7.2.1 dokumentu, gdzie w formacie scalonym przedstawiono liczby przedstawiające emisję do wody dla wszystkich sektorów.

### **4.3.7 Pozostałości**

#### **Mechaniczne usuwanie zgorzeliny**

Mechaniczne usuwanie zgorzeliny generuje odpady stałe: zgorzelinę, składającą się głównie z tlenku żelaza (FeO i Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) oraz śladów innych tlenków metali, w zależności od elementów stopu i zanieczyszczeń w walcówce. Najbardziej powszechna technika usuwania zgorzeliny z drutu, gięcie drutu, generuje stosunkowo grubą zgorzelinę, z niewielką ilością pyłu.

Piaskowanie, szczotkowanie i śrutowanie generują stosunkowo drobną zgorzelinę i są wyposażone w system filtrów wychytujących pył zgorzelinowy. W przypadku stosowania śrutowania, zgorzelina jest mieszana z frakcją śrutu, która nie jest odzyskiwana.

Kamień nie jest zanieczyszczony olejem lub wodą, w przeciwieństwie do tego, co ma miejsce na ogół w przemyśle taśmowym. Bardzo drobny kamień (np. pył z filtra) stanowi zagrożenie pożarowe lub wybuchowe.

#### **Chemiczne usuwanie zgorzeliny/wytrawianie**

W chemicznym usuwaniu zgorzeliny powstają odpady płynne w postaci zużytego kwasu HCl lub H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> [7, B. Gielen., 1998] Powstające odpady płynne to zużyte kwasy, częściowo przekształcone w sole metali i zanieczyszczone żelazem, ołowiem, śladami innych metali i nieorganicznymi zawiesinami. [7, B. Gielen., 1998], [19, Gielen, 1999].

#### **Zastosowanie nośnika mydlanego**

W przypadku stosowania powłoki Zn-PO<sub>4</sub> powstaje gruby osad lub kożuch z FePO<sub>4</sub> zawierający ślady

cynku, rozpuszczalnych fosforanów i chloranów lub azotanów pochodzących z kąpeli Zn-PO<sub>4</sub>. Również zużyta kąpiel nośnika mydła może powstać jako odpad płynny. [7, B. Gielen., 1998]

### **Ciągnienie na sucho**

W trakcie ciągnięcia na sucho powstają odpady smaru, składające się głównie z samego mydła ciągnącego (zazwyczaj jest to sól alkaliczna naturalnego kwasu tłuszczowego + dodatki) zanieczyszczonego produktami degradacji, powstałymi w wyniku ogrzewania smaru w matrycach, nośnika mydła oraz cząstek metali, jak Fe czy Zn w zależności od powierzchni drutu). Ponadto odpady powstają w wyniku pęknięcia matryc. [7, B. Gielen., 1998]

### **Ciągnienie na mokro**

Ciągnienie na mokro odbywa się w wodnej emulsji mydła lub oleju. Emulsja ta ulega stopniowemu zanieczyszczeniu przez zawleczenie różnych produktów z poprzednich etapów procesu, przez rozpuszczenie lub ścieranie metalu z powierzchni drutu (Fe lub innych metali, jeśli drut został pokryty w poprzednim etapie) oraz przez degradację termiczną lub biologiczną. W rezultacie smar do ciągnięcia na mokro musi być co jakiś czas wymieniany; częstotliwość wymiany można obniżyć poprzez ciągłe usuwanie niektórych zanieczyszczeń poprzez dekantację lub filtrację.

Inne strumienie odpadów to połamane matryce i przedmuch wieży chłodniczej, które mogą być zanieczyszczone śladami emulsji, jeśli wymiennik ciepła nie jest odpowiednio konserwowany.

### **Wyżarzanie ciągle**

Wyżarzanie ciągle w kąpeli ołowianej składa się z kąpeli ołowianej, po której następuje hartowanie w wodzie. Proces ten prowadzi do powstania odpadów stałych w postaci tlenków ołowiu i zanieczyszczonego ołowiem materiału pokrywającego kąpiel. Ścieki powstają jako przelew z kąpeli hartowniczej; strumień ten zawiera pewną ilość Pb. Emisje do powietrza występują w postaci pyłu (materiał pokrycia wanny, w tym niewielkie ilości Pb) oraz produktów pirolizy mydła (VOC, CO, itp.). [19, Gielen, 1999]

### **Patentowanie**

W patentowaniu powstaje odpad stały z kąpeli ołowianej w postaci tlenków ołowiu i zużytego materiału pokrycia kąpeli. [19, Gielen, 1999]

W tabeli 4.2 przedstawiono zgłoszone dane dotyczące specyficznego wytwarzania zużytego HCl, zgorzeliny i złomu dla trzech lat eksploatacji w ciągowniach drutu.

Tabela 4.2: Szczególne wytwarzanie pozostałości w ciągowniach drutu

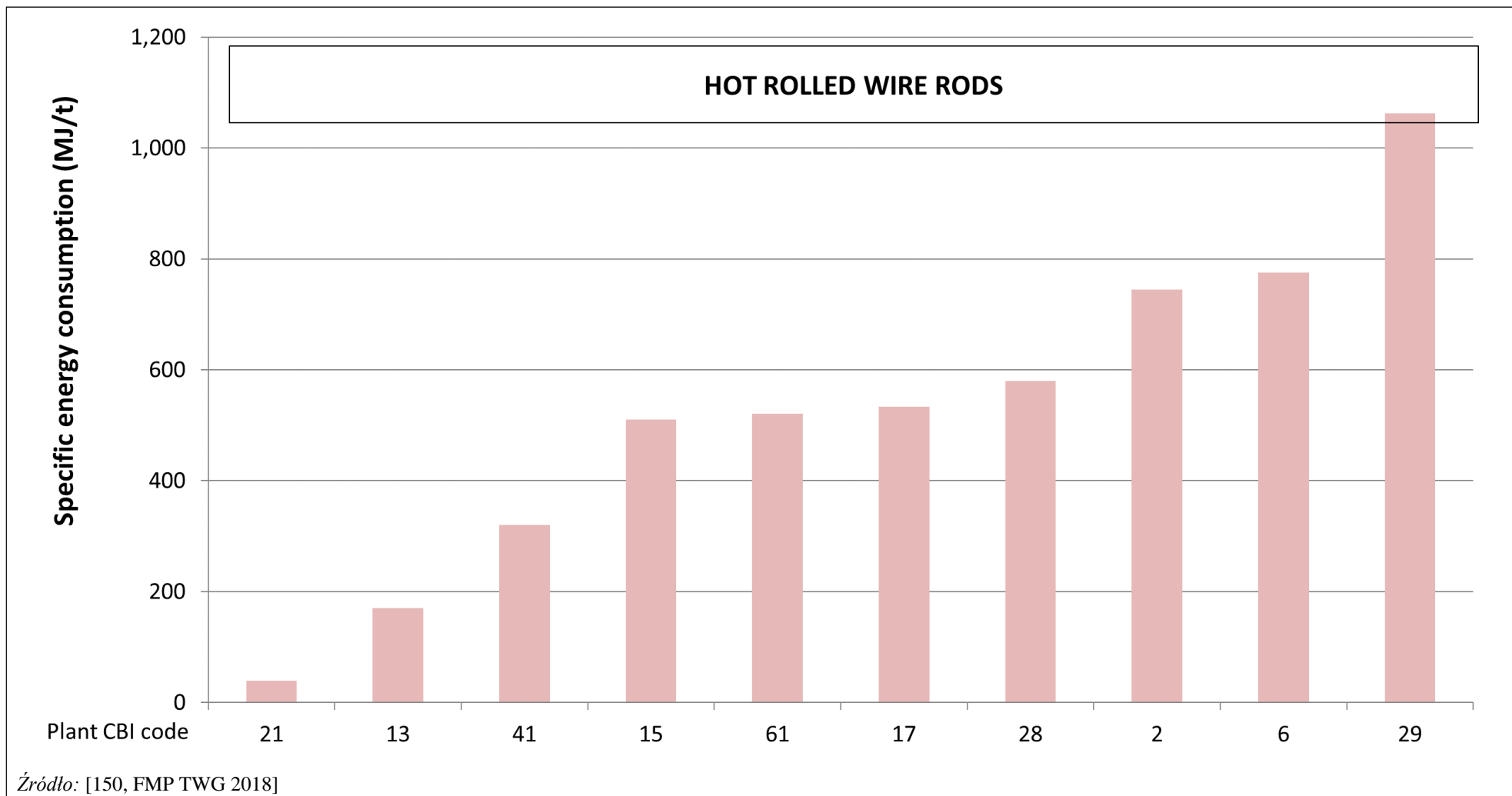
Pozostałości	Wytwarzanie specyficzne w kg/t
Zużyty płyn wytrawiający HCl	41-47
Skala	2.4
Złom	1.8
Źródło: [150, FMP TWG 2018]	

## **4.3.8 Dane liczbowe dotyczące zużycia i poziomów emisji**

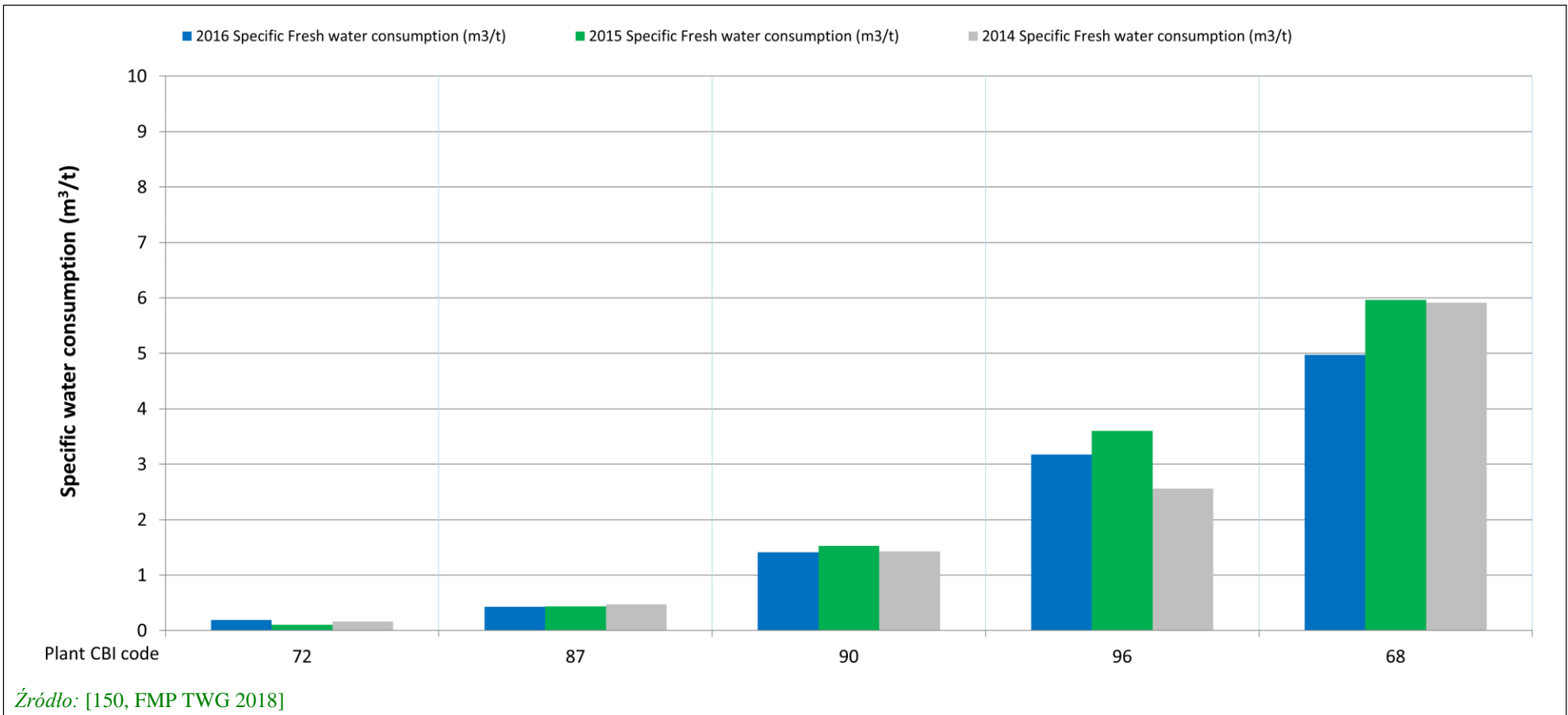
Dane dotyczące zużycia energii, materiałów i wody zostały uznane przez operatorów zakładów za poufne informacje biznesowe (CBI). W celu zachowania poufności danych, nazwy zakładów nie są bezpośrednio wymienione na wykresach, ale są zastąpione przez anonimowe i losowo przypisane kody CBI. Ponadto nie uwzględniono żadnych informacji kontekstowych (np. parametrów procesu lub zastosowanych technik), ponieważ mogłyby one ujawnić tożsamość zakładów. Wszystkie dane dotyczące zużycia są przedstawione w porządku rosnącym według wartości maksymalnego

jednostkowego zużycia energii.

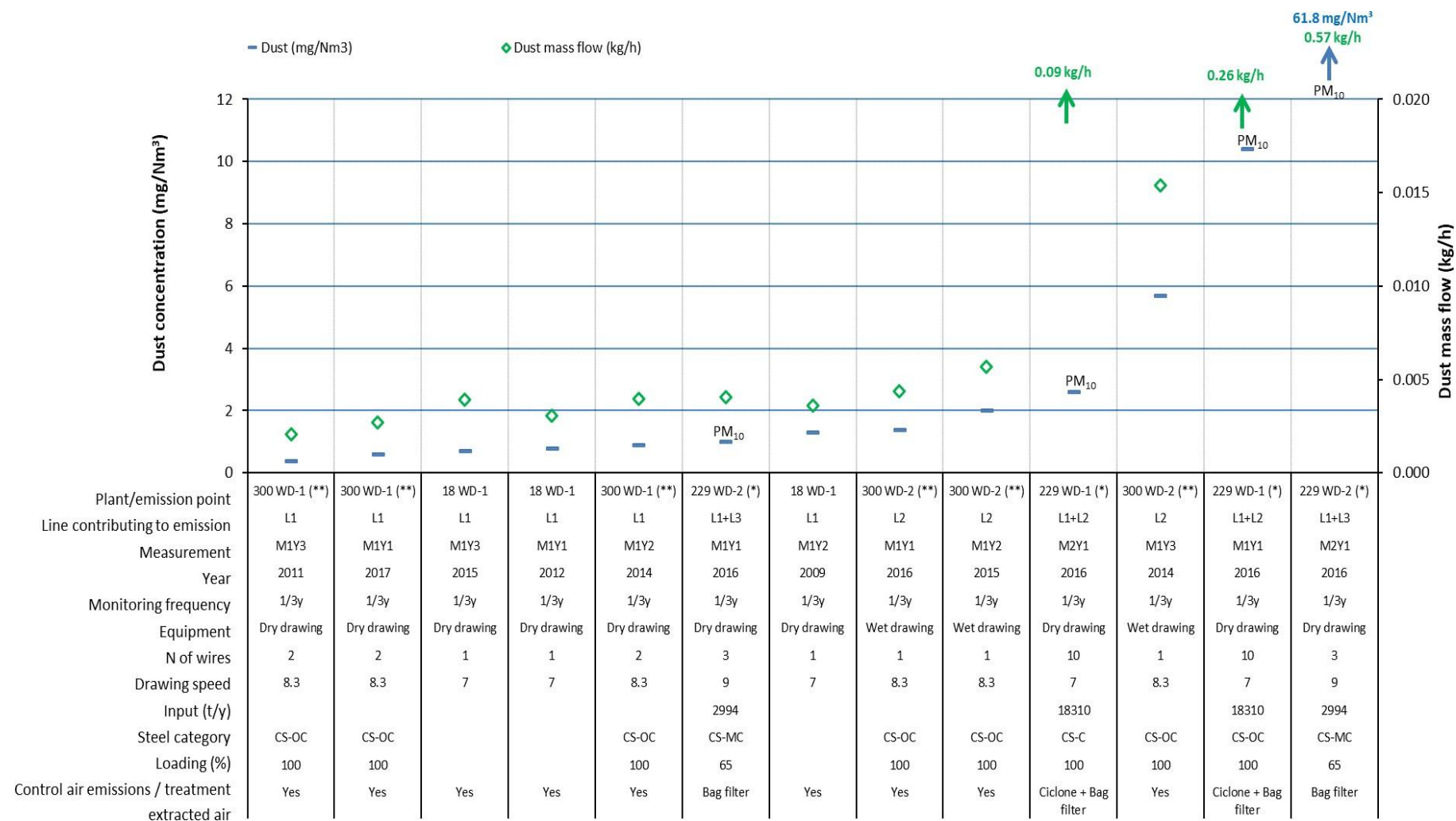
Dane liczbowe dotyczące emisji do powietrza, które są tu przedstawione, składają się z kilku sekcji. Górna część rysunku przedstawia wszystkie pomiary zgłoszone przez zakłady w ciągu trzech lat sprawozdawczych oraz odpowiadające im przepływy masowe. W przypadku procesów spalania (wyżarzanie) wykreślone wartości stężenia odnoszą się zawsze do poziomu odniesienia tlenu wynoszącego 3 %. Poniżej osi x zamieszczono dodatkowe informacje kontekstowe, takie jak na przykład kod punktu emisji, częstotliwość monitorowania, kategoria stali, prędkość ciągnięcia, temperatura wyżarzania. Na wykresach zamieszczono również informacje o zastosowanych kandydatach do BAT. W przypadku procesów spalania (wyżarzanie) uwzględnia się rodzaj stosowanego paliwa, jeżeli jest dostępny. W przypadku danych liczbowych dotyczących emisji NO<sub>x</sub>, wykreślone są również odpowiadające im emisje CO. We wszystkich przypadkach dane są uporządkowane w kolejności rosnącej maksymalnych wartości stężenia dla trzech lat eksploatacji. Wyjaśnienia skrótów użytych na wykresach dotyczących walcowania na gorąco można znaleźć w glosariuszu.



Rysunek 4.4: Jednostkowe zużycie energii (MJ/t przepustowości procesu) dla ciągnięcia drutu

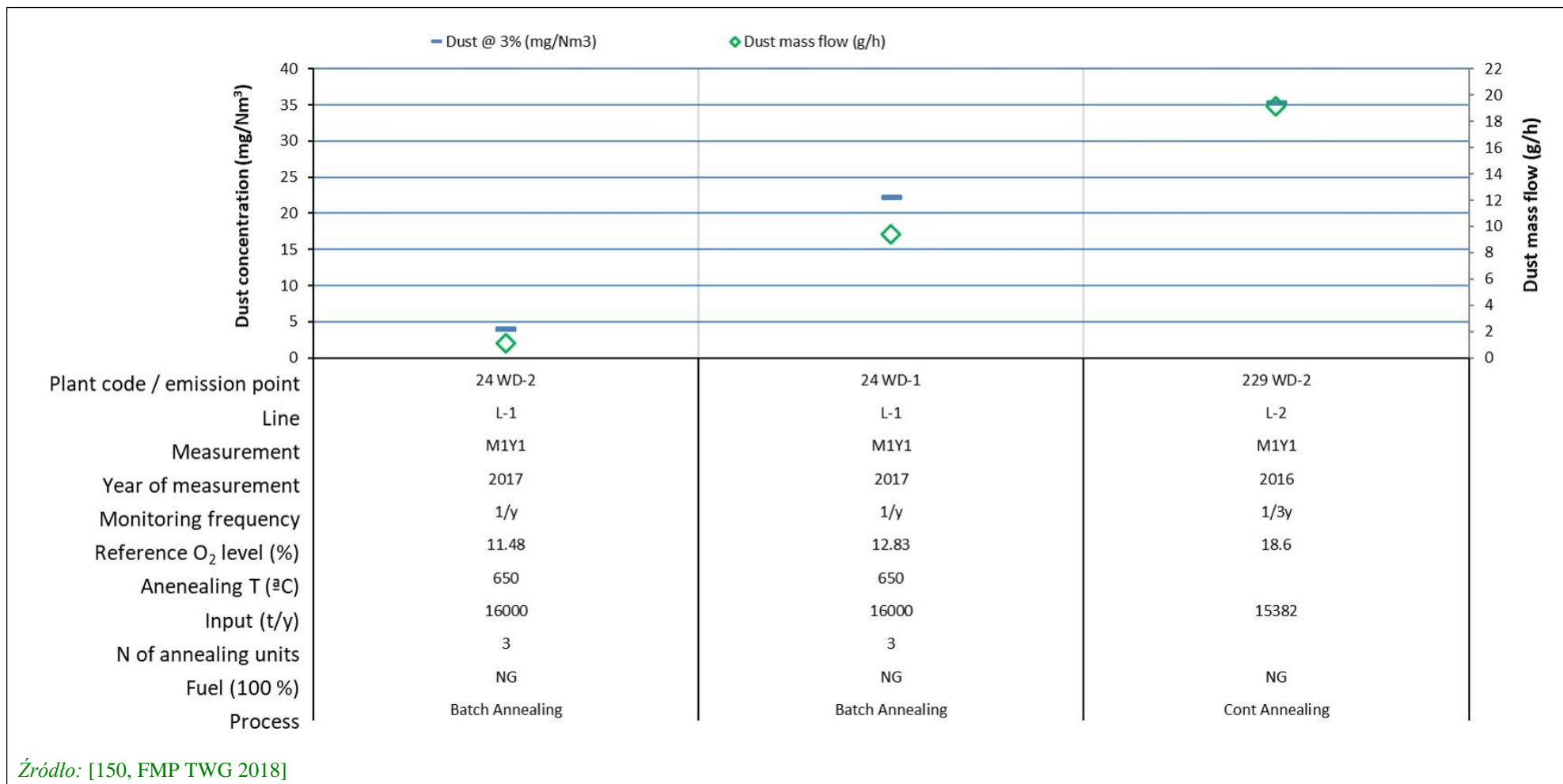


Rysunek 4.5: Jednostkowe zużycie wody (m<sup>3</sup>/t produkcji) w ciągowniach drutu

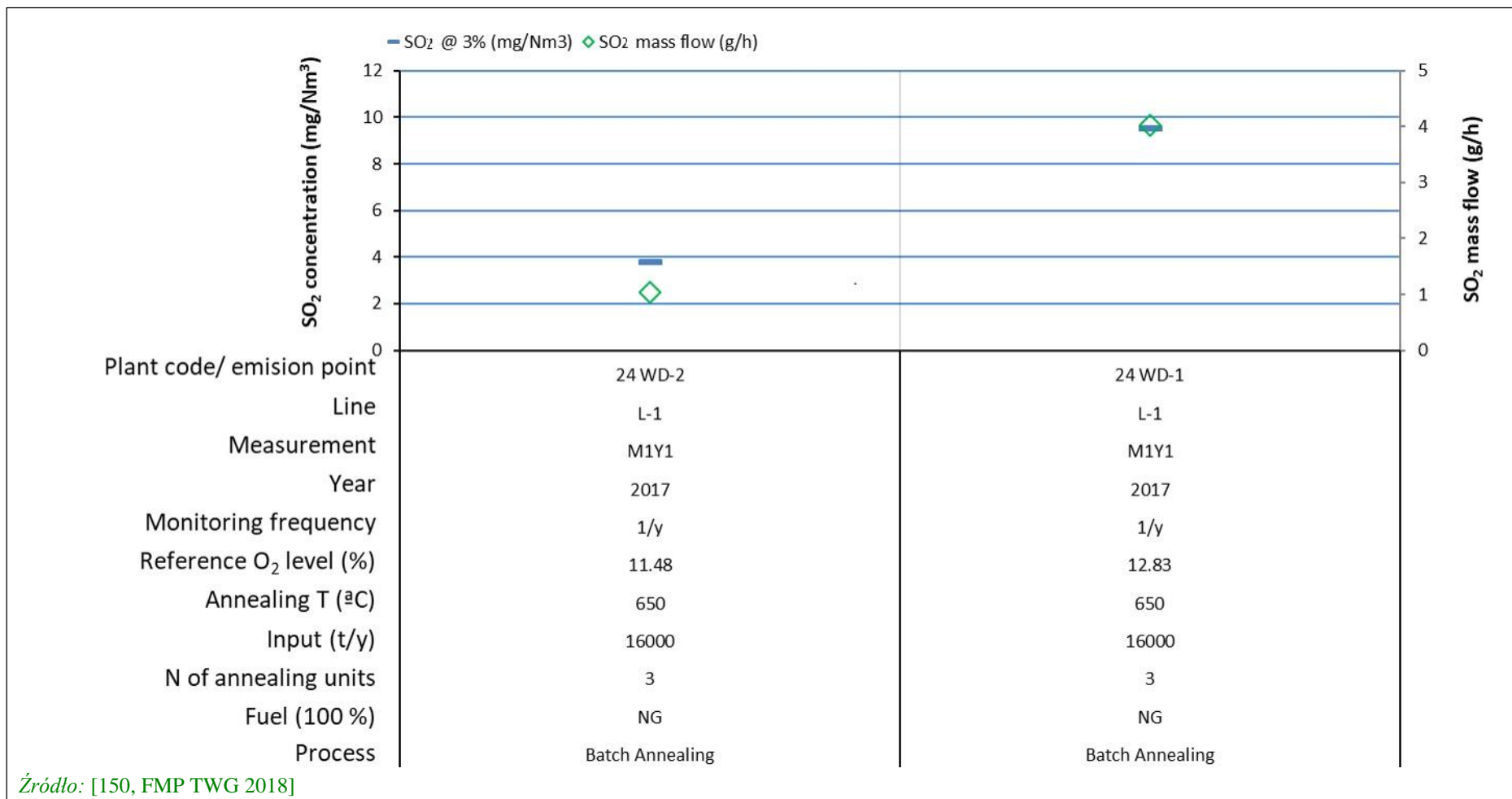


Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 4.6: Emisja pyłów z ciągnięcia drutu (ciągnięcie na mokro i na sucho)

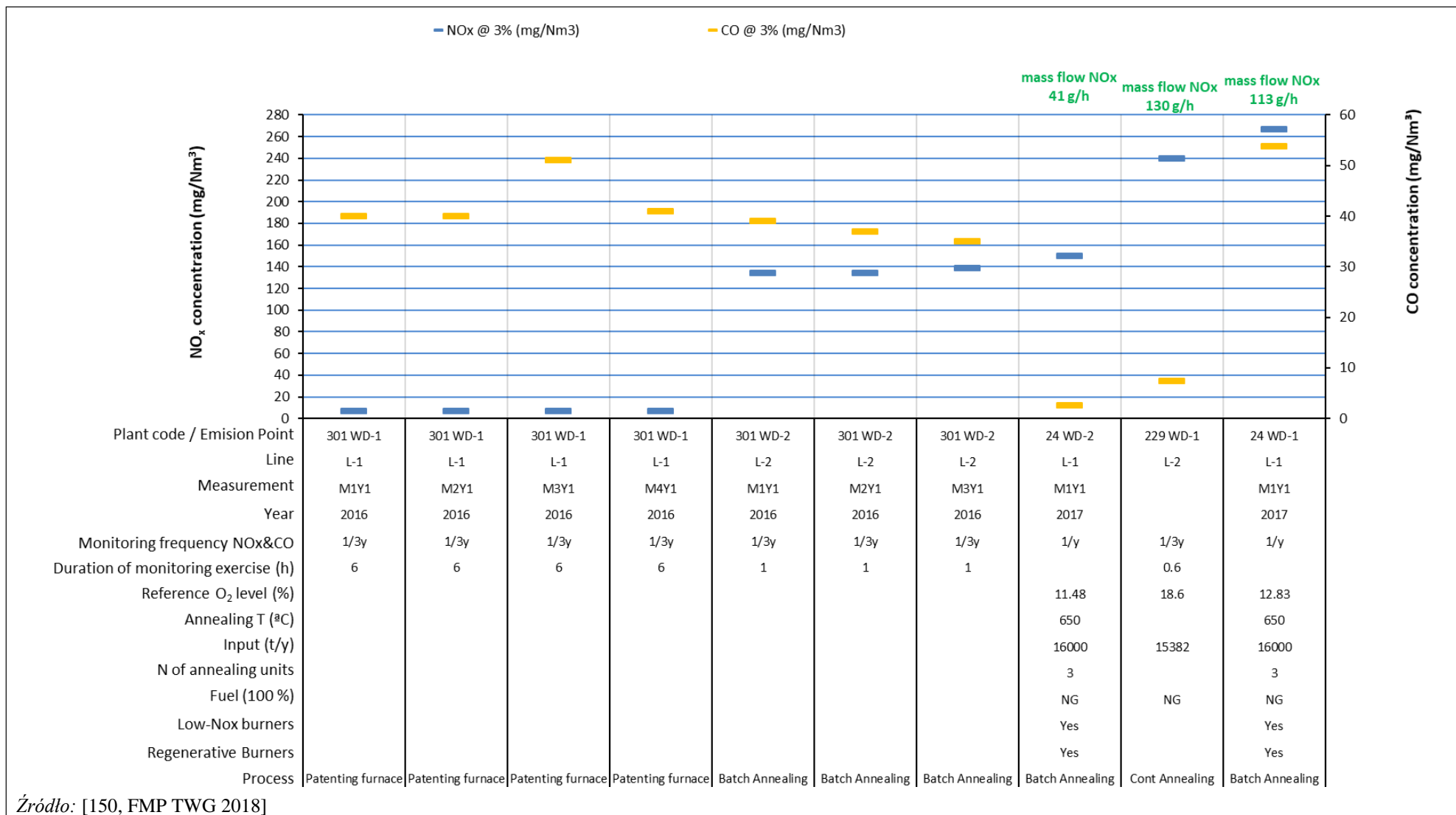


Rysunek 4.7: Emisje pyłów z ogrzewania materiału wsadowego

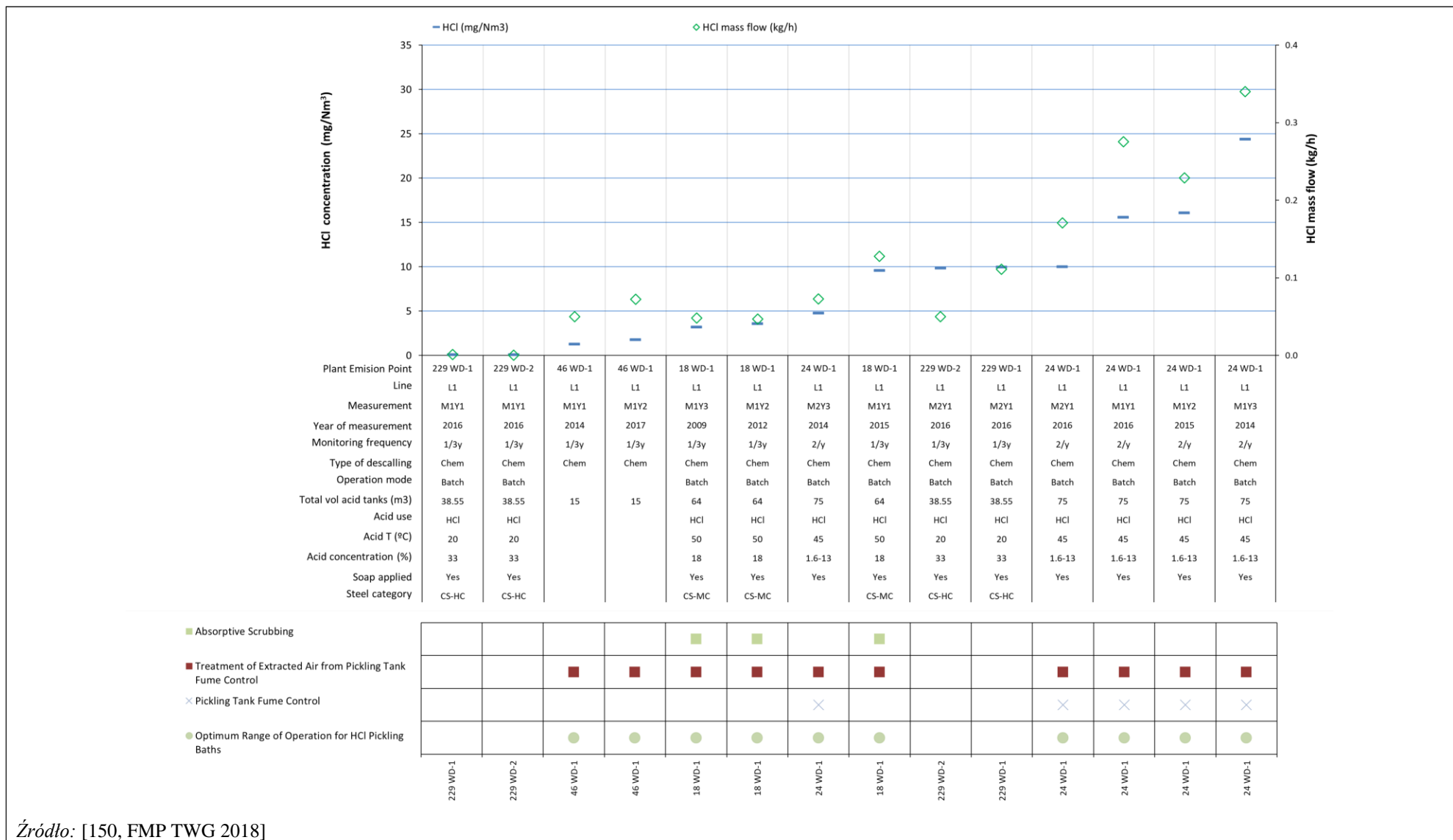


Rysunek 4.8: Emisje SO<sub>2</sub> z ogrzewania materiału wsadowego





Rysunek 4.9: Emisje NOx i CO z ogrzewania materiału wsadowego



Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 4.10: Emisje HCl z wytrawiania walcówki (w mg/Nm<sup>3</sup>) w ciągowniach drutu

## 4.4 Techniki do rozważenia przy ustalaniu BAT dla ciągnięcia drutu

W niniejszym punkcie opisano techniki (lub ich kombinacje) oraz związane z nimi monitoring, uznane za mogące zapewnić osiągnięcie wysokiego poziomu ochrony środowiska w ramach działalności objętej zakresem niniejszego dokumentu. Opisane techniki będą obejmować zarówno stosowaną technologię, jak i sposób projektowania, budowy, utrzymania, eksploatacji i likwidacji instalacji.

Obejmują one systemy zarządzania środowiskiem, jak również techniki zintegrowane z procesem oraz techniki końca rury. Uwzględniono również zapobieganie powstawaniu odpadów i zarządzanie nimi, w tym procedury minimalizacji odpadów i recyklingu, a także techniki zmniejszające zużycie surowców, wody i energii poprzez optymalizację wykorzystania i ponowne użycie. Opisane techniki obejmują również zapobieganie lub ograniczanie środowiskowych skutków wypadków i incydentów. Obejmują one również zapobieganie lub ograniczanie emisji w innych niż normalne warunkach eksploatacji (takich jak rozruch i wyłączenie, wycieki, niesprawność, chwilowe przestoje i ostateczne zaprzestanie działalności).

W załączniku III do dyrektywy wymieniono szereg kryteriów określania BAT, a informacje zawarte w niniejszym rozdziale będą dotyczyć tych rozważań. O ile to możliwe, standardowa struktura w tabeli 2.13 jest wykorzystywana do nakreślenia informacji na temat każdej techniki, aby umożliwić porównanie technik i ocenę pod kątem definicji BAT w dyrektywie.

Niniejszy rozdział nie musi stanowić wyczerpującej listy technik, które mogłyby być stosowane w sektorze. Mogą istnieć lub zostać opracowane inne techniki, które można by uwzględnić przy określaniu BAT dla indywidualnej instalacji.

W rozdziale 8 omówiono ogólne techniki (tj. te, które są powszechnie stosowane), które mogą mieć również zastosowanie do ciągnięcia drutu. Techniki te zwykle nie są powtarzane w tym rozdziale, chyba że udostępniono informacje specyficzne dla tego sektora.

### 4.4.1 Mechaniczne usuwanie zgorzeliny

#### 4.4.1.1 Ponowne wykorzystanie zgorzeliny

##### Opis

Zgorzelina zebrana podczas mechanicznego usuwania zgorzeliny poprzez gięcie wsteczne jest ponownie wykorzystywana w produkcji żelaza i stali w celu odzyskania zawartości żelaza; zgorzelina pochodząca ze śrutowania wymaga oddzielenia zgorzeliny i materiału pochodzącego ze śrutowania przed recyklingiem (patrz punkt 4.4.1.2).

##### Opis techniczny

Większość usuwania zgorzeliny w przemyśle druciarskim odbywa się poprzez gięcie wsteczne, co prowadzi do powstania zgorzeliny, która składa się głównie z tlenków metali i która nie zawiera oleju ani wody. W wyniku gięcia i skręcania drutu, zgorzelina rozpada się i spada do pojemników zbiorczych. Wszystkie firmy produkujące drut mogą przechowywać zgorzelinę oddzieloną od innych strumieni odpadów, aby umożliwić odzyskanie zawartości żelaza poprzez recykling do pierwotnego przemysłu żelaznego i stalowego. To, czy recykling zostanie przeprowadzony, czy nie, zależy w dużej mierze od zainteresowania lokalnego przemysłu stalowego, który ma niewiele do zyskania dzięki recyklingowi tej niewielkiej ilości dość trudnego w obróbce surowca wtórnego. [11, B. Gielen, Bekaert 1998]

W niektórych wyjątkowych przypadkach, gdy stosowane są ścierniwa (np. śrutowanie, piaskowanie), zgorzelina ulega wymieszaniu z innymi produktami. Odzyskiwanie śrutu z kamienia jest powszechną praktyką przynoszącą korzyści zarówno ekonomiczne (mniejsze zużycie) jak i środowiskowe (mniejsza ilość odpadów). Nieskończony odzysk nie jest możliwy i nie jest pożądany (utrata jakości, wyższy stopień powstawania pyłu).

[11, B. Gielen, Bekaert 1998]

#### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszenie ilości odpadów [11, B. Gielen, Bekaert 1998].

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

- Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń dla możliwości zastosowania tej techniki.
- Technicznie możliwe dla wszystkich skal z mechanicznego usuwania zgorzeliny z drutu (pręta).
- Ograniczenie recyklingu nie ze względu na czynniki techniczne, ale ze względu na akceptację przez potencjalnego recyklera [11, B. Gielen, Bekaert 1998].

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Zwiększona efektywność materiałowa.

#### **Przykładowe zakłady**

Zakład 300 [150, FMP TWG 2018]

#### **Bibliografia**

[11, B. Gielen, Bekaert 1998]

### **4.4.1.2 Odzyskiwanie i ponowne wykorzystanie środków do obróbki strumieniowej**

#### **Opis**

W przypadku gdy mechaniczne usuwanie zgorzeliny odbywa się poprzez śrutowanie, środki do śrutowania są oddzielane od zgorzeliny i ponownie wykorzystywane.

#### **Opis techniczny**

Śrutowanie jest możliwe jako obróbka liniowa lub zbiorcza. Polega ono na napędzaniu tysięcy cząsteczek stalowego śrutu na sekundę w kierunku powierzchni materiału. To powoduje, że zgorzelina pęka i odpada od metalu podstawowego. System czyszczenia strumieniowego składa się z następujących elementów:

- Szafy do przechowywania i zawierania operacji usuwania kamienia.
- Serii kółek do czyszczenia strumieniowego o różnej mocy w zależności od wymaganych prędkości linii, wymagań produkcyjnych, itp.
- System odzyskiwania do zwrotu zużytego śrutu lub mediów do systemu recyklingu.
- System recyklingu, w którym media są czyszczone i usuwane są małe cząsteczki pyłu i kamienia.
- Obszar magazynowania w ramach systemu, gdzie śrut jest przechowywany przed ponownym rozproszaniem go do kół wyrzutowych.
- System zbierania pyłu.

Komora wyrzutowa jest zamkniętym pomieszczeniem, w którym odbywa się operacja wyrzutowego usuwania kamienia. Seria kółek wyrzutowych jest zamontowana w szafie i napędza media, zwykle śrut

stalowy, siłą odśrodkową w kierunku drutu.

System odzyskiwania zapewnia środki do odzyskiwania zużytego śrutu i pyłu z operacji usuwania zgorzeliny i przenosi je do systemu recyklingu.

Recykling śrutu polega na oddzieleniu dobrych mediów nadających się do ponownego użycia od zanieczyszczeń i pyłu zgromadzonego w mieszance. Przepuszczając zebrane media przez separator płuczący powietrze, drobne pyły i mniejsze zanieczyszczenia są wyciągane z systemu przez efekt podciśnienia, pozostawiając oczyszczone cząstki śrutu, które są zwracane do systemu magazynowania. Z tego systemu magazynowania, media będą rozprowadzane przez serię sterowników lub zaworów z powrotem do wirników strumieniowych. Poprzez synchronizację całego systemu, ciągły przepływ mediów jest kierowany w stronę drutu, aby osiągnąć pożądane rezultaty w najszybszy i najbardziej celowy sposób.

#### ***Odkamienianie strumieniowe***

Metoda ta polega na wstępnym odkamienianiu walcówki poprzez zginanie i skręcanie oraz fluidyzacji kamienia uzyskanego w tym odkamienianiu. Następnie w specjalnej komorze, za pomocą pomp strumieniowych i sprężonego powietrza, fluidalna zgorzelina jest wdmuchiwana na powierzchnię walcówki. Pręt jest odkamieniany do swojej metalicznej powierzchni. Zgorzelina jest transportowana sprężonym powietrzem do instalacji odpylającej (cyklon, filtr tkaninowy). Zgorzelina gruba wraca do pomp strumieniowych i jest ponownie wykorzystywana. Drobny kamień jest wykorzystywany jako składnik w produkcji farb.

Metoda ta jest podobno stosowana do walcówki ze stali niskowęglowej i stali wysokowęglowej. Kolejną zaletą jest to, że nie są potrzebne żadne inne media, jak śrut czy grys.

#### **Korzyści dla środowiska**

- Zgorzelina jest zbierana oddzielnie i może być ponownie wykorzystana.
- Zużycie środków do śrutowania jest zredukowane.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń dla stosowania tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Początkowe koszty inwestycyjne i zapotrzebowanie na miejsce są według doniesień bardzo niskie.

#### **Cel wdrożenia**

Efektywność materiałowa.

#### **Przykładowe zakłady**

***Odkamienianie strumieniowe*** Fabryka Drutu w Gliwicach, Polska zastosowanie drutu niskowęglowego, obniżenie kosztów produkcji.

#### **Bibliografia**

Nie przedstawiono literatury źródłowej.

### **4.4.2 Chemiczne usuwanie zgorzeliny / wytrawianie walcówki**

#### 4.4.2.1 Kontrola emisji podczas wytrawiania

Chemiczne trawienie walcówki jest najczęściej wykonywane w trybie wsadowym. W niektórych przypadkach przeprowadzane jest również trawienie w linii produkcyjnej.

W przypadku trawienia wsadowego stosuje się ogólne techniki kontroli emisji kwasu ze zbiorników do trawienia, które opisano w punkcie 8.8.4, w tym:

- trawienie okresowe w zbiornikach wyposażonych w pokrywy lub zamykane okapy połączone z odciąganiem oparów (sekcja 8.8.4.1);
- trawienie na mokro, po którym następuje demister (sekcja 8.8.4.3).

W przypadku trawienia ciągłego zastosowanie mają ogólne techniki kontroli emisji kwasów ze zbiorników do trawienia, które opisano w sekcji 8.8.4, w tym:

- zamknięte zbiorniki do trawienia połączone z odsysaniem powietrza (sekcja 8.8.4.2);
- szorowanie na mokro, po którym następuje demister (sekcja 8.8.4.3).

#### 4.4.2.2 Odzysk kwasu

Kwasy trawiące stosowane w sektorze ciągnięcia drutu mogą być odzyskiwane przy użyciu ogólnych technik opisanych bardziej szczegółowo w sekcji 8.6.5, w tym:

- krystalizacja dla  $H_2SO_4$ ;
- odzysk przez odparowanie dla  $HCl$ ;
- pirohydroлиза poprzez prażenie natryskowe dla  $HCl$ .

#### 4.4.2.3 Ponowne wykorzystanie zużytego kwasu jako surowca wtórnego

##### Opis

Zużyty kwas może być wykorzystywany przez przemysł chemiczny jako surowiec wtórny do produkcji  $FeCl_3$  i w niewielkim stopniu do produkcji pigmentów.

##### Opis techniczny

Przemysł chemiczny wykorzystuje zużyty kwas jako surowiec wtórny do produkcji  $FeCl_3$  oraz, w niewielkim stopniu, do produkcji pigmentów. Możliwość recyklingu zużytego kwasu do produkcji wartościowych chemikaliów jest dostępna w wielu regionach Europy. Niektórzy wykonawcy narzucają lub muszą narzucić ścisłe limity dla niektórych zanieczyszczeń metalowych w zużytych kwasach. Kilku wykonawców opracowało i opatentowało ostatnio specjalne procesy usuwania  $Zn$  lub  $Pb$  np. z niektórych rodzajów zużytych kwasów. [11, B. Gielen, Bekaert 1998]

##### Korzyści dla środowiska

Zmniejszenie ilości odpadów kwasowych.

##### Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

Brak informacji.

##### Efekty krzyżowe

Brak informacji.

##### Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń dla stosowania tej techniki.

##### Aspekty ekonomiczne

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Redukcja ilości zużytego kwasu wysyłanego do utylizacji.

#### **Przykładowe zakłady**

Nie zgłoszono w zbiorze danych FMP.

#### **Bibliografia**

[11, B. Gielen, Bekaert 1998]

### **4.4.3 Ciągnięcie na sucho**

#### **4.4.3.1 Zamknięta ciągarła połączona z wyciągiem i ograniczeniem powietrza**

##### **Opis**

Cała maszyna ciągnąca jest zamknięta w celu uniknięcia rozproszenia pyłu, a powietrze jest wyciągane i oczyszczane przez filtr tkaninowy.

##### **Opis techniczny**

Nad częściami maszyny ciągnącej, które mają kontakt z drutem, instaluje się obudowę lub osłonę. Obudowa lub pokrywa musi być zaprojektowana w taki sposób, aby można ją było łatwo zdjąć w celu wykonania częstych zadań, takich jak przewlekanie drutu przez maszynę, naprawa zerwanego drutu, regulacja lub wymiana matrycy lub dodanie mydła. Powietrze wewnątrz osłony jest odsysane.

Wyciągane powietrze jest oczyszczane przez filtr tkaninowy w celu wychwycenia pyłu mydlanego.

##### **Korzyści dla środowiska**

Redukcja emisji do powietrza, zwłaszcza ulotnego pyłu mydlanego [11, B. Gielen, Bekaert 1998].

##### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

W wielu zakładach odnotowano emisję pyłu poniżej 2 mg /Nm<sup>3</sup> (np. 300 WD1, 18 WD1, 229 WD2) [150, FMP TWG 2018]

##### **Efekty krzyżowe**

Brak.

##### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Możliwość zastosowania do istniejących zakładów może być ograniczona przez układ zakładu.

##### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Celem jest ograniczenie rozprzestrzeniania się pyłu smarowego na obszarze wokół maszyny ciągnącej. Całkowite wyeliminowanie pyłu mydlanego jest niemożliwe (np. pył mydlany opuszcza ciągarła wraz z ciągniętym drutem). Celem jest przede wszystkim poprawa środowiska pracy. [11, B. Gielen, Bekaert 1998]

#### **Przykładowe zakłady**

Zakłady 300, 18 i 229. [150, FMP TWG 2018]

#### **Bibliografia**

[11, B. Gielen, Bekaert 1998]

#### 4.4.3.2 Wyciąg powietrza jak najbliżej źródła emisji dla emisji z ciągarcki

##### **Opis**

Emisje z maszyny ciągnącej są zbierane, na przykład za pomocą wyciągu kapturowego lub wargowego. Odciągane powietrze jest oczyszczane przez filtr tkaninowy.

##### **Opis techniczny**

W przypadku, gdy nie można zamontować obudowy na ciągarce, w celu zbierania i ograniczania emisji stosuje się okapy lub odciągi wargowe jak najbliżej źródła emisji. Wyciągane powietrze jest oczyszczane przez filtr tkaninowy w celu wychwycenia pyłu mydlanego.

##### **Korzyści dla środowiska**

Redukcja emisji do powietrza, zwłaszcza niezorganizowanego pyłu mydlanego [11, B. Gielen, Bekaert 1998].

##### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

##### **Efekty krzyżowe**

Brak.

##### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń dla stosowania tej techniki.

##### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

##### **Cel wdrożenia**

Celem jest ograniczenie rozprzestrzeniania się pyłu smarowego na obszarze wokół maszyny ciągnącej. Całkowite wyeliminowanie pyłu mydlanego jest niemożliwe (np. pył mydlany opuszcza ciągarckę wraz z ciągniętym drutem). Celem jest przede wszystkim poprawa środowiska pracy. [11, B. Gielen, Bekaert 1998]

##### **Przykładowe zakłady**

Brak informacji.

##### **Bibliografia**

[11, B. Gielen, Bekaert 1998]

#### 4.4.3.3 Zamknięty obieg wody chłodzącej

##### **Opis**

Woda, która jest używana do chłodzenia matryc i drutu, krąży w zamkniętej pętli, wyposażonej w mokrą wieżę chłodniczą, chłodnicę powietrza lub podobne urządzenie.

##### **Opis techniczny**

W procesie ciągnięcia wskutek tarcia nagrzewa się zarówno drut jak i ciągadło, zatem obydwa elementy są chłodzone wodą (chłodzenie pośrednie poprzez kontakt z chłodzonym bębniem ciągnącym). W celu umożliwienia ponownego wykorzystania wody chłodzącej, obieg jest wyposażony w chłodnie kominowe, chłodnice powietrza lub podobne urządzenia. [11, B. Gielen, Bekaert 1998]

##### **Korzyści dla środowiska**

Ograniczenie zużycia wody.

##### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.



### **Efekty krzyżowe**

Brak.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń dla stosowania tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Ograniczenie zużycia wody.

### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowane.

### **Bibliografia**

[11, B. Gielen, Bekaert 1998] [150, FMP TWG 2018]

## **4.4.3.4 Stosowanie podkładu podsmarowego o niskim stężeniu boraksu**

### **Opis**

Mydła niskoboraksowe stosowane są jako alternatywa dla klasycznych mydeł boraksowych.

### **Opis techniczny**

Mydła ciągnące o niskiej zawartości boraksu, o zawartości 6,5 wt-% lub niższej, są stosowane w celu zwiększenia prędkości ciągnięcia przy jednoczesnym zminimalizowaniu zużycia smaru i zmniejszeniu emisji boranów do wody. Po wytrawianiu i płukaniu, kręgi drutu lub pręty żelazne zanurzone są w gorącej kąpeli, tzw. kąpeli boraksowej, w celu uzyskania powłoki ochronnej. Aby zapewnić, że utworzona powłoka składa się z pięciowodzianu boraksu, temperaturę kąpeli utrzymuje się na poziomie około 90°C. Czas przebywania w niej powinien być odpowiednio długi, aby drut mógł się dokładnie nagrzać. Następnie powłoka boranowa jest suszona na powietrzu lub wypalana w temperaturze roboczej około 290°C. Aby przedłużyć żywotność kąpeli boraksowej, ważne jest, aby uniknąć sytuacji, w której kwasy powstałe podczas wcześniejszego procesu czyszczenia znajdują się w kąpeli boraksowej. Dlatego też istotne jest wystarczające płukanie kręgów i prętów po pobieraniu. [209, Van Den Abeele L., 2017]

### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszenie strat boranów i emisji boranów do kanalizacji.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

### **Efekty krzyżowe**

Zwiększone zużycie wody do płukania przed kąpielą boraksową.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

- Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń dla stosowania tej techniki.
- Mydła do ciągnięcia o niskiej zawartości boraksu mogą być stosowane w większości procesów ciągnięcia drutu.

### **Aspekty ekonomiczne**

Ceny niskoboraksowych mydeł ciągarskich są porównywalne z tradycyjnymi mydłami ciągarskimi.

### **Cel wdrożenia**

Mydła niskoboraksowe nie są objęte przepisami REACH.

### **Przykładowe zakłady**

Ciągarnia drutu Bekaert (Belgia): Zakład [24 WD] w zbiorze danych FMP. [301 WD] [150, FMP TWG 2018]

### **Bibliografia**

[150, FMP TWG 2018] [209, Van Den Abeele L., 2017]

## **4.4.4 Ciągnięcie na mokro**

### **4.4.4.1 Zamknięty układ wody chłodzącej**

#### **Opis**

Podczas ciągnięcia wytwarzane jest ciepło. Większość ciepła jest przekazywana do środka smarnego, który jest chłodzony za pomocą wody chłodzącej.

#### **Opis techniczny**

Operacja ciągnięcia nagrzewa zarówno drut jak i matrycę ciągnącą poprzez tarcie drutu. Ciepło to jest odbierane przez środek smarny. Smar z kolei jest chłodzony; często odbywa się to pośrednio za pomocą wody chłodzącej. [11, B. Gielen, Bekaert 1998]

#### **Korzyści dla środowiska**

Ograniczenie zużycia wody.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń dla stosowania tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Ograniczenie zużycia wody.

#### **Przykładowe zakłady**

[300 WD2]

### **Bibliografia**

[150, FMP TWG 2018] [11, B. Gielen, Bekaert 1998]

### **4.4.4.2 Oczyszczanie smaru / chłodziwa**

#### **Opis**

Do czyszczenia smaru do ciągnięcia drutu w celu ponownego użycia stosuje się obwód czyszczący, np. z filtracją i/lub wirowaniem.

#### **Opis techniczny**

Smary do przeciągania drutu, mieszalne z wodą emulsje olejowe lub oleje proste gromadzą podczas pracy drobiny metalu. Wraz ze wzrostem zawartości drobin pojawiają się problemy operacyjne, takie jak przerwy w ciągnięciu drutu, zużycie kapstanu i niska jakość drutu, co wymaga wymiany smaru. Filtracja medialna i/lub wirówki są stosowane w celu oczyszczenia środka smarnego i przedłużenia jego żywotności. [64, El-Hindi et al. 1999]

### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszenie ilości odpadów smaru z ciągnięcia [64, El-Hindi et al. 1999].

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Oczyszczenie smaru do ciągnięcia może poprawić zachowanie eksploatacyjne, ponieważ zmniejsza przerwy w ciągnięciu drutu i poprawia jego jakość (zmniejszając tym samym problemy eksploatacyjne w dalszej części procesu). [64, El-Hindi et al. 1999]

### **Efekty krzyżowe**

Wytwarzanie odpadów z mediów filtracyjnych [64, El-Hindi et al. 1999].

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń dla stosowania tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Zwiększona efektywność materiałowa.

### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowane.

### **Bibliografia**

[150, FMP TWG 2018] [64, El-Hindi et al. 1999]

## **4.4.4.3 Oczyszczanie odpadów smarów z ciągnięcia: olej i emulsje olejowe**

### **Opis**

Faza organiczna jest oddzielana od fazy wodnej, np. przez odtłuszczenie lub przez podział emulsji za pomocą odpowiednich środków, odparowanie lub filtrację membranową. Faza organiczna może być wykorzystana do innych celów (np. jako paliwo).

### **Opis techniczny**

Zob. sekcja 8.9.14.

### **Korzyści dla środowiska**

- Zmniejszona objętość składowania.
- W przypadku spalania termiczne wykorzystanie odpadów.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Obniżone koszty utylizacji odpadów.

### **Efekty krzyżowe**

Brak.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń dla stosowania tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Zmniejszenie zanieczyszczenia ścieków.

### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowane.

### **Bibliografia**

Nie przedstawiono literatury źródłowej.

#### **4.4.4.4 Obróbka i usuwanie odpadów smaru z ciągnienia: emulsje mydlane**

##### **Opis**

Jeśli ilości są małe, zużyty smar jest mieszany z innymi ściekami. Jeśli ilości są stosunkowo duże, zużyte smary są traktowane oddzielnie przez koagulację i wytrącanie, koagulację i flotację, filtrację membranową, odparowanie lub inne odpowiednie metody.

##### **Opis techniczny**

lub emulsji mydlanych na bazie alkalicznego mydła kwasów tłuszczowych, sposób postępowania zależy od ilości zużytego smaru. Jeśli ilości są małe w porównaniu z innymi ściekami z zakładu, zużyty smar jest mieszany z innymi ściekami. Mydła są wiązane w placku filtracyjnym podczas prawie wszystkich istniejących metod oczyszczania ścieków kwaśnych. W przypadku zastosowania oczyszczania biologicznego, mydła kwasów tłuszczowych ulegają łatwo biodegradacji. [11, B. Gielen, Bekaert 1998]

Jeśli ilości są porównywalnie duże, zużyte smary są traktowane oddzielnie przez koagulację i strącanie, koagulację i flotację, filtrację membranową, odparowanie lub inne dostosowane metody [11, B. Gielen, Bekaert 1998].

##### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszona emisja do wody.

##### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

##### **Efekty krzyżowe**

Wytwarzanie osadów i makuchów filtracyjnych z uzdatniania wody.

##### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń dla stosowania tej techniki.

##### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

##### **Cel wdrożenia**

Zmniejszenie zanieczyszczenia ścieków.

##### **Przykładowe zakłady**

Brak informacji.

### **Bibliografia**

[11, B. Gielen, Bekaert 1998]

#### **4.4.5 Wyżarzanie drutu partiami**

##### **4.4.5.1 Przedmuchiwanie gazem ochronnym**

##### **Opis**

Fracja gazu ochronnego, która jest stale odmulana, zawiera produkty rozkładu smarów i w niektórych typach gazów ochronnych składniki palne, które w otwartym płomieniu są przekształcane w mniej szkodliwe produkty.

### **Opis techniczny**

W celu utrzymania nadciśnienia w "garnkach" lub "dzwonach" frakcja gazu ochronnego jest stale oczyszczana. Ten strumień gazu zawiera, oprócz składników właściwego gazu ochronnego, produkty rozkładu środka smarnego. Powstają one w wyniku pirolizy/pęknięcia cząsteczek smaru; typowymi produktami rozkładu są olefiny i alkany o niskiej masie cząsteczkowej.

Te lotne składniki organiczne oraz składniki palne w niektórych rodzajach gazów ochronnych (CO, H<sub>2</sub>) powinny zostać przekształcone w mniej szkodliwe produkty. Ponieważ odmulanie polega na bardzo małym przepływie gazu palnego, dokonuje się tego po prostu w otwartym płomieniu. [11, B. Gielen, Bekaert 1998]

### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszona emisja do powietrza.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń dla stosowania tej techniki.

### **Efekty krzyżowe**

Brak informacji.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Prawodawstwo środowiskowe.

### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowane.

### **Bibliografia**

[11, B. Gielen, Bekaert 1998]

## **4.4.6 Wyżarzanie ciągle (in-line) drutu niskowęglowego**

### **4.4.6.1 Stosowanie pływających warstw ochronnych lub pokryw zbiorników na powierzchni kąpieli ołowianych**

#### **Opis**

Pływające warstwy ochronne i pokrywy zbiorników na powierzchni kąpieli ołowianych są stosowane w celu zminimalizowania strat ciepła utleniania ołowiu i zmniejszenia emisji do powietrza.

#### **Opis techniczny**

Pływającą warstwę ochronną (materiał cząsteczkowy) lub pokrywę utrzymuje się na powierzchni kąpieli ołowianej w celu zminimalizowania strat ołowiu przez utlenianie, drastycznego zmniejszenia strat energetycznych kąpieli i zmniejszenia emisji do powietrza pyłu i ołowiu.

#### **Korzyści dla środowiska**

- Zwiększona wydajność energetyczna i materiałowa.
- Zmniejszenie emisji pyłu i ołowiu.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

**Efekty krzyżowe**

Brak.

**Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń dla stosowania tej techniki.

**Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

**Cel wdrożenia**

Ograniczenie emisji ołowiu w miejscu pracy.

**Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowane.

**Bibliografia**

[11, B. Gielen, Bekaert 1998]

**4.4.6.2 Minimalizacja przenoszenia ołowiu****Opis**

Techniki obejmują wykorzystanie żwiru antracytowego do zgarniania ołowiu oraz sprzężenie kąpieli ołowianej z trawieniem na linii.

**Opis techniczny**

- Zapobieganie powstawaniu pyłu podczas usuwania zanieczyszczeń z kąpieli ołowianej.
- Zminimalizowanie wynoszenia ołowiu z drutu poprzez utrzymanie odpowiedniego stanu powierzchni półproduktu (zarówno pod względem ekonomicznym, jak i środowiskowym).
- Zminimalizowanie opadów ołowiu z drutu poprzez zastosowanie ścierki ze żwiru antracytowego lub podobnej bezpośrednio po kąpieli ołowianej.
- Zastosowanie metody, która minimalizuje/eliminuje rozprzestrzenianie się pyłu ołowianego, który jest ewentualnie wleczony z drutem. W wielu liniach produkcyjnych odbywa się to poprzez sprzężenie obróbki cieplnej w linii z trawieniem w linii. Inne metody to: pokrycie drutu odpowiednim produktem lub odpowiednie opakowanie drutu. [11, B. Gielen, Bekaert 1998]

**Korzyści dla środowiska**

Zwiększona efektywność materiałowa.

**Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Zob, sekcja 4.3.6.

**Efekty krzyżowe**

W przypadku stosowania kąpieli ze stopionym ołowiem do patentowania lub ciągłego wyżarzania drutów stalowych w sektorze ciągnięcia drutu, generowanie kwaśnego strumienia ścieków zawierającego znaczne stężenia ołowiu jest nieuniknione, nawet jeśli technika opisana w tym punkcie jest wdrażana w połączeniu z dwiema następującymi technikami (minimalizacja odprowadzania kwasu trawiącego (patrz punkt 8.6.2.9) oraz płukanie kaskadowe w odwrotnej kolejności (patrz punkt 8.7.5) [226, R. Grommen 2020]. Więcej informacji na temat oczyszczania kwaśnego strumienia ścieków zawierających ołów opisano w punkcie 4.3.6..

**Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń dla stosowania tej techniki.

**Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Zmniejszenie emisji ołowiu w miejscu pracy i przeniesienie na dalszy proces produkcyjny.

#### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowane.

W zakładzie 301 WD (zrzuty bezpośrednie i pośrednie) odnotowano emisję ołowiu na poziomie 200 µg/l i 38 µg/l w obu przypadkach w tym samym punkcie emisyjnym 1. [226, R. Grommen 2020]

#### **Bibliografia**

[11, B. Gielen, Bekaert 1998] 226, R. Grommen 2020]

### **4.4.6.3 Odciąganie powietrza jak najbliżej źródła i oczyszczanie emisji z kąpieli ołowianych**

#### **Opis**

Emisje z kąpieli ołowianej są zbierane, na przykład za pomocą wyciągu kapturowego lub wargowego, i są oczyszczane za pomocą filtra tkaninowego.

#### **Opis techniczny**

Emisje z kąpieli ołowianej są odciągane za pomocą wyciągu wargowego lub kapturowego i oczyszczane za pomocą filtra tkaninowego (patrz punkt 8.8.1.3).

#### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszone emisje z kąpieli ołowianej (Pb z samej kąpieli, CO i TOC z niepełnego spalania pozostałości na drucie). [11, B. Gielen, Bekaert 1998]

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń dla stosowania tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Prawodawstwo środowiskowe.

#### **Przykładowe zakłady**

Brak informacji.

#### **Bibliografia**

[11, B. Gielen, Bekaert 1998]

### **4.4.6.4 Zamknięty obieg kąpieli hartowniczej i oczyszczania ścieków**

#### **Opis**

Kąpiele hartownicze są eksploatowane z wykorzystaniem odzyskanej wody o niskiej jakości lub w konfiguracji zamkniętego obiegu wody. Ścieki z hartowania są oczyszczane w taki sposób, że nierozpuszczalny  $Pb(OH)_2$  i  $PbCO_3$  jest usuwany przed zrzutem.

### **Opis techniczny**

Ponieważ wymagania dotyczące jakości wody w kąpielach hartowniczych są zazwyczaj niskie, możliwe jest wykorzystanie do tego celu wody odzyskanej lub eksploatacja kąpeli hartowniczej w obiegu zamkniętym. [11, B. Gielen, Bekaert 1998]

Ścieki z kąpeli hartowniczej są oczyszczane w taki sposób, że zanieczyszczenia (głównie zanieczyszczenia nierozpuszczalnym  $Pb(OH)_2$  i  $PbCO_3$  są usuwane przed zrzutem. [11, B. Gielen, Bekaert 1998]

Istnieje kilka możliwych konfiguracji oczyszczania wody hartowniczej w zakładach ciągnięcia drutu:

- Każdy zakład musi określić swoją własną oczyszczalnię ścieków w taki sposób, aby mogła ona obsłużyć mieszaninę ścieków, które pochodzą z tego zakładu. Ta mieszanka jest różna dla każdego zakładu i w dużym stopniu zależy od zakresu produktów danego zakładu (stosowanie kwasu lub nie, dostępność usług recyklingu dla zużytego kwasu lub nie, stosowanie emulsji do ciągnięcia na mokro lub nie, stosowanie kąpeli galwanicznych lub nie i rodzaj kąpeli galwanicznych, itp.
- Jeżeli stosowana jest obróbka cieplna bez atmosfery ochronnej (np. obróbka cieplna z wykorzystaniem kąpeli ze stopionego Pb), to stosowane jest również trawienie kwasowe. W tym przypadku należy uzdatnić przynajmniej zużytą wodę do płukania zawierającą kwas i żelazo. W tym celu zakłady drutowe stosują tradycyjne fizyko-chemiczne oczyszczanie ścieków, innymi słowy neutralizację mlekiem wapiennym, a następnie wytrącanie Fe i Pb oraz innych metali ciężkich, po czym następuje dekantacja i filtrowanie-prasowanie placka.[21, Gielen, 1999].

### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszona emisja ołowiu do wody.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

### **Efekty krzyżowe**

Powstawanie odpadów/osadów z oczyszczania ścieków.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń dla stosowania tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Prawodawstwo środowiskowe.

### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowane.

### **Bibliografia**

[11, B. Gielen, Bekaert 1998][21, Gielen, 1999]

## **4.4.7 Patentowanie**

### **4.4.7.1 Optymalna praca pieca**

#### **Opis**

W palnikach stosuje się mieszanekę lekko substochiometryczną, aby wykluczyć  $O_2$  z atmosfery pieca, w celu zminimalizowania powstawania tlenków żelaza na powierzchni drutu. Nadmiar CO jest następnie przekształcany w  $CO_2$  poprzez dodanie powietrza w kontrolowany sposób do gorącego wyciągu z pieca.



### **Opis techniczny**

W palnikach stosowana jest mieszanka lekko substochiometryczna. W ten sposób cały O<sub>2</sub> jest wykluczony z atmosfery pieca, aby zminimalizować tworzenie się tlenków żelaza na powierzchni drutu. Nadmierne tworzenie się tlenku żelaza prowadzi do dużych strat materiału drutu oraz do nadmiernego zużycia kwasu trawiącego, a także prowadzi do nadmiernego przeciągania ołowiu. [11, B. Gielen, Bekaert 1998]

Nadmiar CO musi być przekształcony w CO<sub>2</sub> przez dodanie powietrza w sposób kontrolowany do gorących spalin pieca. Zawartość CO w atmosferze pieca i w spalinach musi być regularnie kontrolowana,

np. po każdej większej zmianie w mieszance produktów lub przynajmniej co miesiąc. Ze względu na metodę ogrzewania, powstawanie NO<sub>x</sub> nie stanowi problemu. [11, B. Gielen, Bekaert 1998]

### **Korzyści dla środowiska**

- Zmniejszone zużycie w kolejnych etapach procesu (np. kwas).
- Zmniejszona zawartość CO.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

W zbiorze danych FMP żaden zakład nie zgłosił stosowania tej techniki.

### **Efekty krzyżowe**

Brak informacji.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń dla stosowania tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Zmniejszone zużycie kwasu w procesie trawienia.

### **Przykładowe zakłady**

Nie zgłoszono w zbiorze danych FMP.

### **Bibliografia**

[11, B. Gielen, Bekaert 1998]

## **4.4.8 Hartowanie i odpuszczanie w oleju**

### **4.4.8.1 Przedmuchiwanie gazem ochronnym**

Zob. sekcja 4.4.5.1.

### **4.4.8.2 Wyciąg powietrza jak najbliższej źródła emisji dla emisji z kąpeli hartowniczych w oleju**

#### **Opis**

Emisje z kąpeli hartowniczych w oleju są zbierane, na przykład za pomocą bocznego wyciągu lub odciągu wargowego i są usuwane za pomocą odpylacza.

#### **Opis techniczny**

Odsysanie mgły olejowej i usuwanie jej z odsysanego powietrza.

#### **Korzyści dla środowiska**

Ograniczenie niezorganizowanej emisji do powietrza, zwłaszcza emisji oleju.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń dla stosowania tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Prawodawstwo środowiskowe.

#### **Przykładowe zakłady**

Brak informacji.

#### **Bibliografia**

Nie przedstawiono literatury źródłowej.

### **4.4.9 Obróbka cieplna drutu (różne procesy)**

#### **4.4.9.1 Indukcyjne podgrzewanie drutu**

##### **Opis**

Drut, który ma zostać podgrzany jest prowadzony przez cewkę. W tej cewce wytwarzane jest pole magnetyczne, które indukuje w drucie prąd elektryczny. Drut jest podgrzewany dzięki efektowi Joule'a wywołanemu przez indukowany prąd.

##### **Opis techniczny**

Ogrzewany drut jest prowadzony przez cewkę; w tej cewce generowane jest pole magnetyczne. Zazwyczaj stosowane częstotliwości wynoszą 5-50 kHz (grzanie średniej częstotliwości). W wyjątkowych przypadkach stosuje się ogrzewanie o wysokiej częstotliwości (znacznie powyżej 50 kHz). To pole magnetyczne indukuje w drucie prąd elektryczny; drut jest ogrzewany przez efekt Joule'a indukowanego prądu. Indukowany prąd występuje głównie w małej warstwie na zewnątrz przekroju przewodu; zjawisko to nazywane jest "efektem naskórkowości".

Możliwość zastosowania ogrzewania indukcyjnego zależy od materiału, z którego wykonany jest drut, jego średnicy i wymaganego wzrostu temperatury:

- Materiał najlepiej magnetyczny.
- Stal i niektóre stopy stali są magnetyczne. Większość rodzajów stali nierdzewnej nie jest magnetyczna. Większość powłok metalowych jest niemagnetyczna.
- Średnica drutu jest korzystnie duża, np. powyżej 2-3 mm.
- Im mniejsza średnica, tym wyższa powinna być częstotliwość, aby utrzymać wystarczający efekt naskórkowości.
- Powyżej "temperatury Curie" materiał magnetyczny traci swoje właściwości magnetyczne. Stal traci swoje właściwości magnetyczne w temperaturze około 760 °C.

Dostępne są zastosowania poza tym zakresem. Konieczne jest jednak zastosowanie drogich urządzeń wysokiej częstotliwości, a sprawność energetyczna jest przeciętnie niższa.

Zdecydowana większość zastosowań nagrzewania indukcyjnego występuje w liniach pojedynczych przewodów. Nagrzewanie indukcyjne w koncepcji pojedynczej linii drutu może być stosowane do

austenityzacji i odpuszczania. Austenityzacja jest pierwszym etapem kilku operacji obróbki cieplnej: patentowania (patrz punkt 4.4.7), hartowania w oleju i odpuszczania (patrz punkt 4.4.8).

Dokładna kontrola temperatury drutu jest niezbędna dla tych zabiegów termicznych.

Do wstępnego podgrzania drutów (np. do temperatury Curie) można wykorzystać ogrzewanie indukcyjne w koncepcji linii wielodrutowej. Innym zastosowaniem jest dyfuzja powłok Cu i Zn na drucie stalowym w celu uzyskania drutu pokrytego mosiądzem.

#### **Korzyści dla środowiska**

W zakładzie unika się emisji do powietrza ze spalania.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Typowa sprawność energetyczna ogrzewania indukcyjnego średniej częstotliwości mieści się w zakresie 60-85 %. Typowa sprawność energetyczna metody ogrzewania opartej na NG dla podobnych zastosowań wynosi 25-45 %. Biorąc pod uwagę sprawność wytwarzania energii elektrycznej na bazie gazu ziemnego, np. STAG sięgającą 50-55 %, można stwierdzić, że różnica w zużyciu paliwa pierwotnego jest prawie żadna.

#### **Efekty krzyżowe**

Zużycie paliwa (zazwyczaj gazu ziemnego lub LPG) zastępuje się zużyciem energii elektrycznej. Biorąc pod uwagę zużycie paliwa przy wytwarzaniu energii elektrycznej, ten efekt pośredni jest nieistotny.

Do chłodzenia cewki indukcyjnej potrzebna jest woda chłodząca.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Możliwość zastosowania ogrzewania indukcyjnego w koncepcji pojedynczej linii przewodowej jest dość szeroka i obejmuje aplikacje, w których wymagana jest dokładna kontrola temperatury.

Zastosowanie ogrzewania indukcyjnego w koncepcji linii wieloprzewodowej jest ograniczone do zastosowań, w których dokładna kontrola temperatury nie jest problemem, np. podgrzewanie wstępne. Możliwość zastosowania zależy od właściwości drutu. Patrz wyżej.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Brak informacji.

#### **Przykładowe zakłady**

Brak informacji.

#### **Bibliografia**

Nie przedstawiono literatury źródłowej.

### **4.4.10 Trawienie w linii**

Zob. sekcja 5.2.4.1.

## **4.5 Nowe się techniki ciągnięcia drutu**

Nie zgłoszono żadnych technik.

## 5. LINIE CIĄGŁEGO POWLEKANIA OGNIOWEGO

### 5.1 Ogólne informacje o ciągłym powlekanii ogniowym

Łączna liczba linii do ciągłego powlekania ogniowego w UE-27 i Zjednoczonym Królestwie w 2019 r. wynosi 92, o łącznej nominalnej zdolności produkcyjnej 3 724 t/h. Dokładniej, liczbę linii do ciągłego powlekania ogniowego w zależności od ich nominalnej zdolności produkcyjnej można podsumować w następujący sposób:

- 9 linii o nominalnych zdolnościach produkcyjnych w zakresie od 0 t/h do 19 t/h, dla łącznej nominalnej zdolności produkcyjnej 102 t/h;
- 32 linie o nominalnej zdolności produkcyjnej w zakresie od 20 t/h do 39 t/h, o łącznej nominalnej zdolności 955 t/h;
- 44 linie o nominalnych zdolnościach produkcyjnych w zakresie od 40 t/h do 59 t/h, o łącznej nominalnej zdolności produkcyjnej 2 191 t/h;
- 7 linii o nominalnych zdolnościach produkcyjnych w zakresie od 60 t/h do 79 t/h, dla łącznej nominalnej zdolności produkcyjnej 476 t/h.

W tabeli 5.1 podano produkcję blach powlekanych ogniowo dla kilku krajów europejskich w 2021 roku.

Tabela 5.1: Produkcja blach powlekanych ogniowo w Europie w 2021 r.

	Produkcja blach powlekanych ogniowo [tys. t]
<b>Austria</b>	2 216.7
<b>Belgia</b>	3 149.9
<b>Bulgaria</b>	0
<b>Czechy</b>	0
<b>Dania</b>	0
<b>Finlandia</b>	802.0
<b>Francja</b>	3 852.1
<b>Niemcy</b>	6 024.9
<b>Grecja</b>	0
<b>Węgry</b>	86.5
<b>Włochy</b>	4 355.8
<b>Luksemburg</b>	447.9
<b>Holandia</b>	1 204.3
<b>Polska</b>	839.9
<b>Portugalia</b>	238.3
<b>Rumunia</b>	207.0
<b>Słowacja</b>	534.0
<b>Słowenia</b>	0
<b>Szwecja</b>	7.9
<b>Hiszpania</b>	1 883.4
<b>Zjednoczone Królestwo</b>	840.3
<b>Razem</b>	26 691.5
<i>Zródło: [229, EUROFER 2021].</i>	

## 5.2 Stosowane procesy i techniki w ciągłym powlekanii ogniowym

### 5.2.1 Proces ciągłego powlekania ogniowego - przegląd

W procesie powlekania ogniowego stal jest przepuszczana ciągle przez ciekły metal. Między dwoma metalami zachodzi reakcja wytwarzania stopu prowadząca do dobrego wiązania pomiędzy powłoką i podłożem.

Metale nadające się do stosowania w powlekanii ogniowym są to takie metale, które posiadają wystarczająco niską temperaturę topnienia, ażeby nie wywoływać żadnych zmian cieplnych w wyrobie stalowym, jak na przykład: aluminium, ołów, cyna i cynk.

Podstawowe powłoki, nanoszone ogniowo na cienkie blachy stalowe są przedstawione w tabeli 5.2. Drut jest pokrywany ogniowo cynkiem (drut ocynkowany) lub cyną. Powłoka cynkowa jest stosowana głównie jako ochrona przed korozją. Cyna nadaje drutowi połysk, a także stanowi warstwę przyczepną dla stopu lutowniczego

Tabela 5.2: Głównie powłoki ogniowe dla blach stalowych

Baza powłoki	Kąpiel	Powłoka	
		Typ	Nazwa
Baza cynkowa	Zn	99,8 % Zn, 0,2 % Al	GI
	-Al	99,88 % Zn, 0,12 % Al	Galfan
Baza cynkowa	Zn	99 % Zn, 1 % Al	ocynkowa
	-Al	95 % Zn, 5 % Al	ny bez pęknięć
	Zn	91-99,5 % Zn, 0,2-6 % Al, 0,5 % Mg	Powłoka Zn-Al-Mg
	-Al		
	Zn		
	-Al		
	Zn		
	-Al		
	Zn-Al-Mg		
	Zn-Mg	99,5-95 % Zn, 0,5-5 % Mg	ZM (różne nazwy handlowe)
Baza aluminiowa	Al-Zn	55 % Al, 43,5 % Zn, 1,5 % Si	Galvalume Typ I
	Al	90 % Al, 10 % Si	Alusi
	Al-Si		

*Zródło:* [85, EUROFER, TG Coating 1998][23, Continuous Coating Shadow Group, 1999]. [154, EUROFER 2019] [218, EUROFER 2020].

Ogólnie rzecz biorąc, **linie ciągłego powlekania dla cienkiej blachy stalowej** składają się z następujących etapów:

- czyszczenie powierzchni za pomocą obróbki chemicznej i/lub termicznej;
- obróbka cieplna;
- zanurzenie w kąpeli roztopionego metalu;
- zabiegi wykończeniowe (np. skin pass, chromowanie, olejowanie).

**Ocynkownie ciągle drutu** obejmują następujące etapy:

- wytrawianie;

- topnikowanie;
- cynkowanie;
- wykańczanie.

## 5.2.2 Cynkowanie blachy stalowej (powłoka z cynku i stopu cynku )

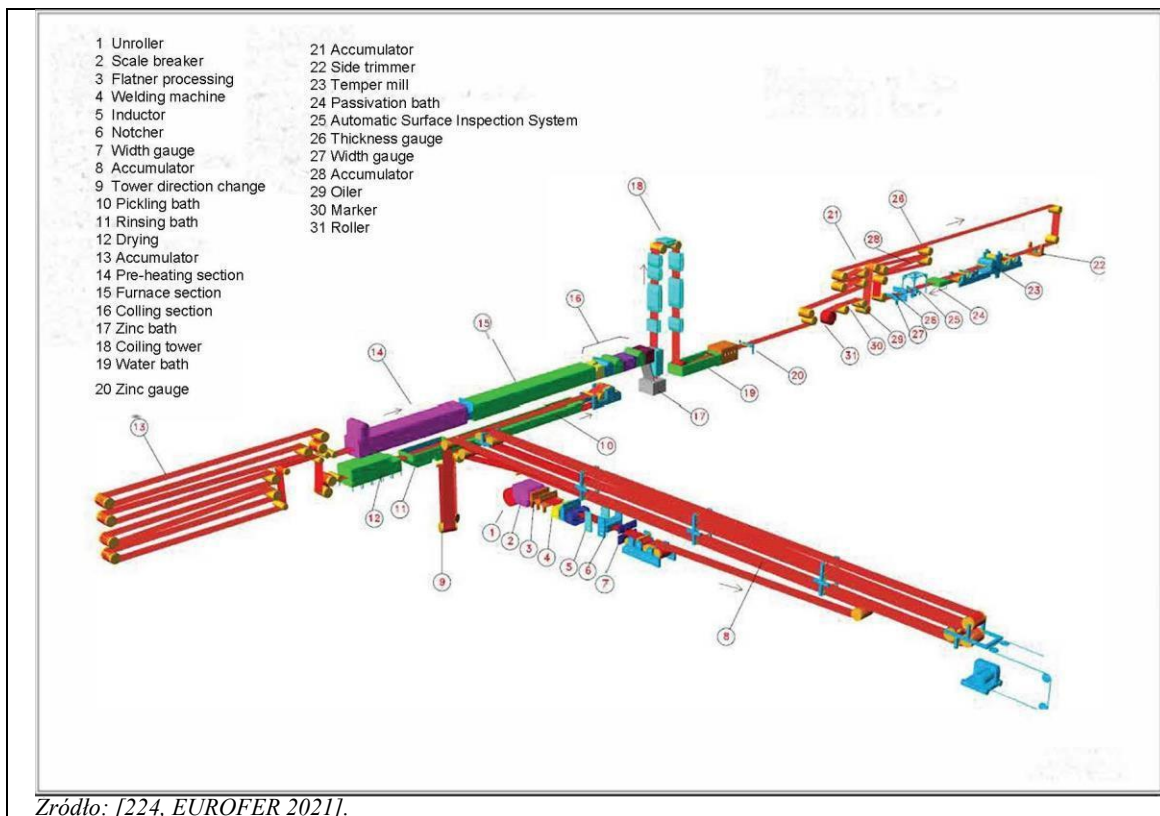
W ciągłym cynkowaniu ogniowym taśma stalowa jest pokrywana warstwą cynku lub stopu cynku w celu ochrony przed korozją. Konfiguracje instalacji mogą się różnić pod względem konstrukcji sekcji wejściowej (z/bez sekcji wytrawiania lub odtłuszczenia alkalicznego), konstrukcji pieców do wyżarzania (pionowe lub poziome) lub zakresem obróbki po cynkowaniu ogniowym (cynkowanie z przeżarzaniem itd.).

Cynkowanie ogniowe taśm walcowanych na zimno jest bardziej powszechne niż cynkowanie taśm walcowanych na gorąco. W obu przypadkach proces cynkowania jest podobny. Jednak w przypadku taśmy walcowanej na gorąco konieczne jest wcześniejsze dodatkowe wytrawianie, a do obróbki cieplnej stosuje się niższe temperatury, ponieważ nie ma potrzeby wyżarzania.

### 5.2.2.1 Wytrawianie

Wytrawianie w celu usunięcia zgorzeli jest konieczne tylko w przypadku cynkowania wyrobów walcowanych na gorąco w celu usunięcia zgorzeli walcowniczej. Odbywa się to przy użyciu kwasu solnego, a następnie płukania. Technologia jest taka sama jak w przypadku procesu trawienia opisanego w rozdziale 3 niniejszego dokumentu BAT.

Ogólną strukturę linii do powlekania ogniowego sprzężonej z sekcją wytrawiania, dedykowaną do obróbki taśm stalowych walcowanych na gorąco, przedstawiono na rysunku 5.1. [224, EUROFER 2021].



Zródło: [224, EUROFER 2021].

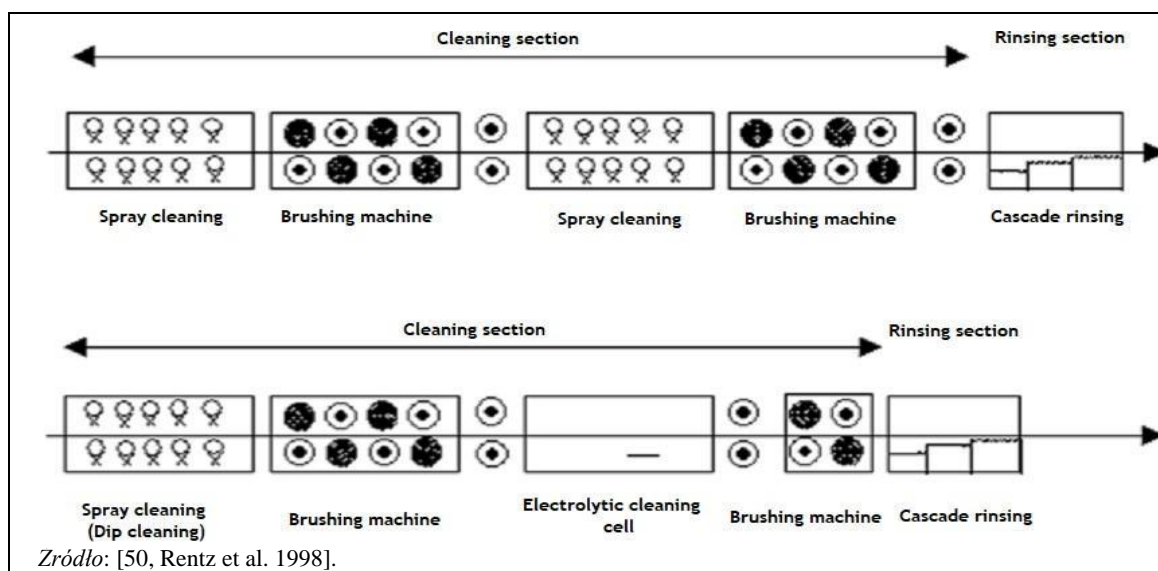
Rysunek 5.1: Ogólna struktura linii do powlekania ogniowego, przeznaczonej do przetwarzania taśm stalowych walcowanych na gorąco, połączonej z sekcją wytrawiania

### 5.2.2.2 Odtłuszczenie

Istotne jest, aby powierzchnia taśmy stalowej była wolna od zanieczyszczeń, takich jak tłuszcz, olej lub ścierane drobiny żelaza, aby zapewnić, że cała powierzchnia jest wystawiona na działanie produktu do powlekania i uzyskano silną przyczepność. Odtłuszczenie może nie być konieczne w przypadku pieców wyposażonych w sekcję pieca z bezpośrednim płomieniem (DFF), ale można je zastosować w każdym przypadku. Proces czyszczenia obejmuje kilka lub wszystkie z następujących etapów:

- odtłuszczenie alkaliczne przez zanurzenie lub przez natryskiwanie; może być połączone ze szczotkowaniem;
- odtłuszczenie alkaliczne przez system elektrolityczny; może być połączone ze szczotkowaniem;
- płukanie wodą z pośrednim szczotkowaniem między zbiornikami płukania;
- suszenie.

Rysunek 5.2 przedstawia dwa możliwe układy nowoczesnych linii odtłuszczających.



Rysunek 5.2: Układy linii odtłuszczania

Środkiem odtłuszczającym jest zawsze bezkrzemowy roztwór alkaliczny o stężeniu około 25 g/l i temperaturze od 70 °C do 95 °C. Systemy wodne są obecnie standardem, a odtłuszczenie rozpuszczalnikowe wyszło z użycia. [66, ERM 1995][23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

Ten sam roztwór wodny zawierający głównie wodorotlenki sodu, ortofosforany i związki powierzchniowo czynne jest stosowany w odtłuszczeniu natryskowym i w odtłuszczeniu elektrolitycznym. Po osiągnięciu przez roztwór w sekcji odtłuszczenia elektrolitycznego określonego poziomu oleju, jest on ponownie wykorzystywany w sekcji natryskowej (wykorzystanie kaskadowe). Możliwe jest również, że roztwór jest poddawany obróbce w centrum separacji emulsji, a następnie obróbce biologicznej [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999] Po osiągnięciu przez roztwór maksymalnej zawartości oleju jest on regenerowany, najczęściej poza zakładem. [85, EUROFER, TG Coating 1998].

Opary powstające podczas odtłuszczenia i szczotkowania są zbierane i oczyszczane przed uwolnieniem, przy użyciu wody lub roztworu sody kaustycznej, i/lub przeprowadzane przez odmulacz w celu



oczyszczenia. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999] Zużyty środek odtłuszczający oraz ścieki z operacji płukania i szrotkowania są przed uwolnieniem kierowane do oczyszczania ścieków. [85, EUROFER, TG Coating 1998]

### 5.2.2.3 Obróbka cieplna

Walcowane na gorąco i na zimno taśmy stalowe przed cynkowaniem przechodzą przez piec z kontrolowaną atmosferą w celu odtłuszczenia i wysuszenia powierzchni, poprawienia właściwości adhezyjnych powierzchni, uzyskania wymaganych właściwości mechanicznych stali oraz umożliwienia osiągnięcia przez stal wymaganej temperatury przed zanurzeniem. Stosowane są następujące rodzaje pieców:

#### **Piec z bezpośrednim płomieniem (DFF)**

Piec z bezpośrednim płomieniem (typ nieutleniający) można podzielić na różne sekcje:

- sekcja rozgrzewająca, w której taśma jest wstępnie podgrzewana za pomocą strumienia gazu pochodzącego z pieca; temperatura wzrasta z 20 °C do około 250 °C);
- sam piec, w którym cewka jest ogrzewana bezpośrednio za pomocą nieosłoniętego płomienia, osiągając temperaturę od 560 °C do 800 °C;
- strefa wyżarzania, w której elementy promieniujące (np. rury promieniujące, oporniki elektryczne) podgrzewają taśmę do temperatury 850 °C i utrzymują tę temperaturę w atmosferze redukującej (atmosfera HNX, 3-20 % wodoru);
- część nasączająca/wyrównawcza obsługiwana przez elementy promieniujące;
- dwa obszary chłodzenia, o różnej szybkości chłodzenia, gdzie temperatura stali jest obniżana przez chłodzenie strumieniowe do 450-480 °C;
- strefa wyjścia, gdzie stal trafia do kąpielii galwanicznej.

Ten typ pieca czyści powierzchnię cewki i może nie wymagać wcześniejszego odtłuszczenia metalu w zależności od wymaganych właściwości powierzchni. Podczas spalania pozostałego na powierzchni oleju powstają emisje do powietrza. Ponadto, produkty spalania H<sub>2</sub> i N<sub>2</sub> powstają w piecu (opalanym gazem ziemnym lub odsiarczonym gazem koksowniczym). [85, EUROFER, TG Coating 1998][23, Continuous Coating Shadow Group, 1999] [EUROFER 19-2-2019]

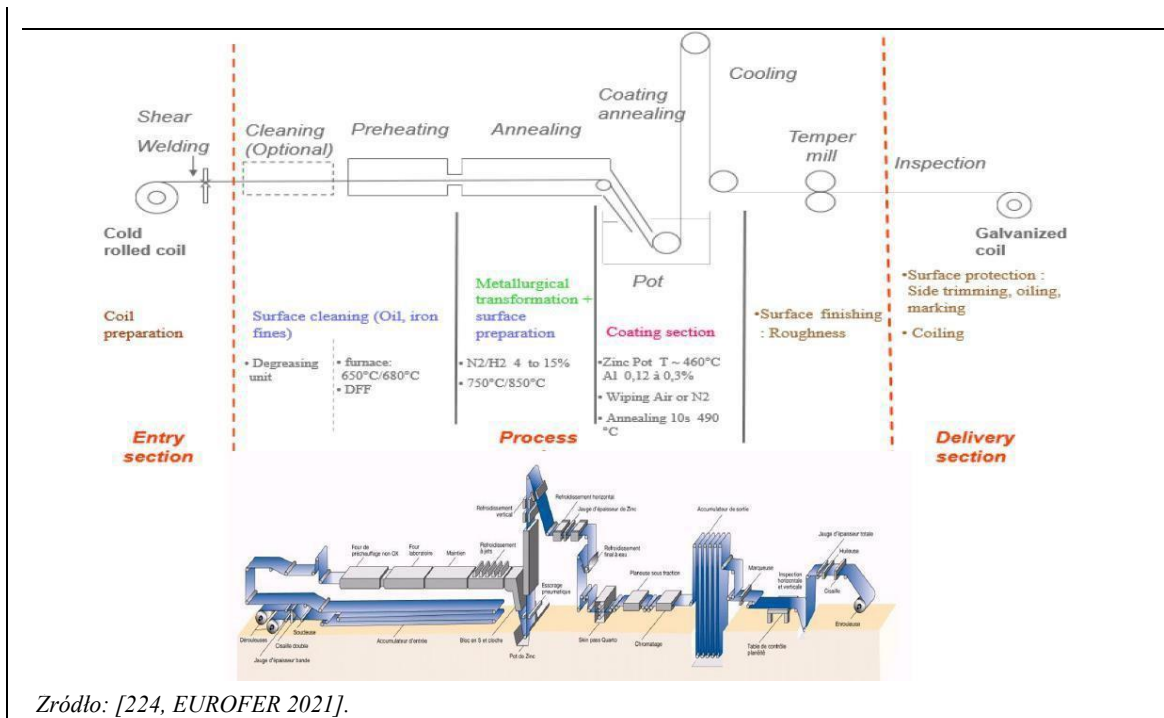
Ogólną strukturę linii do powlekania ogniowego wyposażonej w piec z bezpośrednim płomieniem do przetwarzania taśm walcowanych na gorąco i taśm walcowanych na zimno przedstawiono na rysunku 5.3.

#### **Piec z promiennikami rurowymi (RTF)**

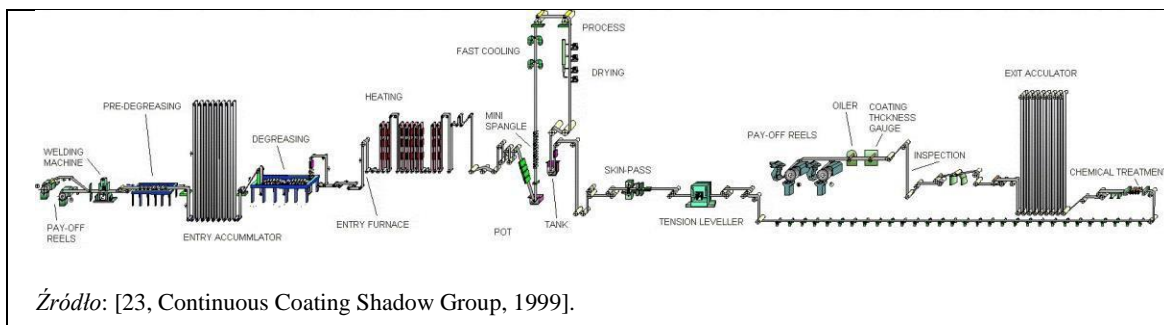
Piec z promiennikami rurowymi jest odmianą pieca z ogrzewaniem pośrednim. Gazy spalinowe krążą przez promienniki rurowe i nie mają kontaktu z taśmą. Strefa nasączania może być wyposażona w promienniki rurowe lub ogrzewanie elektryczne. Odtłuszczenie alkaliczne w połączeniu z promiennikami lub ogrzewaniem elektrycznym jest wymagane dla bardzo wysokich standardów jakościowych i poprawy przyczepności powłoki metalicznej. Obszary szybkiego schładzania są podobne do tych w DFF. [85, EUROFER, TG Coating 1998][23, Continuous Coating Shadow Group, 1999]. [24, Continuous Coating Shadow Group, 2000].

Stosowane paliwa to gaz ziemny lub odsiarczony gaz koksowniczy. W nowoczesnych piecach oszczędność energii jest sprawą pierwszorzędą. Funkcje rekuperacyjne, takie jak podczerwone podgrzewacze gazów odlotowych, wstępne podgrzewanie powietrza do spalania w piecach z bezpośrednim płomieniem i palnikach pieców promiennikowych, wstępne podgrzewanie gazu atmosferycznego w piecu i instalacja kotłów na ciepło odpadowe są generalnie stosowane wszędzie tam, gdzie jest to wykonalne.

Ogólną strukturę linii powlekania ogniowego, wyposażonej w sekcję odtłuszczenia oraz piec promiennikowy do obróbki taśm walcowanych na zimno, przedstawiono na rysunku 5.4.



Rys. 5.3: Ogólna struktura linii do powlekania ogniowego wyposażonej w piec z bezpośrednim płomieniem do obróbki taśm walcowanych na gorąco i taśm walcowanych na zimno



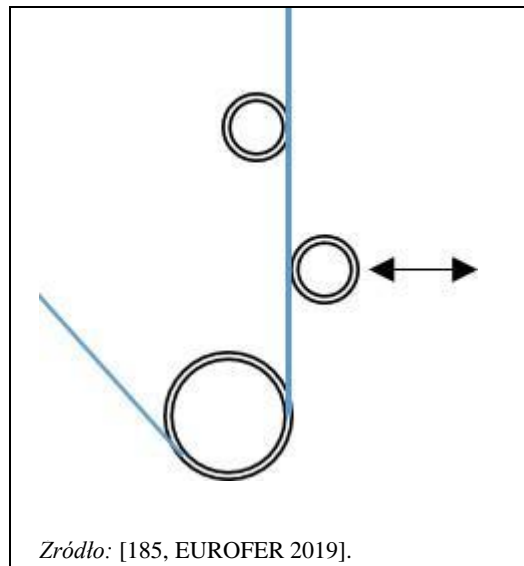
Rys. 5.4: Ogólna struktura linii do powlekania ogniowego wyposażonej w sekcję odtłuszczania oraz piec promiennikowy do obróbki taśm typowo walcowanych na zimno

### 5.2.2.4 Cynkowanie ogniowe

Wanna galwanizacyjna składa się z jednego lub kilku zbiorników, izolowanych materiałem ceramicznym (ogniotrwałym). Zbiorniki te, które mogą być stałe lub ruchome, zawierają roztopiony metal o temperaturze 400-490 °C, przez który przechodzi taśma. Kąpiel zawiera cynk i wszelkie inne wymagane dodatki (tj. aluminium lub magnez). Kąpiel zawiera wystarczającą ilość stopionego cynku, aby zapobiec dużym wahaniom temperatury roboczej, które mogą pojawić się w maksymalnych warunkach pracy. Większość waniei jest ogrzewana za pomocą elektrycznych systemów indukcyjnych. Stosowane są również oporniki elektryczne. [85, EUROFER, TG Coating 1998] [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

Gdy stal przechodzi przez stopioną kąpiel cynkową, jej powierzchnia zostaje pokryta warstwą stopową, której skład w większości odzwierciedla skład stopionej kąpieli. Powłoki mogą być oparte na Zn, jak również na Al. Mogą występować inne pierwiastki, takie jak Mg i Si. Grubość powłoki waha się od mniej niż 100 g/m<sup>2</sup> (obie strony) do ponad 800 g/m<sup>2</sup> (obie strony). [218, EUROFER 2020].

Nowoczesne wanny do cynkowania wyposażone są w system trzech rolek, przy czym dwie z nich są nieruchome, a jedna rolka jest ruchoma, jak pokazano na rysunku 5.5.



Rysunek 5.5: Szczegół systemu trzech rolek stosowanych w ciągłych kąpielach do nogniowych.

Aluminium dodaje się na ogół w niewielkich ilościach (0,15-0,19 %), aby warstwa stopu była mniej krucha, a tym samym poprawiła się możliwość formowania wyrobu przez użytkownika końcowego, przy zachowaniu dobrej przyczepności powłoki podczas operacji formowania. [203, ILZRO, 2003]. Wyższe stężenia aluminium mogą powodować problemy przy spawaniu punktowym [204, Dallin, 2015].

Kontrola temperatury i zawartości aluminium w kąpeli są niezbędne i optymalizowane w celu spełnienia indywidualnych wymagań jakościowych końcowego produktu powlekanego. [218, EUROFER 2020].

Taśma opuszcza wannę z pewną ilością płynnego cynku na powierzchni. W celu uzyskania dokładnej grubości wymaganej powłoki, taśma przechodzi przez serię dysz (noży powietrznych) umieszczonych nad powierzchnią kąpeli. Poprzez wdmuchiwanie powietrza lub azotu, nadmiar cynku jest usuwany ze stali. System jest zwykle kontrolowany przez automatyczny system pomiarowy, który mierzy grubość powłoki za pomocą technologii pomiaru promieniowania rentgenowskiego lub podobnej techniki.

Po opuszczeniu kąpeli taśma jest stopniowo chłodzona przez chłodnice powietrzne, następnie przechodzi przez wannę z wodą chłodzącą.

#### 5.2.2.5 Cynkowanie z przeżarzaniem

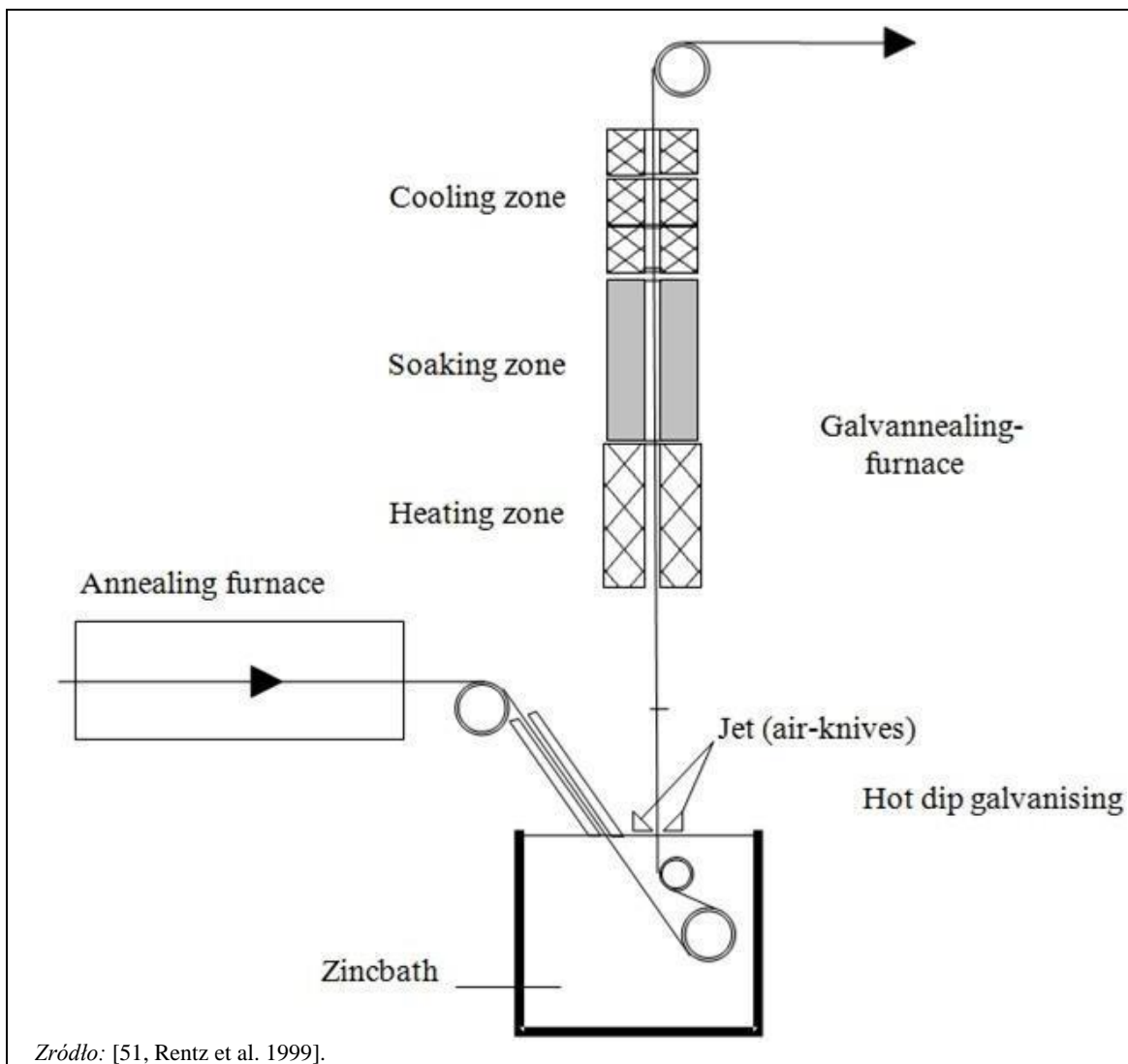
Cynkowanie z przeżarzaniem jest specjalną obróbką dodatkową w pewnych instalacjach, w których taśma, po cynkowaniu, jest ogrzewana do temperatury, która umożliwia tworzenie stopu (10 % żelaza). Cynkowanie z przeżarzaniem daje wyrobowi szczególnie gładki wygląd.

Cynkowanie z przeżarzaniem jest wytwarzaniem warstwy stopowej cynk-żelazo przez dyfuzję żelaza (Fe) ze stali stanowiącej podłoże. Dyfuzję Fe uzyskuje się przez wytrzymywanie stali przez odpowiedni czas w temperaturze około 500 °C w przypadku stali węglowej i w temperaturze około 540 °C dla nowej generacji stali o wysokiej wytrzymałości. Takie piece są podzielone na dwie strefy: strefę grzania i strefę wygrzewania. Przestrzeń dostępna dla pieca jest ograniczona. Dla takiej samej dostępnej powierzchni bardzo szybkie nagrzewanie od temperatury kąpeli cynkowej (460 °C) do temperatury wygrzewania umożliwia stosowanie dłuższych czasów wygrzewania. Niektóre piece są wyposażone w system grzania indukcyjnego w strefie grzania i w elementy elektryczne lub promienniki rurowe w

strefie wygrzewania. Technika grzania indukcyjnego charakteryzuje się krótkim czasem grzania, krótkim czasem reakcji oraz dokładną regulacją temperatury i nie występowaniem emisji na miejscu. Lepsza jest jakość stopu i powierzchni..

Inne piece do cynkowania z przeżarzaniem są wyposażone w strefę grzania i w strefę wygrzewania z promiennikami rurowymi; piece te charakteryzują się dłuższym czasem grzania. W tym przypadku miejscowe emisje i zużycie energii są ograniczane przez stosowanie palników z niskimi emisjami NO<sub>x</sub> i systemów palników regeneracyjnych lub rekuperacyjnych. [24, Continuous Coating Shadow Group, 2000].

Rysunek 5.6 przedstawia schematycznie sekcję powlekania i piec do cynkowania z przeżarzaniem.



Rysunek 5.6: Schemat sekcji powlekania linii cynkowania z przeżarzaniem

#### 5.2.2.6 Wykańczanie

Aby nadać stali specjalny wygląd powierzchni, gładkość, płaskość itp. zgodnie z wymaganiami klientów lub spełnić tolerancje szerokości, można zastosować następujące operacje:

##### **Walcowanie metodą “skin pass” / temperowania**

Niezależnie od tego, czy chodzi o cynkowanie czy cynkowanie z przeżarzaniem, wiele zastosowań

końcowych wymaga powierzchni bardziej jednolitej topograficznie niż ta, którą można uzyskać bezpośrednio z linii do powlekania ogniowego. Metoda najczęściej stosowana w celu ujednoczenia powierzchni znana jest jako "skin passing", "temper passing" lub "temper rolling" i jest wykonywana za pomocą specjalnej walcarki do skinowania lub walcarki do temperowania. Taśma jest poddawana procesowi wygładzania ("skin-passing") w celu uzyskania teksturowanej powierzchni za pomocą walcarki. Walcowanie odpuszczające na linii produkcyjnej jest ważnym elementem produkcji wysokiej jakości blach powlekanych. Eliminuje to operacje wykonywane poza linią produkcyjną, które zwiększyłyby koszty i zapewnia starannie kontrolowane wykończenie powierzchni, kontrolę własności mechanicznych i dobrą płaskość..

Konstrukcja czterowysokościowa jest powszechnie stosowana i obejmuje rolki napinające przed i po walcowni temperowej, aby umożliwić rozszerzenia do 2% w celu osiągnięcia wymaganego wykończenia powierzchni i właściwości mechanicznych. W celu uzyskania optymalnej kontroli kształtu stosuje się gięcie rolek roboczych.

W przypadku powlekanej blachy stalowej, walcowanie z odpuszczaniem jest zazwyczaj wykonywane przy użyciu rolek roboczych z wykończeniem powierzchniowym (teksturą). Wykończenie rolkowe jest częściowo nadawane powierzchni blachy i ma wpływ na zmniejszenie metalicznego połysku jasnych powłok ogniowych do jednolitego, matowego wyglądu. Obróbkę walcową można przeprowadzić na różne sposoby: na sucho lub na mokro (tylko woda lub z wodą i detergentem). Walcowanie na mokro zapobiega zanieczyszczeniu powierzchni i gromadzeniu się cynku. Powstający w tym drugim procesie roztwór z walcarki temperowej musi być zebrany i po zużyciu wysłany do oczyszczalni ścieków..

Na większości linii, to raczej obciążenie niż rozszerzenie kontroluje walcowanie z odpuszczaniem. Niewielka ilość obróbki na zimno nadana stali przez walcowanie z odpuszczaniem w celu wygładzenia powierzchni ma dodatkową korzyść w postaci wyeliminowania zjawiska granicy plastyczności, które wykazuje stal niskowęglowa (jeśli nie jest walcowana z odpuszczaniem, poziomowanie blachy również to zapewnia). Zazwyczaj typowa, nowoczesna instalacja składa się z trzech mostków, przy czym pomiędzy pierwszym a środkowym mostkiem zainstalowany jest "skin pass", a pomiędzy środkowym a trzecim mostkiem znajduje się niwelator naprężenia. [204, Dallin, 2015], [EUROFER 19-2- 2019].

### **Niwelacja naprężeń**

Niwelator naprężenia, umieszczony bezpośrednio za walcem z odpuszczeniem, zapewnia doskonałą płaskość przy zachowaniu precyzyjnej kontroli wydłużenia. Obecność pośrednich walców mostkowych pomiędzy walcarką z odpuszczeniem a niwelatorem umożliwia kontrolę wydłużenia, niezależnie od trybu pracy walcarki z odpuszczeniem. Za pomocą niwelatora można osiągnąć wydłużenie do 1,5%. Niwelator naprężeń eliminuje nierówności, takie jak falistość, łuki lub krzywizny wzdłużne i poprzeczne. Zapewnia to równy produkt końcowy. [204, Dallin, 2015], [185, EUROFER 2019].

### **Obcinanie krawędzi**

Dla pewnych zastosowań musi być wykonywane obcinanie krawędzi dla uzyskania wymaganych tolerancji szerokości i dla uniknięcia małych wad typu psiej kości. Istnieją dwa miejsca na realizowanie tego procesu:

- w linii trawienia przed walcowaniem na zimno;
- w procesie powlekania ogniowego (odejście boczne na wyjściu linii).

Procedura doskonałego wyrobu próbuje ograniczać ten proces do minimum w celu zwiększenia uzysku linii. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

### **5.2.2.7 Obróbka końcowa**

Po nałożeniu powłoki taśmy stalowe są zazwyczaj poddawane obróbce wtórnej, aby zapobiec uszkodzeniom powierzchni i wadom, takim jak biała rdza spowodowana kondensacją wody w przypadku niewystarczającego dostępu powietrza. Duże ślady korozji, takie jak wodorotlenki cynku

(biała rdza), utrudniają dalszą obróbkę, np. malowanie. Należy zasadniczo zapobiegać tworzeniu się kondensatu podczas transportu i magazynowania. Odporność na białą rdzę jest znacznie zwiększona poprzez zastosowanie obróbki końcowej, takiej jak olejenie, pasywacja, fosforanowanie, powlekanie organiczne lub kombinacja takich zabiegów. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

**Zabezpieczenie przed powstawaniem odcisków palców:** obróbka wałkami wyżymaczkowymi powłoki bazowej z polimeru na powierzchni taśmy. Nakładana jest powłoka o masie (po wyschnięciu)  $< 1,5 \text{ g/m}^2$  na stronę.

### Olejenie

Do nanoszenia mokrej warstwy oleju na powierzchnię taśmy stosuje się najczęściej olejarki elektrostatyczne lub rzadziej zanurzeniowe lub wingrolle. Powłoka olejenia wynosi od  $0,25 \text{ g/m}^2$  /strona do  $3 \text{ g/m}^2$  na stronę. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

### Pasywacja

Pasywowane chemicznie taśmy stalowe z przemysłu hutniczego są produkowane w linii produkcyjnej do cynkowania. Oznacza to, że roztwór pasywacyjny jest наносzony przez głowicę natryskową na górną i dolną stronę (zbędna mokra warstwa jest ściągana za pomocą walców z twardej gumy) lub podawany za pomocą chemcoatera na gołą taśmę ocynkowaną. Mokra taśma jest następnie suszona (np. suszarka na gorące powietrze, suszarka na podczerwień).

#### Techniki pasywacji

Istnieje wiele możliwości, które zależą od składników pasywacji chemicznej (poniżej niewyczerpująca lista):

- I. Pasywacja Cr (VI) (choć nie jest to uważane za BAT ze względu na kwestie środowiskowe);
- II. Pasywacja bez Cr; np. składająca się ze związków manganu, cynku, fluorku tytanu, fosforanów i molibdenianów;
- III. Pasywacja bez Cr dwa; z systemem organicznym, np. składającym się z polimerów akrylowych i karboksylowych oraz fosforanów;
- IV. Cr (III) - pasywacja; np. składająca się ze związków fluorków Cr (III).

Stosowanie związków chromu (VI) podlega zezwoleniu w ramach REACH, ponieważ związki te znajdują się w wykazie zezwoleń zawartym w rozporządzeniu REACH (1907/2006) (załącznik XIV). Datą ostateczną dla stosowania związków chromu (VI) z tego wykazu był dzień 21/09/2017. Aby podmioty gospodarcze mogły nadal stosować związki Cr (VI) po tej dacie, konieczne jest uzyskanie zezwolenia; w przeciwnym razie nie jest już możliwe stosowanie tej techniki pasywacji.

Więcej informacji na temat technik pasywacji bez Cr i Cr (III) można znaleźć w sekcji 5.4.1.5.6.

### Fosforanowanie

Przy fosforanowaniu nakłada się powłokę fosforanową w ilości około  $1-1,8 \text{ g/m}^2$ . Zabieg fosforanowania polega mniej więcej na reakcji strącania kryształów fosforanu cynku na powierzchni powłoki metalowej, wywołanej wzrostem wartości pH na powierzchni metalu w wyniku reakcji wytrawiania. Można zastosować proces fosforanowania trójkationowego (kryształ hopeitu  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$  zawiera około 1 % niklu i 5 % manganu). Proces ten tworzy więc taką samą strukturę chemiczną powłoki fosforanowej, jak czynią to wysokiej jakości procesy fosforanowania samochodów i sprzętu AGD. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

#### 5.2.2.8 Obiegi wody chłodzącej

W instalacjach powlekania woda chłodząca jest potrzebna do odprowadzania nadmiaru ciepła z pieców. Część energii cieplnej jest emitowana bezpośrednio do powietrza (z gazami odpadowymi) przez taśmę powlekaną lub powietrze hali. Reszta ciepła jest przekazywana wodzie chłodzącej. Głównymi konsumentami wody chłodzącej są piec (łożyska rolek) i końcowe chłodzenie taśmy.

Instalacja do nakładania powłok jest zasilana wodą chłodzącą recyrkulowaną z centralnych systemów wody chłodzącej. W tych systemach pompy transportują wodę chłodzącą do odbiorników; ogrzana woda jest zawracana i ponownie schładzana w płytowych wymiennikach ciepła z wodą przemysłową (np. z rzeki).

Dzięki zastosowaniu zamkniętych obiegów wody chłodzącej, woda przemysłowa, nawet w przypadku nieszczelności chłodnicy, nie ma kontaktu z urządzeniami odbiorników; zapobiega się więc przedostawaniu się chemikaliów lub oleju do wody przemysłowej i zanieczyszczaniu kanalizacji.

Istnieje kilka wariantów schładzania; dwa z nich to:

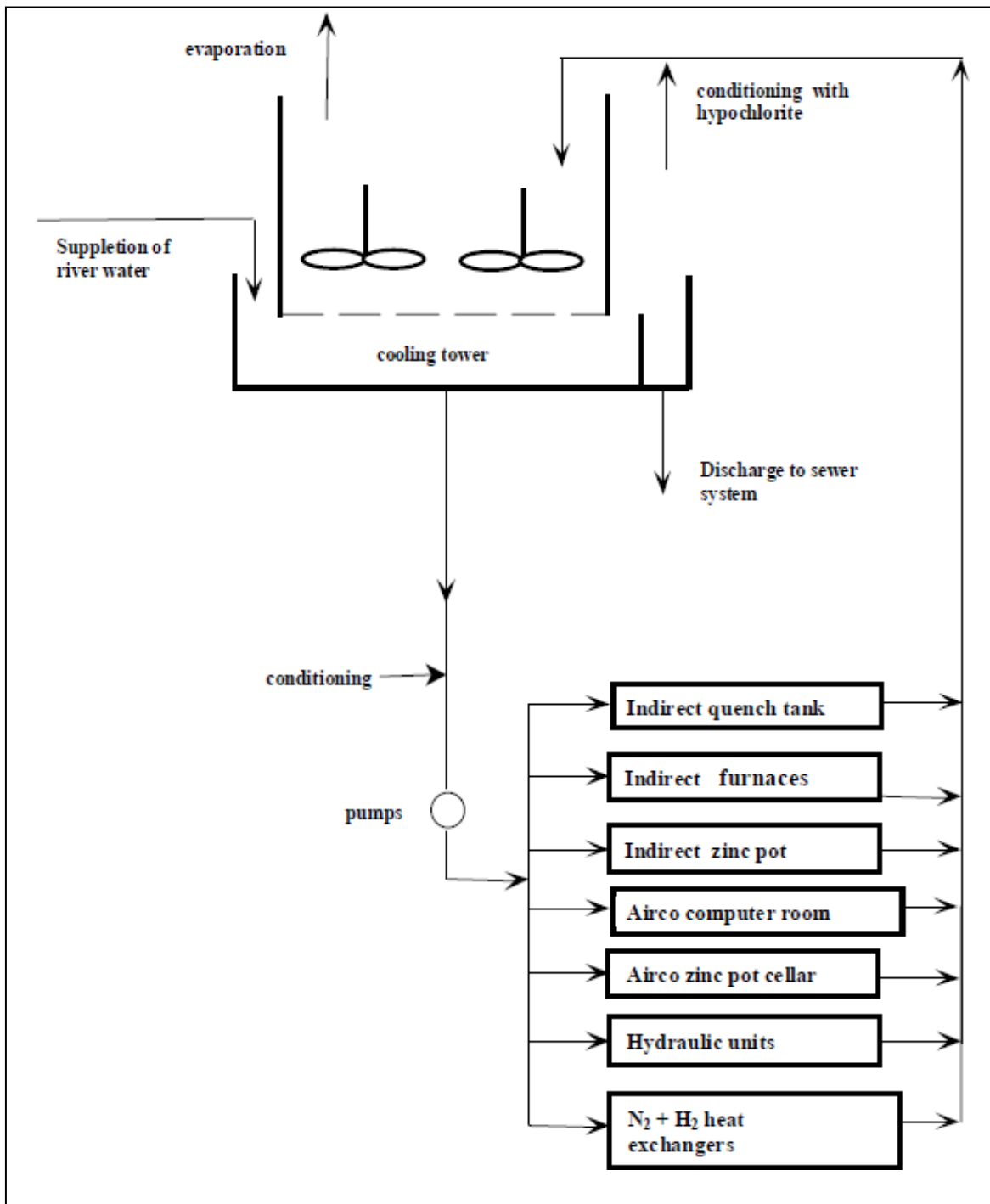
- schładzanie wodą przemysłową w wymiennikach ciepła;
- schładzanie przez odparowanie w chłodniach kominowych.

Schładzanie w wymiennikach płytowych, w porównaniu ze schładzaniem w chłodni kominowej, posiada taką zaletę, że można zaoszczędzić znaczne ilości chemikaliów do obróbki wody chłodzącej (takich jak inhibitory korozji, stabilizatory twardości, dyspergatory i biocydy), i nie są one zrzucane do systemu ścieków. Inną zaletą jest to, że nie ma konieczności zrzutów przepływu częściowego z wysoką zawartością soli, powodowaną przez parowanie, jak to ma miejsce w przypadku chłodni kominowych. [85, EUROFER, TG Coating 1998].

#### **Typowa konfiguracja obiegu chłodzenia z chłodniami kominowymi**

Niewielki zrzut do systemu ścieków, jaki jest konieczny dla utrzymania niskiego stężenia soli w wodzie, odbywa się przeważnie w sposób ciągły. Dozowane są algacydy (dla uniknięcia nasycenia strefy kontaktowej pomiędzy wodą i powietrzem). Częstotliwość ich dodawania jest zmienna, zależnie od pogody (pomiędzy 1 i 3 razy/tydzień).

Inne środki chemiczne mogą być konieczne w zależności od składu wody używanej w obiegu (twardość itp.).



Rysunek 5.7: Typowa konfiguracja obiegu chłodzenia z chłodniami kominowymi

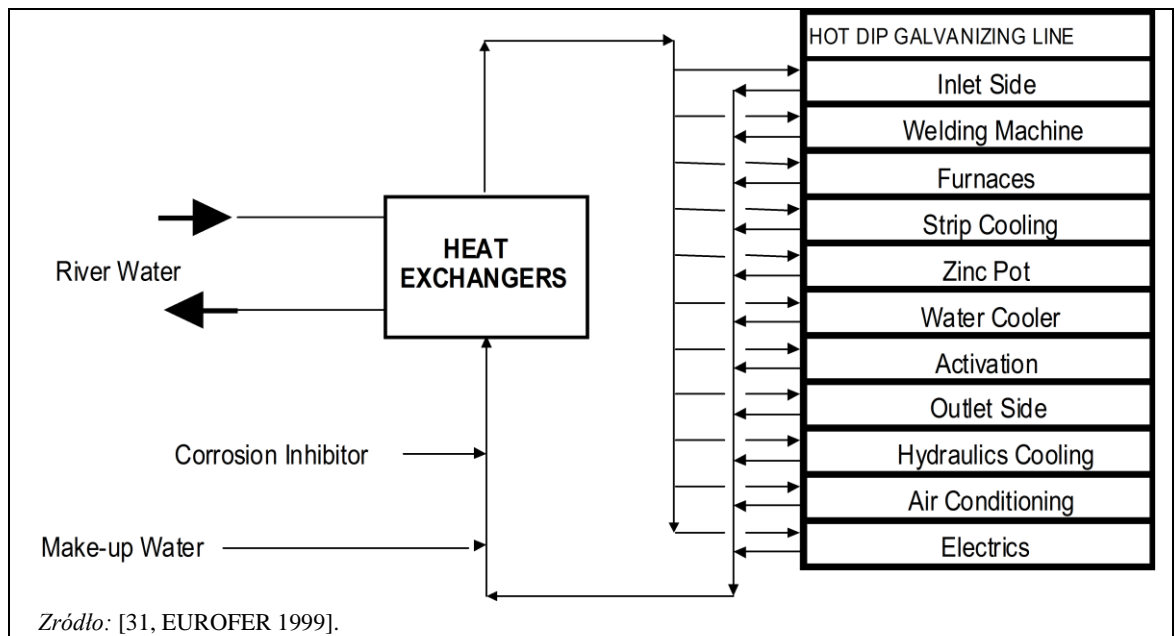
### Konfiguracja obiegu wodnego z płytowym wymiennikiem ciepła

Woda chłodząca jest recykulowana w kilku zamkniętych systemach chłodzenia i ogrzewana przez ciepło wydalone z procesu (chłodzenie maszyn, chłodzenie gazu itp.). Woda chłodząca jest ponownie schładzana przez wodę rzeczna w wymiennikach ciepła. Woda rzeczna po stronie wtórnej wymiennika ciepła nigdy nie ma kontaktu z taśmą lub szkodliwymi mediami i dlatego nie jest zanieczyszczona. Woda staje się jedynie obciążona cieplnie i może być odprowadzona z powrotem do rzeki. Głównymi odbiorcami wody chłodzącej są piece do podgrzewania i wyżarzania, wanny do cynkowania ogniowego, kilka chłodziń wałków, nurnikowe chłodnice wodne, sekcja aktywacji, wyposażenie elektryczne, hydraulika i klimatyzacja.



Całe ciepło, które nie zostało usunięte przez wodę chłodzącą, musi zostać odprowadzone w postaci gazów odlotowych lub do otoczenia.

Dzięki temu systemowi nie ma potrzeby dodawania algicydu i środka zapobiegającego osadzaniu się kamienia. Woda wylotowa jest obciążana jedynie ciepłem. Jest to korzystne, jeśli woda w instalacji nie ma kontaktu z żadnymi zanieczyszczeniami.



Rysunek 5.8: Układ wody chłodzącej z wymiennikami ciepła

### 5.2.2.9 Obieg wody / Gospodarka wodna

Woda procesowa to woda używana do uzupełniania roztworów chemicznych lub mająca bezpośredni kontakt z taśmą (np. woda do bezpośredniego chłodzenia taśmy). Może ona zostać zanieczyszczona w procesie i musi być wtedy traktowana jako ściek. W liniach cynkowania stosowane są następujące strumienie wody technologicznej, które ostatecznie odprowadzane są jako ścieki:

- Woda uzupełniająca (zazwyczaj dejonizowana) do przygotowania koncentratu w sekcjach chemicznej obróbki taśmy (obróbka wstępna, obróbka elektrolityczna, obróbka końcowa). Różne koncentraty są natryskiwane na taśmę lub taśma jest przepuszczana przez kąpiel koncentratów lub różne koncentraty są nakładane za pomocą chemcoaterów. [218, EUROFER 2020] Koncentraty są zwykle recykulowane przez pompy. Podczas recykulacji są one klarowane lub filtrowane w zakładach recyklingu. Tylko niewielki strumień odprowadzany jest do stacji uzdatniania wody.
- Ścieki z operacji płukania i szrotkowania w odtłuszczaniu, gdzie taśma, nawet jeszcze niepowleczone, ma kontakt z wodą technologiczną w sekcji odtłuszczania.
- Woda płuczająca (zwykle dejonizowana) dla sekcji obróbki chemicznej (obróbka wstępna, obróbka elektrolityczna, obróbka wtórna). Woda płuczająca służy do usuwania pozostałego koncentratu z taśmy. Woda jest rozpylana na taśmę w kaskadzie sekcji płukania, przy czym woda płynie przeciwbieżnie do taśmy. Ostatecznie jest ona odprowadzana jako ściek o niskim stężeniu do oczyszczalni ścieków.
- Woda uzupełniająca do chłodziarki wodnej. W chłodziarce wodnej, taśma jest chłodzona najpierw przez recykulowaną wodę natryskową, a na końcu przez kąpiel wodną z zanurzonym walcem zwrotnym. Woda jest zanieczyszczona pyłem ściernym i musi być od czasu do czasu odprowadzana do stacji uzdatniania wody w walcowni wygładzającej typu skin-pass.
- Woda natryskowa dla walcarki wygładzającej. Woda jest stosowana do oczyszczania walców

roboczych. Jest ona natryskiwana na walce i zanieczyszczana pyłem ściernym, zawierającym Zn i olejem smarowym, i jest zrzucana do oczyszczalni ścieków walcarki wyładzającej. .

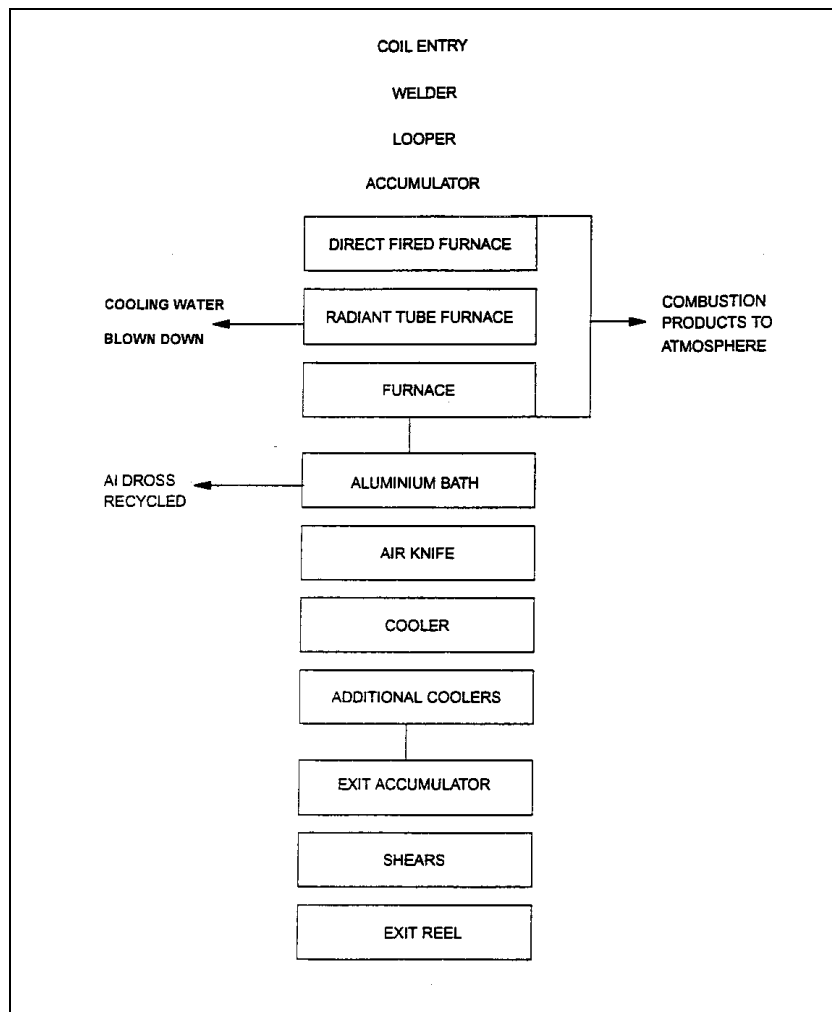
### 5.2.3 Aluminowanie blach cienkich

Większość taśm stalowych jest powlekana aluminium w procesie stanowiącym pewną odmianę cynkowania ogniowego. Rysunek B.2-6 przedstawia schematycznie linię produkcyjną do nanoszenia powłok aluminiowych. Linia produkcyjna zawiera zwykle sekcję pasywacji, która jest albo zabudowana bezpośrednio w linii, albo poza linią w oddzielnym zespole technologicznym.

Ze względu na powinowactwo aluminium do tlenu, niezwykle ważne jest zabezpieczenie przed tworzeniem się warstwy tlenku, która uniemożliwiłaby dyfuzję aluminium do podłoża stalowego. Tworzeniu się warstwy tlenku można zapobiec stosując różne metody, np. poprzez przepuszczenie umytej i wytrawionej stali przez piec z atmosferą wodoru w celu wyeliminowania tlenu (zaabsorbowany wodór dodatkowo chroni podłoże podczas przechodzenia do kąpeli z roztopionego aluminium).

Kąpiel aluminiowa jest zazwyczaj utrzymywana w temperaturze około 690 °C. Powleczona taśma może być następnie poddana dalszej obróbce cieplnej w temperaturze 820-930 °C, która w razie potrzeby całkowicie przekształca powłokę aluminiową w stop stalowo-aluminiowy. [66, ERM 1995].

Po nałożeniu powłoki taśmy mogą być poddane obróbce wtórnej, aby zapobiec uszkodzeniom powierzchni i wadom, takim jak biała rdza spowodowana kondensacją w przypadku niewystarczającego dostępu powietrza.



Rysunek 5.9: Proces powlekania aluminium

## 5.2.4 Powlekanie ogniowe drutu

Drut jest powlekany ogniowo głównie cynkiem i stopami cynku (np. Galfan (95 % Zn, 5 % Al)); główną funkcją tego typu powłok jest ochrona przed korozją. Inne powłoki nakładane metodą ogniową to cyna i aluminium. Aluminium jest stosowane do pewnej ochrony przed korozją na produktach niszowych. Cyna nadaje błyszczący wygląd, a także zapewnia warstwę kleju lutowniczego. Procesy nakładania tych powłok metodą ogniową są zasadniczo takie same.

Ciągła linia powlekania ogniowego drutu składa się z następujących etapów procesu: drut jest wytrawiany, płukany, zanurzany w kąpeli topnikowej, suszony, przepuszczany przez kąpiel ze stopionym metalem i ponownie chłodzony. Na koniec, po etapie powlekania ogniowego, może być nałożona powłoka ochronna na bazie wody (tzw. wosk). [19, Gielen, 1999].

### 5.2.4.1 Ciągłe wytrawianie drutu

Po wytrawianiu na linii produkcyjnej lub jako etap początkowy powlekania ogniowego, drut jest wytrawiany w celu usunięcia zanieczyszczeń powierzchniowych, aby poprawić jego wygląd lub przygotować powierzchnię do nałożenia powłok. Zazwyczaj odbywa się to w linii produkcyjnej poprzez zanurzenie drutu w kąpeli kwasowej lub poddanie go działaniu dwubiegunowej komórki elektrolizy z neutralnymi solami.

W wytrawianiu kwasowym drut jest czyszczony poprzez ciągłe przepuszczanie go przez jedną lub więcej kąpeli kwasu solnego; czasami stosuje się  $H_2SO_4$ . Ze względu na krótkie czasy przebywania, kwas HCl jest często podgrzewany (do 60 °C) lub stosowany w postaci stężonej. Rodzaj zanieczyszczeń, które są usuwane w tej kąpeli zależy od poprzedniego etapu procesu:

- W przypadku drutu poddanego obróbce cieplnej: tlenki metali, pozostałości nośnika mydła, ewentualnie śladowe ilości ołowiu.
- W przypadku drutu ciągniętego: pozostałości mydła, oleju lub innych smarów oraz ślady rdzy. Czasami do kąpeli HCl dodaje się środek odtłuszczający, aby usprawnić usuwanie tych substancji. [19, Gielen, 1999].

Szybsze wytrawianie i większe prędkości drutu są realizowane przez zwiększenie długości kąpeli, przez podwyższenie temperatury HCl, przez zwiększenie stężenia kąpeli lub przez zastosowanie wytrawiania wspomaganego elektrolitycznie. Opary HCl z kąpeli trawiących są zbierane i usuwane przez płukanie.

Po wytrawianiu drut przechodzi przez kaskadę płukania. [19, Gielen, 1999].

### 5.2.4.2 Pokrywanie topnikiem

Dla dobrego przylegania powłoki cynkowej drut przepuszcza się przez kąpiel topnikową, czyli podgrzany wodny roztwór  $ZnCl_2$  i  $NH_4Cl$  (do powlekania cyną stosuje się czysty  $ZnCl_2$ ). Nadmiar topnika usuwa się z drutu przez wycieranie. Przed nałożeniem powłoki drut jest suszony; można to zrobić w piecu lub za pomocą wewnętrznego ciepła drutu. Przy dużych średnicach drutu i/lub wydajnych wycieraczkach, wewnętrzne ciepło drutu (spowodowane ogrzewaniem w kąpeli topnika) jest wystarczające do zapewnienia suchości drutu. Drut musi być suchy przed wejściem do kąpeli topnikowej, aby zapobiec powstawaniu zacieków na wlocie do kąpeli cynkowej.

Takie same topniki są stosowane do cynkowania stacjonarnego, jednakże stężenie jest najczęściej dużo

niższe. Dla powłok cynkowych stosowana jest zazwyczaj mieszanina  $ZnCl_2/NH_4Cl$  (czysty  $ZnCl_2$  jest stosowany do powlekania cyną). [19, Gielen, 1999].

#### **5.2.4.3 Cynkowanie ogniowe**

Drut jest przepuszczany przez kąpiel z roztopionym cynkiem (430-470 °C). W kąpeli cynkowej tworzy się warstwa dyfuzyjna żelazo-cynkowa, składająca się z podwarstw kilku stopów Fe-Zn. W momencie, gdy drut opuszcza kąpiel cynkową, tworzy się na nim warstwa cynku. Cynkowanie można podzielić na ciężkie (pionowe) (duża grubość powłoki; powłoka składa się głównie z wycofanego cynku) i zwykłe (poziome) (mała grubość powłoki; powłoka jest głównie warstwą stopu żelaza z cynkiem). [20, Gielen, 2000].

Większość wanien cynkowych jest ogrzewana przez dno i ściany boczne za pomocą gazu ziemnego lub innego paliwa. W wyjątkowych przypadkach stosuje się ogrzewanie elektryczne i/lub ogrzewanie odbywa się od góry wanny do cynkowania.

W celu zminimalizowania powstawania tlenków cynku i strat energii, na (część) kąpeli cynkowej można nałożyć warstwę ochronną z materiału cząsteczkowego lub osłonę wanny.

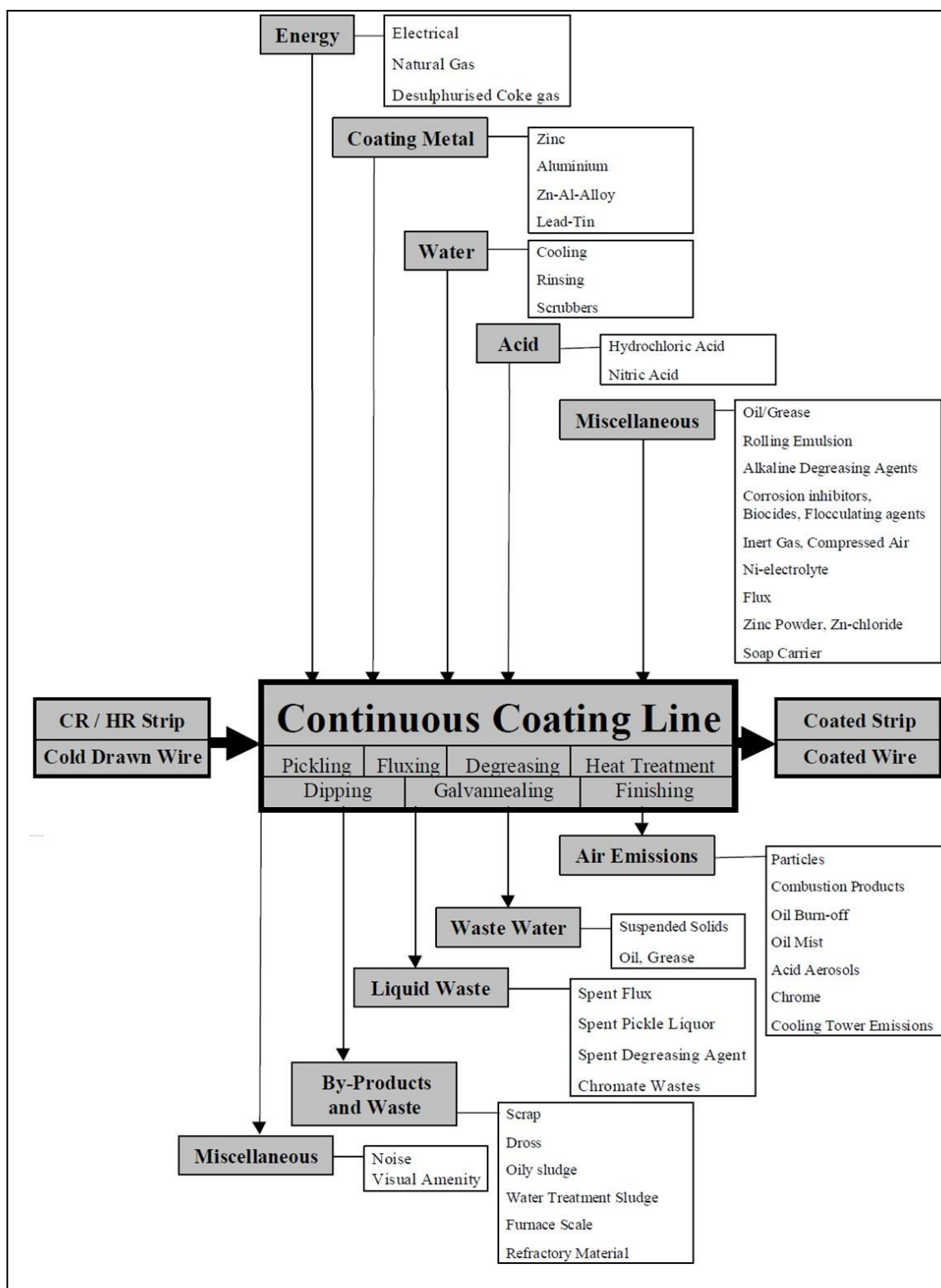
Po kąpeli cynkowej drut jest chłodzony do temperatury zbliżonej do otoczenia za pomocą powietrza i wody chłodzącej. Cynkowanie ogniowe w innych metalach lub stopach odbywa się w ten sam sposób. [19, Gielen, 1999].

#### **5.2.4.4 Wykańczanie drutu**

Na koniec nakładana jest warstwa wosku w celu ochrony przed tworzeniem się tzw. białej rdzy (powierzchnowa korozja warstwy cynku).

### 5.3 Aktualne poziomy zużycia i emisji dla linii ciągłego powlekania

#### 5.3.1 Przegląd przepływu masy w procesie ciągłego powlekania



Rysunek 5.10: Bilans wejścia/wyjścia dla ciągłych linii powlekania ogniowego (blachy)

W kolejnych rozdziałach przedstawiono dane dotyczące zużycia i emisji zgłoszone przez instalacje HDC w całej UE, które zostały uwzględnione w zbiorze danych FMP 2018 (w sumie 30 instalacji)

[150, FMP TWG 2018]. Zakłady ze zbioru danych są wymienione w sekcji 11.1, w której można znaleźć listę instalacji/zakładów.

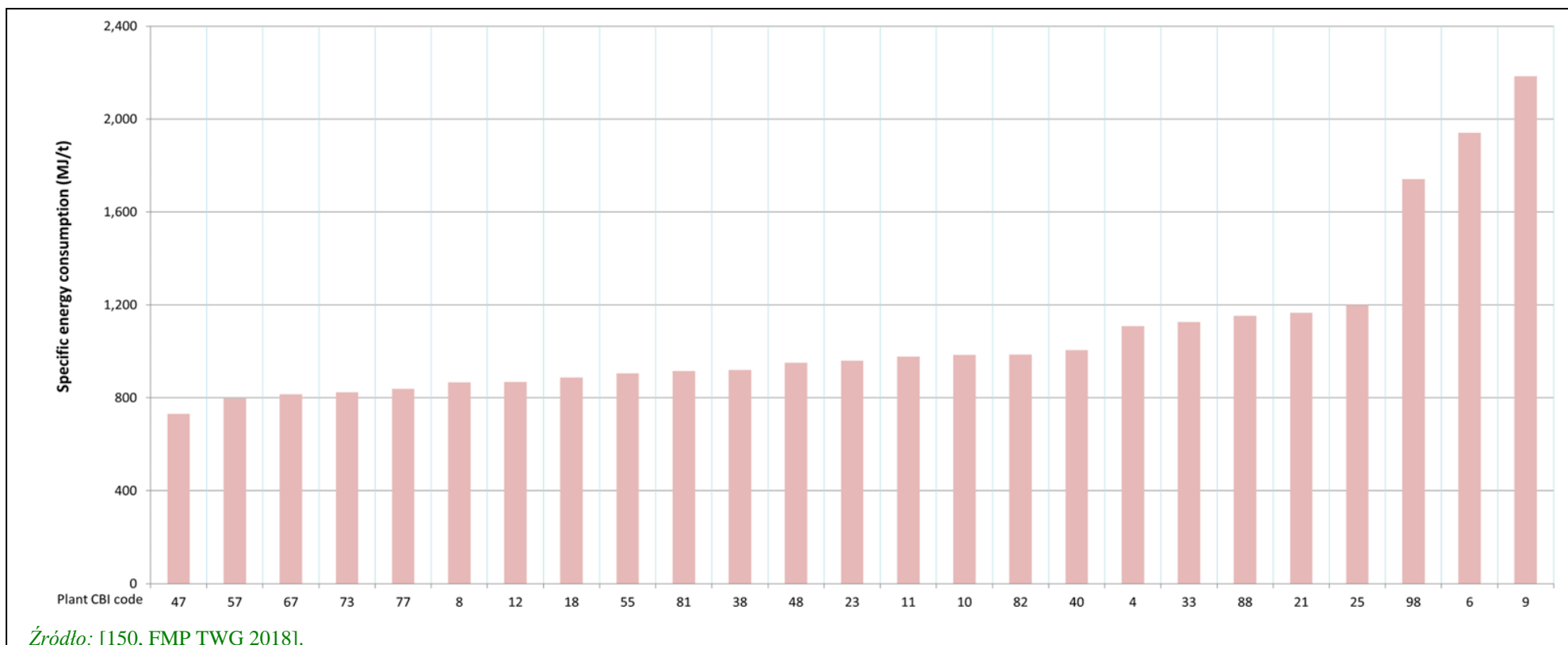
### **Postępowanie z poufnymi informacjami biznesowymi (CBI)**

Dane dotyczące zużycia energii, materiałów i wody zostały uznane przez operatorów zakładów za poufne informacje gospodarcze (CBI). W celu zachowania poufności danych nazwy zakładów nie są bezpośrednio wymieniane na wykresach, lecz zastępowane anonimowymi i losowo przypisanymi kodami CBI. Ponadto nie uwzględniono żadnych informacji kontekstowych (np. parametrów procesu lub zastosowanych technik), ponieważ mogłyby one ujawnić tożsamość zakładów. Wszystkie dane dotyczące zużycia są przedstawione w porządku rosnącym według wartości maksymalnego jednostkowego zużycia energii.

### **5.3.2 Zużycie energii**

Podczas gromadzenia danych podawano informacje dotyczące jednostkowego zużycia energii (tj. MJ energii zużytej na tonę wydajności procesu). W niniejszej sekcji skupiono się w szczególności na jednostkowym zużyciu energii w przypadku ogrzewania materiału wsadowego przed powlekaniami ogniowymi. W przypadku podgrzewania materiału wsadowego przed procesem powlekania ogniowego dane dotyczące jednostkowego zużycia energii podano łącznie dla 25 linii, a zużycie energii wahało się od 731 MJ/t do 2 180 MJ/t. Rysunek 5.11 przedstawia dane dotyczące rocznego jednostkowego zużycia energii na ogrzewanie materiału wsadowego przed procesem powlekania ogniowego w podziale na linie.

W przypadku produkcji zaawansowanych stali wysokowytrzymałych (AHSS) lub stali ultra wysokowytrzymałych (UHSS) w linii ciągłego powlekania ogniowego, konieczne jest podgrzanie taśmy do temperatury wyższej niż 850°C, a czasem nawet do 900°C w porównaniu z typowym zakresem 720° - 850°C dla standardowych gatunków stali. Dotyczy to szerokiej gamy gatunków stali takich jak: Complex Phase (faza złożona), Dual Phase (faza podwójna), TRIP (plastyczność wywołana transformacją), TWIP (plastyczność wywołana skręcaniem) lub QP (stale typu Quenching and Partitioning). W szczególnym przypadku produktów QP, taśma jest podgrzewana do 900°C. W drugim etapie materiał jest schładzany do około 230°C (hartowanie). Następnie materiał jest podgrzewany po raz drugi, do około 460°C, po czym następuje etap uśredniania, przed ostatecznym schłodzeniem. Ten proces podziału umożliwia dyfuzję węgla w produkcji. W związku z tym produkcja w przyszłości znacznego udziału takich gatunków stali w asortymencie wyrobów zakładu może prowadzić do jednostkowego zużycia energii wyższego niż 1 100 MJ/t. [224, EUROFER 2021] [228, AT 2020]



Rysunek 5.11: Jednostkowe zużycie energii (MJ/t wydajności procesu) dla ogrzewania materiału wsadowego przed powlekaniami ogniowymi blach i drutu

### **5.3.3 Zużycie materiałów**

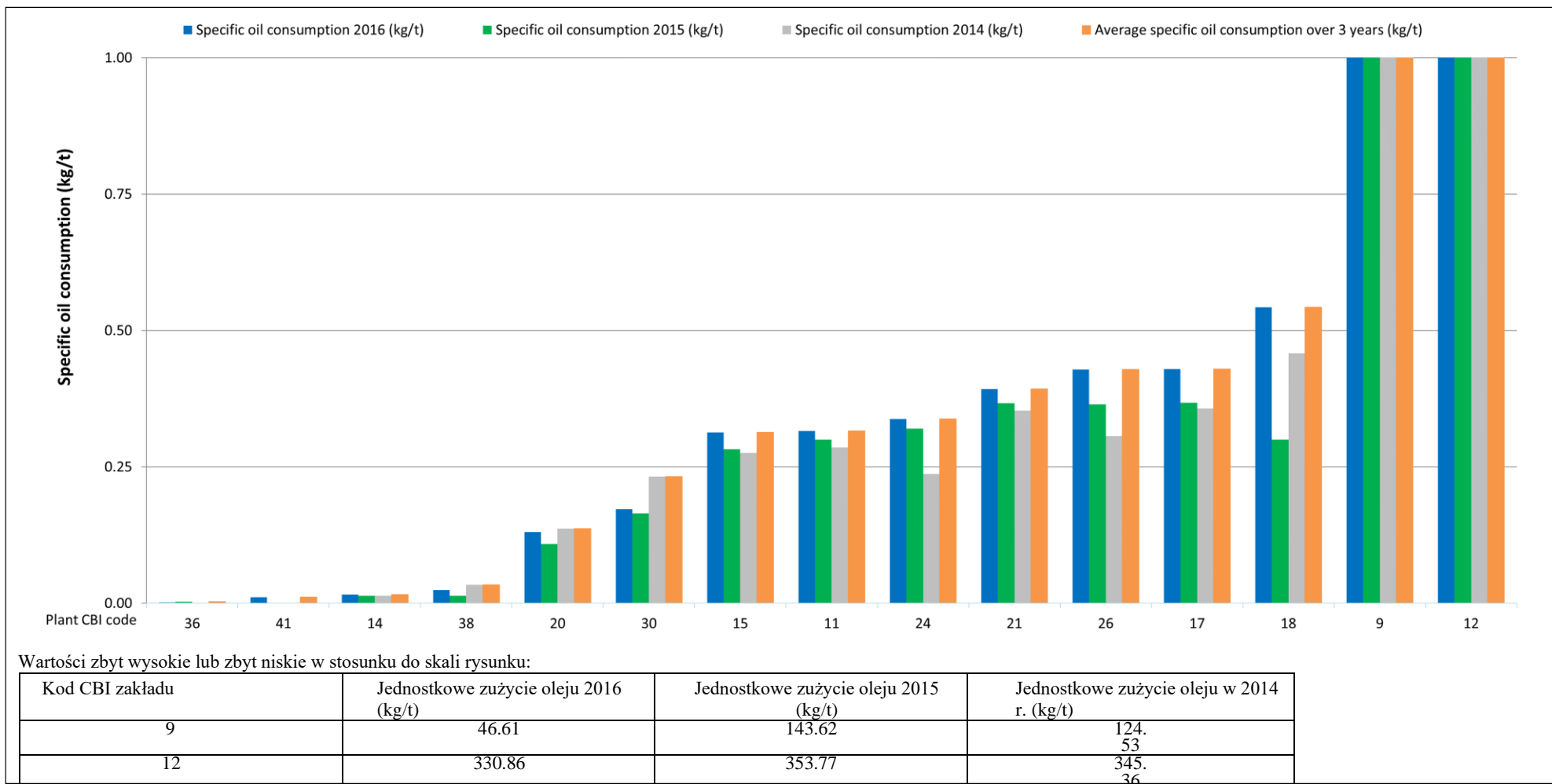
#### **5.3.3.1 Zużycie olejów**

Na rysunku 5.12 przedstawiono dane zgłoszone dotyczące jednostkowego zużycia oleju za trzy lata działalności oraz uzyskaną średnią roczną, w zakładach cynkowania ogniowego. Wartości zużycia oleju mieszczą się zazwyczaj w przedziale od 0,0015 kg/t do 0,43 kg/t, z wyjątkiem dwóch zakładów, które zgłosiły bardzo wysokie wartości zużycia przekraczające 100 kg/t. Wartości zużycia oleju obejmują wszystkie rodzaje olejów stosowanych w zakładzie (np. olej do układów hydraulicznych, olej antykorozyjny, olej emulsyjny).

#### **5.3.3.2 Zużycie kwasów**

W sumie 2 zakłady zgłosiły dane dotyczące jednostkowego zużycia HCl w ciągu trzech lat eksploatacji w zakładach cynkowania ogniowego. Podane wartości były poniżej 0,05 kg kwasu 33-wt% na m<sup>2</sup> obrabianej (wytrawionej) powierzchni.



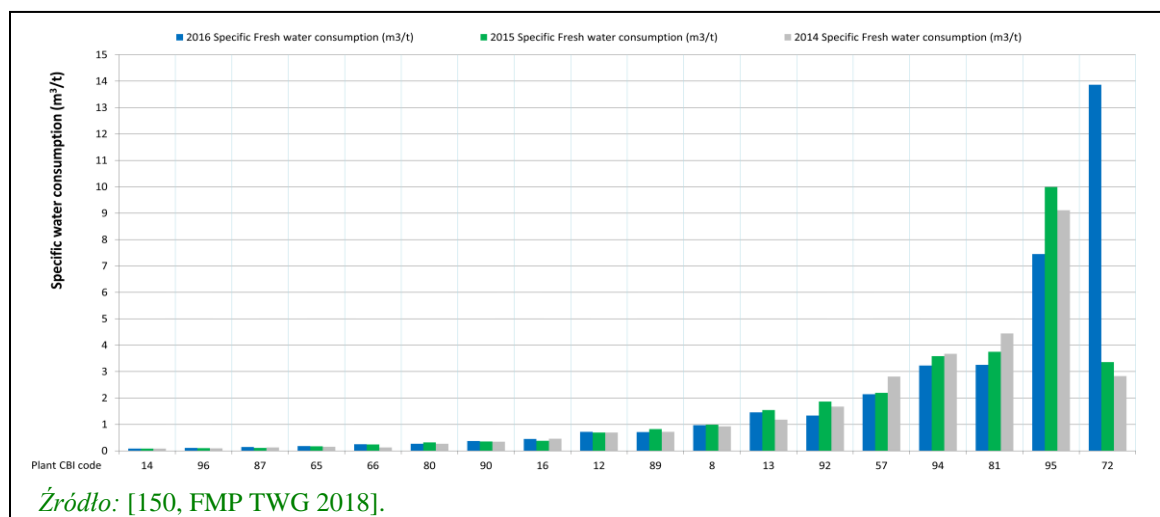


Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 5.12: Zużycie oleju (kg/t produkcji) w zakładach powlekania blach i drutu metodą ogniową

### 5.3.4 Zużycie wody

Na rysunku 5.13 przedstawiono dane dotyczące jednostkowego zużycia wody dla trzech lat eksploatacji w zakładach cynkowania ogniowego. Definicję jednostkowego zużycia wody można znaleźć w sekcji 9.4.4.2. Zużycie wody właściwej wynosi od 0,08 m<sup>3</sup>/t do 13,9 m<sup>3</sup>/t, na podstawie danych z 17 zakładów. Dokładniej, zgodnie ze zgromadzonymi danymi, wśród 4 zakładów HDC, które zgłosiły, że są częścią znacznie większej instalacji (tj. zintegrowanej huty żelaza i stali), większość zakładów zgłosiła zużycie jednostkowe poniżej 5 m<sup>3</sup>/t, z wyjątkiem jednego zakładu, który zgłosił bardzo wysokie zużycie 13 m<sup>3</sup>/t w roku 2016. Wartość ta została uznana za wartość odstającą. W rzeczywistości zakład ten w latach 2015 i 2014 zgłosił jednostkowe zużycie wody poniżej 5 m<sup>3</sup>/t.



Rysunek 5.13: Jednostkowe zużycie wody (m<sup>3</sup>/t produkcji) w zakładach ogniowego powlekania blach i drutu

### 5.3.5 Emisje do powietrza

#### 5.3.5.1 Emisje do powietrza z ogrzewania

W zakładach powlekania ogniowego dwa rodzaje pieców mogą generować emisje do powietrza, w tym piece z bezpośrednim płomieniem (DFF) i piece z promiennikami rurowymi (RTF). Ponadto mogą powstawać również emisje z cynkowania i cynkowania ogniowego, jeżeli nie są one zasilane elektrycznie. Różne źródła emisji zostały podsumowane poniżej.

#### Obróbka cieplna

- **Piece z płomieniem bezpośrednim (DFF):** Do wypalania stosuje się gaz ziemny lub gaz koksowniczy, w niektórych przypadkach uprzednio odsiarczony. Bezpośredni płomień w tego typu piecu ogrzewa bezpośrednio powierzchnię taśmy. Uwalniane zanieczyszczenia to: CO<sub>2</sub>, CO i NO<sub>x</sub>. Ponieważ piec pracuje w warunkach redukcyjnych dzięki zastosowaniu gazów obojętnych, gaz odpadowy zawiera również H<sub>2</sub> i N<sub>2</sub>. Podczas stosowania gazu koksowniczego jako paliwa powstaje emisja SO<sub>2</sub>, o różnym stężeniu w zależności od zawartości siarki w gazie koksowniczym. W niektórych przypadkach można zrezygnować z odłuszczenia taśmy przed ogrzewaniem (w zależności od wymaganych właściwości powierzchni). W tych przypadkach olej jest spalany w piecu i w wyniku spalania oleju powstają dodatkowe emisje do powietrza, oprócz produktów spalania paliwa. [185, EUROFER 2019].

- **Piece z promiennikami rurowymi (RTF):** Piec z promiennikami rurowymi jest odmianą z ogrzewaniem pośrednim wykorzystującym spalanie gazu lub ogrzewanie elektryczne. Emisja do powietrza składa się głównie z CO<sub>2</sub>/CO i NO<sub>x</sub> ze spalania gazu ziemnego. W przypadku stosowania gazu

koksowniczego jako paliwa powstaje również emisja SO<sub>2</sub>, o zmiennym stężeniu, w zależności od zawartości siarki w gazie koksowniczym [185, EUROFER 2019].

### **Cynkowanie z przeżarzaniem**

W nowoczesnych zakładach taśma jest ponownie podgrzewana w piecu indukcyjnym. Przy zastosowaniu konwencjonalnych pieców opalanych gazem powstają gazy odlotowe. Powstające emisje zależą od rodzaju zastosowanego gazu. [185, EUROFER 2019].

### **Cynkowanie ogniowe**

W nowoczesnych obiektach kąpiel stopioną podgrzewa się za pomocą elektrycznych układów indukcyjnych (w niektórych przypadkach elektrycznych oporników). Starsze obiekty wykorzystujące olej opałowy lub gaz wytwarzają typowe emisje (spaliny odpowiadające poszczególnym rodzajom paliwa), czyli CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>. W przypadku stosowania oleju opałowego lub gazu koksowniczego powstaje emisja SO<sub>2</sub>, w zależności od zawartości siarki w paliwie. [185, EUROFER 2019].

Poniżej przedstawiono zestawienie emisji pyłu, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> i CO z zakładów cynkowania ogniowego w zbiorze danych FMP.

### **Emisja pyłu**

Zgłoszone dane dotyczące emisji pyłu do powietrza z podgrzewania surowca do produkcji blach (obróbka cieplna przed zanurzeniem i cynkowanie) przedstawiono na rysunku 5.15. W sumie w 24 punktach emisji zgłoszono stosowanie 100 % gazu ziemnego jako paliwa, przy czym emisja pyłu wynosiła od 1,1 mg/Nm<sup>3</sup> do 23,2 mg/Nm<sup>3</sup> oraz ładunki emisji pyłu w zakresie od 0,008 kg/h do 0,2 kg/h.

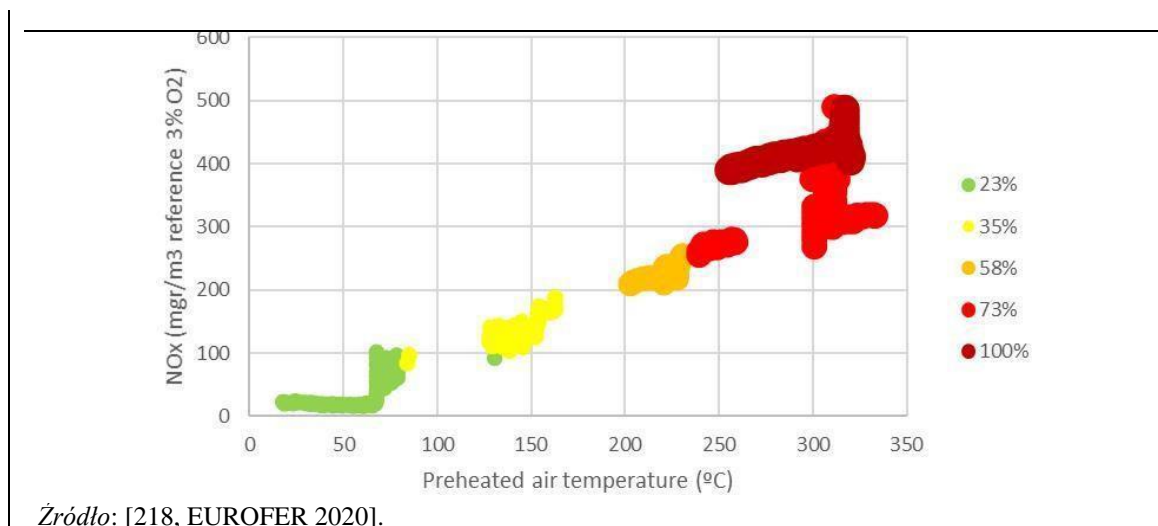
Tylko dwa zakłady w zbiorze danych zgłosiły wykorzystanie gazów technologicznych z hutnictwa żelaza i stali zamiast gazu ziemnego, a mianowicie zakłady 129 HDC1 (wykorzystujące 100 % BOF) i 37 HDC1 (wykorzystujące 100 % COG). W przypadku zakładu 129 HDC1 zgłoszona wartość stężenia emisji pyłu wynosiła 1,5 mg/Nm<sup>3</sup>, natomiast w przypadku zakładu 37 HDC1 zgłoszone stężenie emisji pyłu wynosiło 27 mg/Nm<sup>3</sup>.

### **Emisja SO<sub>2</sub>**

Dane dotyczące emisji SO<sub>2</sub> do powietrza z podgrzewania surowca do produkcji blach (obróbka cieplna przed zanurzeniem i cynkowaniem) przedstawiono na rysunku 5.16. W sumie, w przypadku zakładów wykorzystujących 100% gazu ziemnego (8 zakładów i 13 punktów emisji ogółem), stężenia emisji SO<sub>2</sub> mieściły się zwykle w zakresie od 2,1 mg/Nm<sup>3</sup> do 39,3 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji wynosiły od 0,007 kg/h do 0,5 kg/h. W sumie tylko dwa zakłady (w sumie 4 punkty emisji) zgłosiły wykorzystanie 100 % COG w ramach zbierania danych, a mianowicie zakłady 179 HDC1 i 37 HDC linii 1, 2 i 3. W przypadku tych zakładów zgłoszone stężenia emisji SO<sub>2</sub> mieściły się w zakresie od 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> do 250 mg/Nm<sup>3</sup>, przy czym zawartość siarki w COG wynosiła od 15 do 340 mg/Nm<sup>3</sup>.

### **Emisje NO<sub>x</sub>**

Wpływ temperatury wstępnego podgrzewania powietrza i mocy palnika został zbadany w pilotażowym piecu z promiennikami rurowymi eksploatowanym przez ArcelorMittal w Asturii (Hiszpania). Zależność pomiędzy temperaturą wstępnie podgrzanego powietrza, mocą palnika i emisją NO<sub>x</sub> przedstawiono na rysunku 5.14. [218, EUROFER 2020].



Rysunek 5.14: Korelacja pomiędzy temperaturą wstępnego podgrzewania powietrza, mocą palnika i emisjami NOx zmierzonymi w pilotażowej instalacji z promiennikami rurowymi eksploatowanej przez ArcelorMittal (Asturia, Hiszpania)

Ze zbioru danych FMP, zgłoszone dane dotyczące emisji NOx do powietrza z ogrzewania materiału wsadowego w zakładach powlekania ogniowego blach i drutu (obróbka cieplna przed zanurzeniem i cynkowanie) przedstawiono na Rysunku 5.17. W sumie 20 zakładów HDC (łącznie 51 punktów emisji) zgłosiło stosowanie 100% gazu ziemnego o stężeniach emisji NOx od 1,0 mg/Nm<sup>3</sup> do 760,0 mg/Nm<sup>3</sup> i ładunkach emisji od 0,008 kg/h do 16 kg/h.

Tylko trzy zakłady w zbiorze danych zgłosiły wykorzystanie gazów technologicznych z hutnictwa żelaza i stali zamiast gazu ziemnego, a mianowicie zakłady 129 HDC1 (wykorzystujące 100% BOF), zakłady 37 HDC3 i 179 HDC1 (wykorzystujące 100% COG). W przypadku zakładu 129 HDC1 zgłoszone stężenia emisji NOx mieściły się w zakresie od 150 do 250 mg/Nm<sup>3</sup>, natomiast w przypadku zakładu 37 HDC3 stężenia emisji NOx wynosiły od 200 mg/Nm<sup>3</sup> do 700 mg/Nm<sup>3</sup>. Emisje NOx z obiektu 179 HDC1 były nieco wyższe i wynosiły od 300 mg/Nm<sup>3</sup> do 1050 mg/Nm<sup>3</sup>.

Ponadto, aby ocenić potencjalny wpływ temperatur podgrzewania powietrza na obserwowane stężenie emisji NOx do powietrza, przygotowano dodatkowe rysunki. Na rysunku 5.18 i rysunku 5.19 przedstawiono zgłoszone dane dotyczące emisji NOx do powietrza z ogrzewania materiału wsadowego odpowiednio bez wstępnego podgrzewania powietrza i ze wstępnym podgrzewaniem powietrza.

### Emisja CO

Zgłoszone dane dotyczące emisji CO do powietrza z ogrzewania materiału wsadowego w zakładach powlekania ogniowego blach i drutu (obróbka cieplna przed zanurzeniem i cynkowanie) przedstawiono na Rysunku 5.20. Ogółem 17 zakładów (37 punktów emisji) zgłosiło stosowanie 100% gazu ziemnego i zgłosiło stężenia emisji CO w zakresie od 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> do 515 mg/Nm<sup>3</sup> przy obciążeniu emisją wynoszącym od 0,006 kg/h do 6,0 kg/h.

Tylko dwa zakłady w zbiorze danych zgłosiły wykorzystanie gazów technologicznych z hutnictwa żelaza i stali zamiast gazu ziemnego, a mianowicie zakłady 129 HDC1 (wykorzystujące 100% BOF) i 37 HDC1 (wykorzystujące 100% COG). W przypadku zakładu 129 HDC1 stężenie emisji CO mieściło się w zakresie od 10 mg/Nm<sup>3</sup> do 100 mg/Nm<sup>3</sup>, natomiast w przypadku zakładu 37 HDC1 zgłoszone stężenie emisji CO mieściło się w zakresie od 90 mg/Nm<sup>3</sup> do 2 538 mg/Nm<sup>3</sup>.

#### 5.3.5.2 Emisje do powietrza z odtłuszczenia

Opary powstające przy odtłuszczeniu i szczotkowaniu są zbierane i oczyszczane, przy użyciu wody lub

roztworu wodorotlenku sodu (sody kaustycznej) lub odprowadzane przez odmulacz bez oczyszczania.

### **Emisja TVOC**

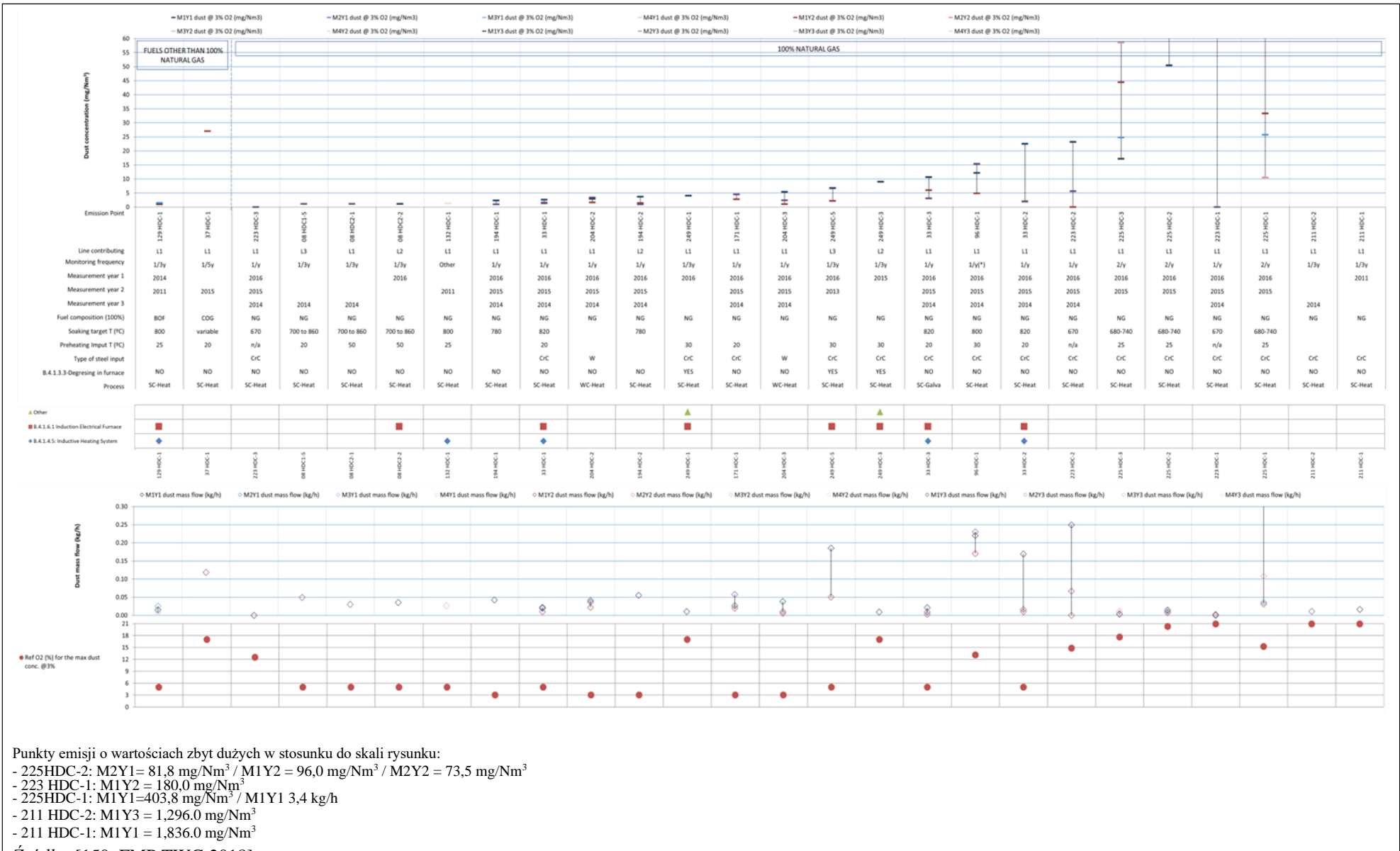
Dane dotyczące emisji TVOC do powietrza z odfuszczenia blach zgłoszono tylko dla jednego zakładu w 2014 roku (z dwoma punktami emisji), emisje przedstawiono na rysunku 5.21. Dla tego zakładu emisja TVOC mieściła się w zakresie od 2 mg/Nm<sup>3</sup> do 18 mg/Nm<sup>3</sup>.

#### **5.3.5.3 Emisje do powietrza z wytrawiania**

Zgłoszone dane dotyczące emisji pyłu i HCl do powietrza z wytrawiania w instalacjach cynkowania ogniowego można znaleźć w odpowiedniej sekcji dla walcowania na zimno patrz punkt 3.3.5.3. Dane przedstawiono razem, ponieważ procesy są podobne.

#### **5.3.5.4 Rysunki przedstawiające poziomy emisji do powietrza**

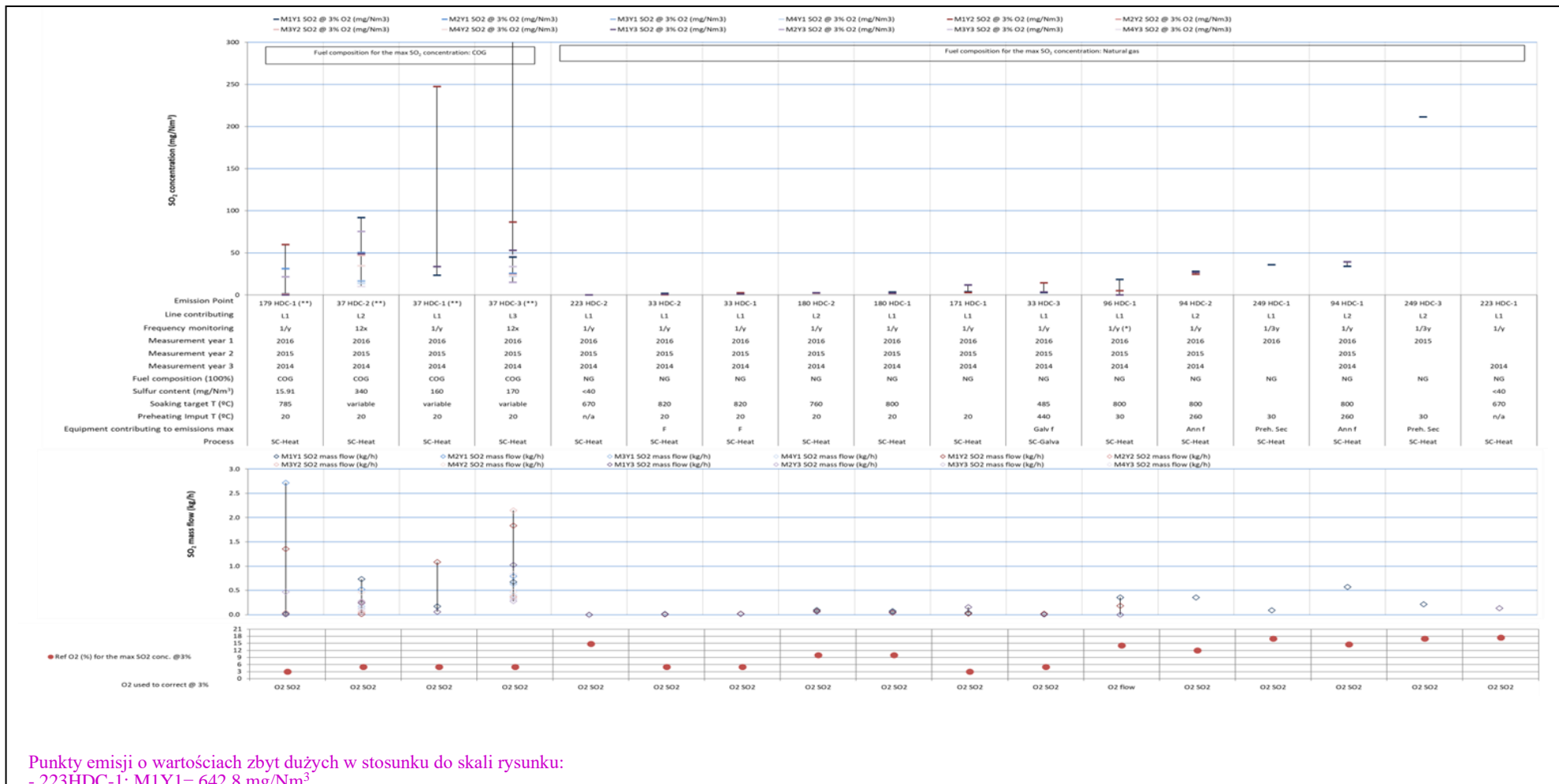
Stężenia emisji przedstawione w tej sekcji odnoszą się do emisji do powietrza z ogrzewania materiału wsadowego (obróbka cieplna przed zanurzeniem i cynkowaniem). Rysunki te składają się z kilku części. Górna część rysunku zawsze pokazuje wszystkie stężenia emisji zgłoszone przez zakłady dla każdego z trzech lat sprawozdawczych. W przypadku procesów spalania (obróbka cieplna) wykreślone wartości stężenia zawsze odnoszą się do poziomu odniesienia tlenu wynoszącego 3 %. Nie uwzględnia się pomiarów zgłoszonych bez podania informacji o zmierzonym poziomie tlenu lub składzie użytego paliwa. Poniżej osi x zamieszczono dodatkowe informacje kontekstowe, takie jak na przykład kod punktu emisji, częstotliwość monitorowania, rok pomiarów, skład paliwa (gaz ziemny lub inny), informacje o wstępnym ogrzewaniu powietrza, w tym temperatura wstępnego ogrzewania powietrza, temperatura wygrzewania. Poniżej sekcji informacji kontekstowej rysunku zamieszczono szczegółowe informacje na temat zastosowanych kandydatów na BAT dla każdej linii. W dolnej części rysunku można również podać dodatkowe informacje, takie jak wartości przepływu masy, zarówno dla maksymalnego stężenia uzyskanego w okresie sprawozdawczym, jak i średniego przepływu masy w ciągu trzech lat sprawozdawczych. Zazwyczaj na wykresach wyraźnie zaznacza się przypadki, w których wykorzystuje się 100 % gazu ziemnego oraz przypadki, w których wykorzystuje się paliwa inne niż 100 % gazu ziemnego. W przypadku danych liczbowych dotyczących emisji NO<sub>x</sub>, w dolnej części rysunku znajduje się dodatkowy wykres przedstawiający odpowiadające im emisje CO. We wszystkich przypadkach dane liczbowe są uporządkowane w kolejności rosnącej maksymalnych wartości stężenia dla trzech lat eksploatacji. Objasnienia skrótów użytych na wykresach w walcowaniu na gorąco można znaleźć w glosariuszu.



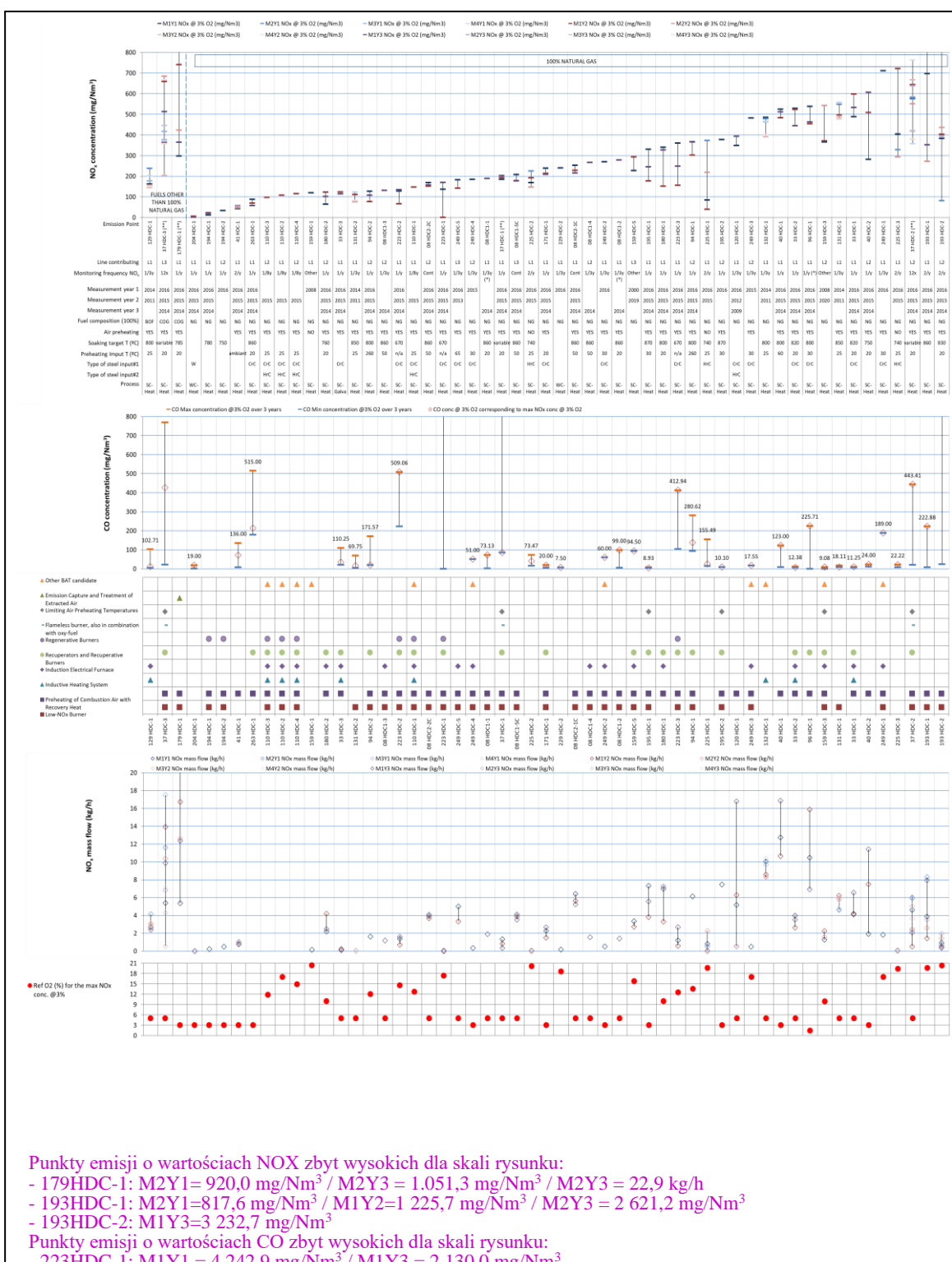
Punkty emisji o wartościach zbyt dużych w stosunku do skali rysunku:  
 - 225HDC-2: M2Y1= 81,8 mg/Nm<sup>3</sup> / M1Y2 = 96,0 mg/Nm<sup>3</sup> / M2Y2 = 73,5 mg/Nm<sup>3</sup>  
 - 223 HDC-1: M1Y2 = 180,0 mg/Nm<sup>3</sup>  
 - 225HDC-1: M1Y1=403,8 mg/Nm<sup>3</sup> / M1Y1 3,4 kg/h  
 - 211 HDC-2: M1Y3 = 1,296.0 mg/Nm<sup>3</sup>  
 - 211 HDC-1: M1Y1 = 1,836.0 mg/Nm<sup>3</sup>

Źródło: [150, FMP TWG 2018].

Rysunek 5.15: Emisje pyłu z ogrzewania materiału wsadowego (w mg/Nm<sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu)

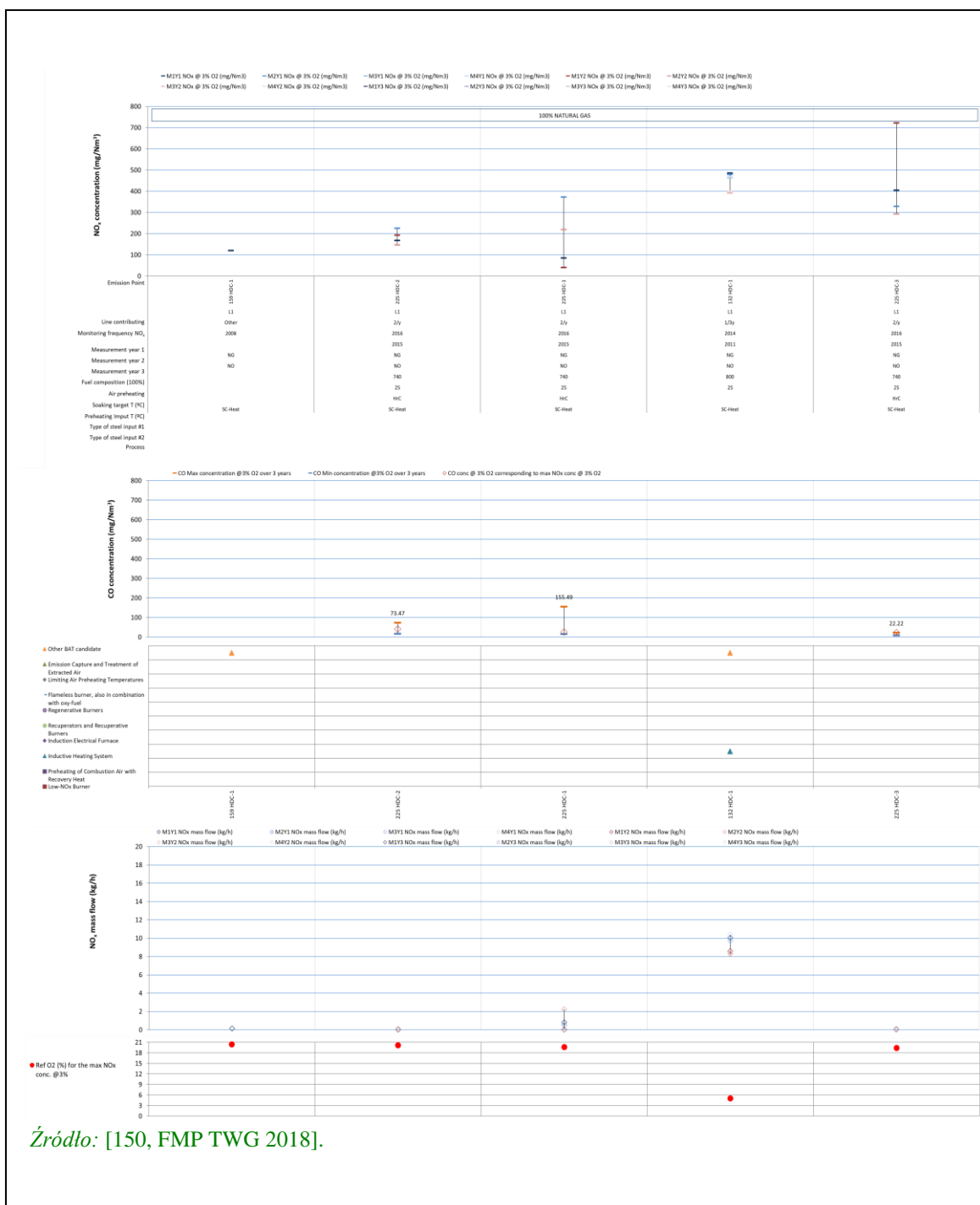


Rysunek 5.16: Emisje SO<sub>2</sub> z ogrzewania materiału wsadowego dla arkusza blachy (w mg/Nm<sup>3</sup> przy 3 % zawartości tlenu)

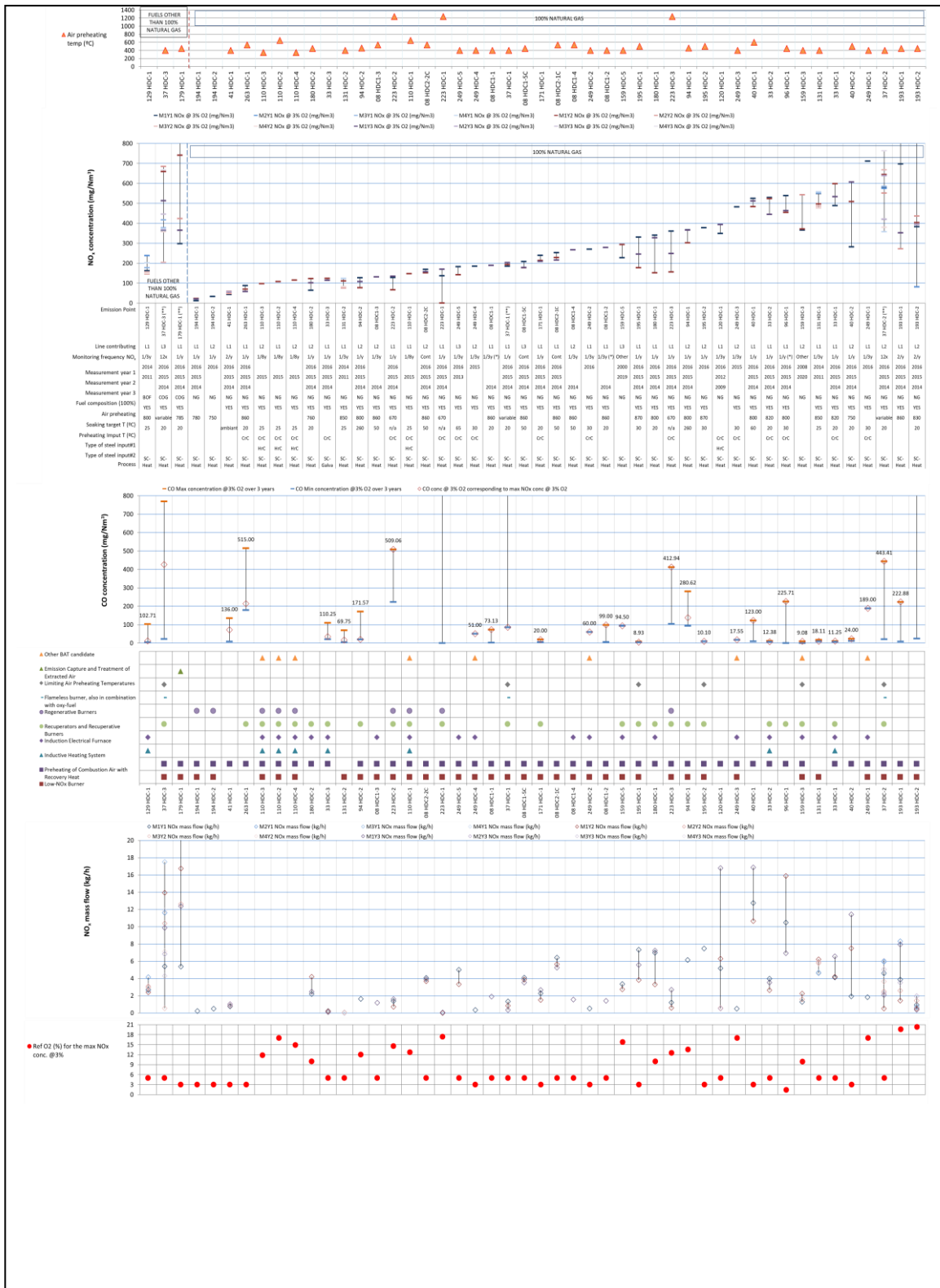


Rysunek 5.17: Emisje NO<sub>x</sub> i CO z ogrzewania surowców dla blachy i drutu (w mg/Nm<sup>3</sup> przy 3 % tlenu)

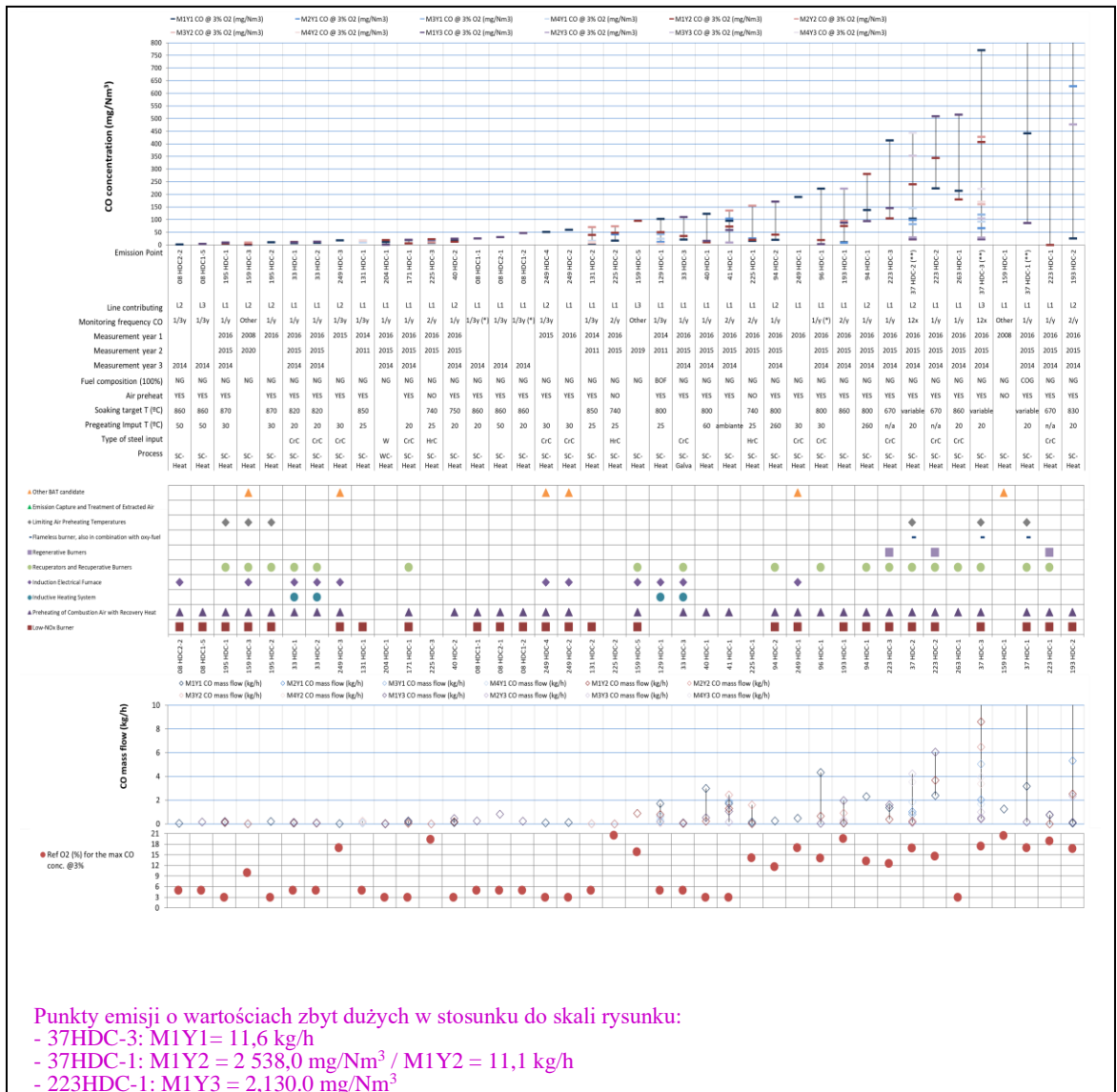




Rysunek 5.18: Emisje NO<sub>x</sub> i CO z ogrzewania materiału wsadowego w przypadku blach i drutu bez wstępnego podgrzewania powietrza (w mg/Nm<sup>3</sup> przy 3 % tlenu)

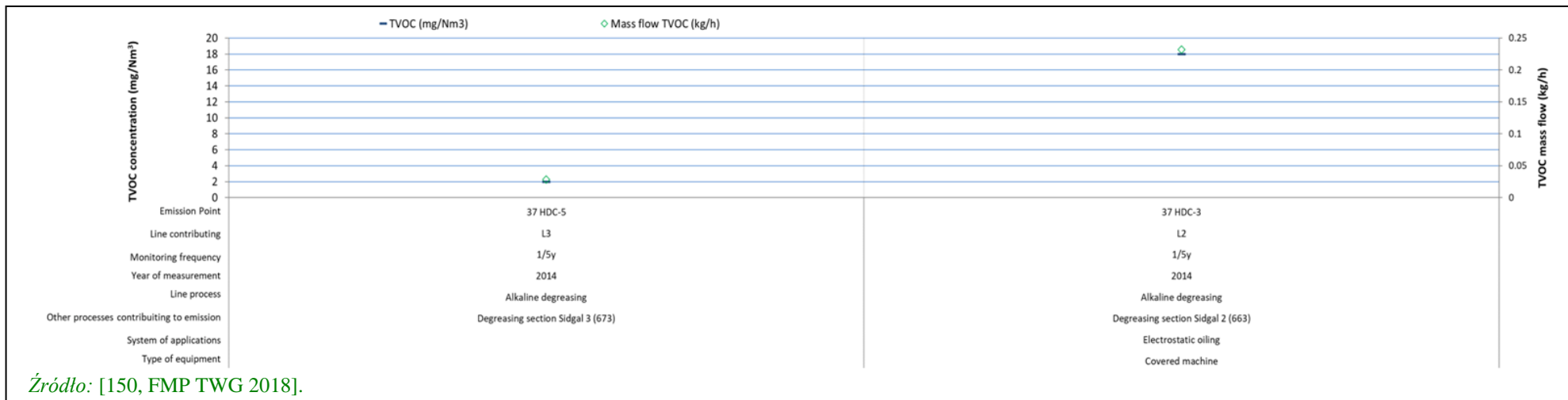


Rysunek 5.19: Emisje NO<sub>x</sub> i CO z ogrzewania materiału wsadowego dla blachy i drutu przy temperaturze wstępnego podgrzewania powietrza, temperaturze wlotu materiału wsadowego i temperaturze docelowej (w mg/Nm<sup>3</sup> przy 3 % tlenu)



Punkty emisji o wartościach zbyt dużych w stosunku do skali rysunku:  
 - 37HDC-3: M1Y1 = 11,6 kg/h  
 - 37HDC-1: M1Y2 = 2 538,0 mg/Nm³ / M1Y2 = 11,1 kg/h  
 - 223HDC-1: M1Y3 = 2.130,0 mg/Nm³

Rysunek 5.20: Emisje CO z ogrzewania materiału wsadowego w przypadku blach i drutu (w mg/Nm3 przy 3 % zawartości tlenu)



Rysunek 5.21: Emisje TVOC z odtuszczania blachy

### 5.3.6 Emisje do wody

Wszystkie dane związane z emisjami do wody z procesów HDC są przedstawione w sekcji 7.2.1 dokumentu, gdzie w połączonym formacie przedstawiono liczby przedstawiające emisje do wody dla wszystkich sektorów.

### 5.3.7 Pozostałości

Roztwory odłuszczone są zazwyczaj regenerowane i ponownie wprowadzane do kąpielii odłuszczeniowych. Oleje są oddzielane od kąpielii, a skład roztworu alkalicznego jest ponownie dostosowywany. Czasami roztwór jest poddawany obróbce w centrum separacji emulsji, a następnie obróbce biologicznej. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

Olej wydzielony z roztworu alkalicznego może być wykorzystany jako paliwo do produkcji ciepła.

Zużyty środek odłuszczeniowy i ścieki z operacji płukania i szczotkowania mogą być również regenerowane i ponownie wprowadzone do procesu. W tym celu stosuje się filtry magnetyczne do usuwania drobin żelaza oraz urządzenia ultrafiltracyjne do oddzielania fazy olejowej. Permeat może być ponownie wykorzystany w procesie odłuszczenia kaskadowego. Koncentrat z ultrafiltracji jest dalej zagęszczany i ponownie wykorzystywany w termicznej utylizacji lub usuwany na zewnątrz. [185, EUROFER 2019]

Odpadami powstającymi podczas cynkowania są rozpryski z kąpielii i tworzący się w niej kożuch.

W tabeli 5.3 przedstawiono zgłoszone dane dotyczące powstawania twardego cynku (kożuchów żuźlowych) przez trzy lata działalności w zakładach powlekania ogniowego ze zbioru danych FMP.

Tabela 5.3: Wytwarzanie kożucha cynkowego

Kod zakładu	Rodzaj produktu	Kategoria stali	Szczególna ilość kożucha żuźlowego z cynku (kg/t)			Recykling w zakładzie	Kod ERZ	Klasyfikacja
			2016	2015	2014			
171 HDC	Ocynkowany	CS-C	3.54	4.10	3.66	Nie	11 05 01	Non-bezpieczny
225 HDC	Ocynkowany	CS-H	2.73	2.83	2.43	NI	11 05 01	Niebezpieczne
229 HDC	Ocynkowany	CS-H	11.20	NI	NI	Nie	11 05 01	Non-bezpieczny

Uwaga: NI = brak informacji.  
CS-C = CS-Wyroby walcowane na zimno inne niż samochodowe.  
CS-H = CS-Wyroby walcowane na gorąco.  
Źródło: [150, TWG 2018].

## 5.4 Techniki, które należy uwzględnić przy określaniu BAT dla ciągłego powlekania ogniowego

W niniejszej części opisano techniki (lub ich kombinacje) oraz związany z nimi monitoring, które uważa się za mogące zapewnić osiągnięcie wysokiego poziomu ochrony środowiska w działaniach objętych zakresem niniejszego dokumentu. Opisane techniki obejmują zarówno stosowaną technologię, jak i sposób, w jaki instalacje są projektowane, budowane, utrzymywane, eksploatowane i likwidowane.

Obejmuje ona systemy zarządzania środowiskiem, jak również techniki zintegrowane z procesami i techniki końcowe. Uwzględniono również zapobieganie powstawaniu odpadów i gospodarowanie nimi, w tym minimalizację odpadów i procedury recyklingu, a także techniki zmniejszające zużycie surowców, wody i energii poprzez optymalizację wykorzystania i ponowne użycie. Opisane techniki obejmują również zapobieganie lub ograniczanie środowiskowych skutków wypadków i incydentów. Obejmują one również zapobieganie lub ograniczanie emisji w innych niż normalne warunkach eksploatacji (takich jak operacje rozruchu i wyłączenia, wycieki, niesprawności, chwilowe przestoje i ostateczne zaprzestanie działalności).

W załączniku III do dyrektywy wymieniono szereg kryteriów określania BAT, a informacje zawarte w tym rozdziale będą dotyczyć tych rozważań. O ile to możliwe, standardowa struktura w tabeli 2.13 jest wykorzystywana do przedstawienia informacji na temat każdej techniki, aby umożliwić porównanie technik i ocenę pod kątem definicji BAT w dyrektywie.

Niniejszy rozdział nie musi stanowić wyczerpującego wykazu technik, które można zastosować w sektorze. Mogą istnieć lub zostać opracowane inne techniki, które można by uwzględnić przy określaniu BAT dla poszczególnych instalacji.

W rozdziale 8 omówiono techniki ogólne (tzn. takie, które są powszechnie stosowane), które mogą mieć zastosowanie również do ciągłego powlekania ogniowego. Techniki te zwykle nie są powtarzane w tym rozdziale, chyba że udostępniono informacje specyficzne dla tego sektora.

### 5.4.1 Cynkowanie blachy

#### 5.4.1.1 Odtłuszczenie

##### 5.4.1.1.1 Odtłuszczenie kaskadowe

#### Opis

Odtłuszczenie przeprowadza się w dwóch lub większej liczbie wanien w układzie szeregowym, gdzie wsad jest przemieszczany od najbardziej zanieczyszczonej wanny odtłuszczającej do najczystszej.

#### Opis techniczny

Roztwór jest wykorzystywany w poprzednich etapach odtłuszczenia, na przykład roztwór z sekcji odtłuszczenia elektrolitycznego jest ponownie wykorzystywany w sekcji natryskowej, po osiągnięciu określonego poziomu oleju. Zużyty roztwór odtłuszczający z sekcji natryskowej jest odsyłany do regeneracji. Pozostałości oleju z urządzeń regeneracyjnych są spalane poza zakładem, a wody z płukania są oczyszczane w głównej stacji uzdatniania wody. Wycieki i rozpryski są zbierane i oczyszczane.

#### Korzyści dla środowiska

- Zmniejszone zużycie roztworu odtłuszczającego (zużycie świeżej wody).
- Zmniejszenie ilości ścieków i osadów w oczyszczalni ścieków [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

#### Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

Do wydajności produkcyjnej 68 t/h potrzeba łącznie 15 m<sup>3</sup>/h wody demineralizowanej. [23, Continuous

Coating Shadow Group, 1999].

### **Efekty krzyżowe**

Zwiększone zużycie energii. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Generalnie nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

Koszty inwestycyjne są średnie, a koszty operacyjne niskie. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

### **Cel wdrożenia**

Brak informacji.

### **Przykładowe zakłady**

08 HDC, 33 HDC, 37 HDC, 94 HDC, 96 HDC, 110 HDC, 123 HDC, 129 HDC, 159 HDC, 180 HDC, 193 HDC, 195 HDC, 249 HDC [150, FMP TWG 2018]

### **Bibliografia**

[23, Continuous Coating Shadow Group, 1999] [150, FMP TWG 2018].

#### ***5.4.1.1.2 Oczyszczanie i ponowne użycie roztworu odtłuszczającego***

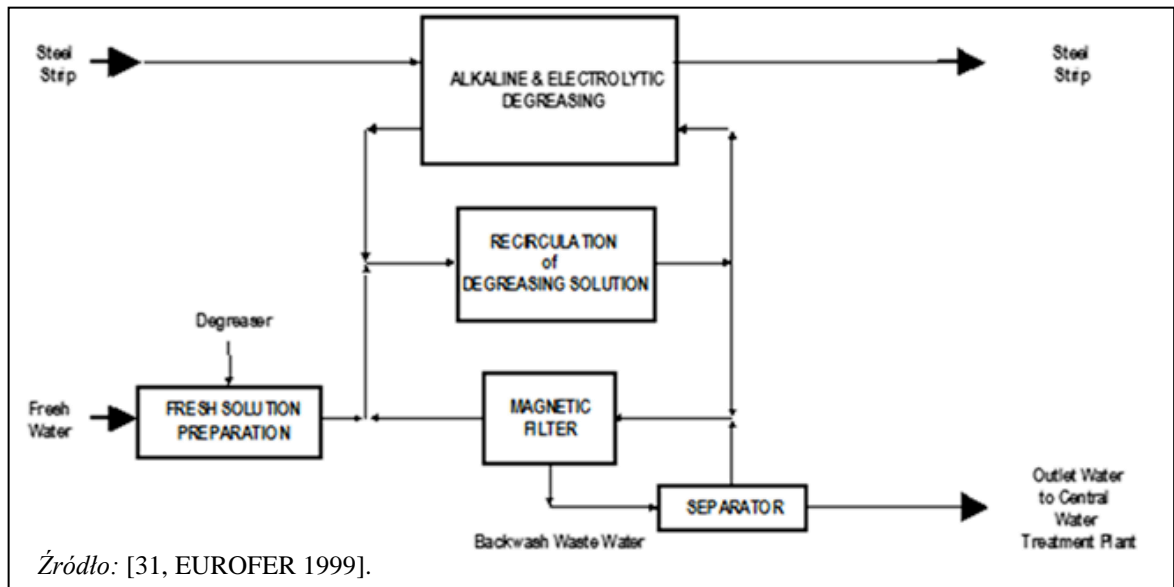
##### **Opis**

Obróbka fizyczna (np. separacja magnetyczna, separacja olejowa, mikro- lub ultrafiltracja) służy do oczyszczenia roztworu odtłuszczającego w celu ponownego użycia.

##### **Opis techniczny**

Z reguły świeża woda jest dodawana w kierunku przeciwnym do kierunku poruszania się taśmy. Ilość świeżej wody jest dodawana w celu uzupełnienia strat parowania wody w oczyszczaniu natryskowym za sekcją oczyszczania elektrolitycznego w taki sposób, że ustala się minimalny przelew do sekcji oczyszczania elektrolitycznego. W ten sposób ta świeża woda jest dodawana do dwóch obiegów recyrkulacyjnych (odtłuszczanie alkaliczne i elektrolityczne). Około 25 % krążącego roztworu odtłuszczającego jest oczyszczane w oddzielnym strumieniu, np. poprzez separację magnetyczną, separację oleju, mikro- lub ultrafiltrację. Część tego przepływu jest okresowo przesyłana do oczyszczalni ścieków. Pręty separatora magnetycznego są czyszczone przez robota szorującego. Powstałe w ten sposób drobinny żelaza są zbierane oddzielnie.

Na rysunku 5.22 przedstawiono przykładowy obieg roztworu odtłuszczającego.



Rysunek 5.22: Przykład systemu recyklingu roztworu odtłuszczającego

Bardziej szczegółowe informacje znajdują się w punkcie 8.6.1.5.

### Korzyści dla środowiska

- Zmniejszenie zużycia alkalicznych środków chemicznych [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].
- Zmniejszenie objętości wody i objętości osadu w oczyszczalni ścieków. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

### Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

Do wydajności produkcyjnej 68 t/h potrzebne jest zużycie wody w wysokości 5 m<sup>3</sup> /h. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

### Efekty krzyżowe

Zużycie energii. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

### Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania

Generalnie nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

### Aspekty ekonomiczne

Wysokie koszty inwestycyjne i operacyjne. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

### Cel wdrożenia

- Głównie wymagania dotyczące produktów.
- Elementem napędzającym może być również jakość przychodzących zwojów (pozostałości żelaza i oleju).

### Przykładowe zakłady

08 HDC2, 33 HDC, 37 HDC, 40 HDC, 94 HDC, 96 HDC, 110 HDC, 123 HDC, 129 HDC, 132 HDC, 159 HDC, 179 HDC, 180 HDC, 193 HDC, 194 HDC, 195 HDC, 08 HDC1, 08 HDC2, 193 HDC, 194 HDC, 195 HDC, 249 HDC [150, FMP TWG 2018]

### Bibliografia

[184, EUROFER 2018] [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999] [150, FMP TWG 2018]



### 5.4.1.1.3 Stosowanie pieca z bezpośrednim płomieniem w przypadku powlekania blach stalowych metodą ogniową

#### Opis

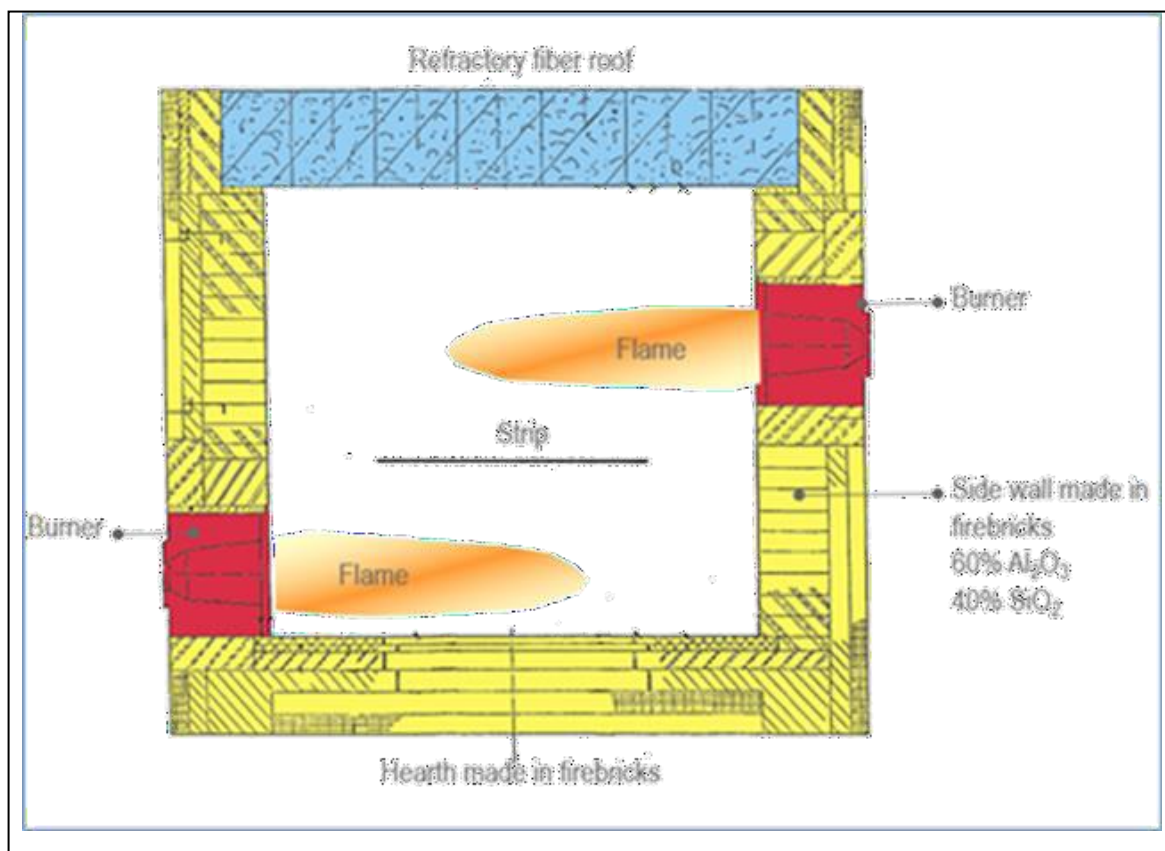
Olej znajdujący się na powierzchni blachy stalowej jest spalany w piecu z bezpośrednim płomieniem. Odtłuszczenie przed piecem może być konieczne w przypadku niektórych produktów wysokiej jakości lub w przypadku blach stalowych o wysokim poziomie oleju resztkowego.

#### Opis techniczny

Piece do wyżarzania na liniach cynkowania wyposażonych w piec DFF (direct-flame furnace) mają dodatkową funkcję oczyszczania taśmy z zanieczyszczeń powierzchniowych (następuje to w sekcji DFF). W tej specyficznej konfiguracji pieca większość grzania odbywa się w DFF, gdzie gazem jest mieszanina gazu ziemnego i powietrza o superstechiometrycznym stosunku powietrza do gazu ( $\lambda < 1$ ). Palniki gazowe w DFF są zwykle rozmieszczone asymetrycznie, aby zapewnić równomierne nagrzewanie powierzchni taśmy (patrz Rysunek 5.23). Taśma wchodzi do DFF w temperaturze pokojowej lub wyższej, jeżeli istnieje sekcja podgrzewania (zwykle podgrzewanie uzyskuje się poprzez przeciwny przepływ spalin) i wychodzi z DFF w temperaturze w zakresie 500-800 °C.

Podsumowując:

- pozostałości węgla są spalane (atmosfera nawet utleniająca się dla żelaza);
- odtłuszczenie chemiczne może być stosowane w celu zapewnienia stałego węgla powierzchniowego; zmienny węgiel powierzchniowy może zmienić kinetykę utleniania Fe, wpływając na emisyjność inaczej, a więc sposób działania pieca.



Rysunek 5.23: Schemat pieca z bezpośrednim płomieniem

#### Korzyści dla środowiska

- Brak emisji do wody. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

- Brak odpadów. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

W niektórych przypadkach może być jeszcze konieczne posiadanie sekcji odtłuszczenia przed piecem dla niektórych urządzeń wysokiej jakości lub w przypadku przychodzących cewek z wysokim poziomem pozostałości oleju. Piec nie jest tak łatwy w sterowaniu jak piec z promiennikami rurowymi. Opary z pieca są zwykle wykorzystywane do wstępnego podgrzewania przychodzącego gazu i powietrza do spalania za pomocą dedykowanego wymiennika ciepła. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

### **Efekty krzyżowe**

Emisja do powietrza w wyniku spalania oleju. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Zastosowanie może być ograniczone, jeśli wymagany jest bardzo wysoki poziom czystości powierzchni i przyczepności cynku.

### **Aspekty ekonomiczne**

Zmniejszają się koszty inwestycyjne i eksploatacyjne, ponieważ nie ma potrzeby stosowania sekcji poprzedzających. [29, ES, członek TWG, 1999].

Metoda ta jest tania w eksploatacji i instalacji. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

### **Cel wdrożenia**

Koszt (patrz aspekty ekonomiczne powyżej).

### **Przykładowe zakłady**

[110 HDC] [249 HDC] [223 HDC] [158 HDC] [131 HDC]

### **Bibliografia**

[23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

#### **5.4.1.1.4 Stosowanie walców wyżymających**

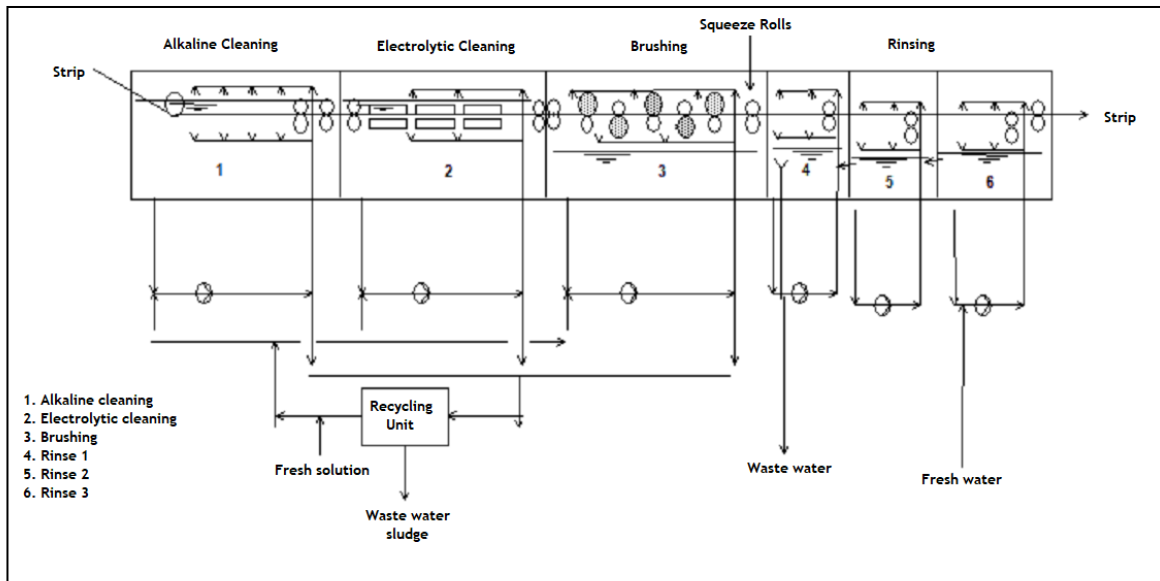
##### **Opis**

Przed opuszczeniem przez taśmę stalową sekcji obróbki stosuje się walce wyżymające, aby zapewnić minimalne przeciąganie roztworu do następnej sekcji.

##### **Opis techniczny**

Pozostały na taśmie stalowej roztwór odtłuszczający lub woda płuczka są usuwane z taśmy za pomocą walców wyżymających przed opuszczeniem każdej sekcji obróbki. Zapewnia to, że przeciąganie roztworu do następnej sekcji jest zminimalizowane, a straty chemikaliów i zanieczyszczenie wody płuczki są również zminimalizowane. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999] Dostępne są różne rodzaje walców wyżymających (np. włóknina, guma). [EUROFER komentuje w [208, TWG 2019].

Na rysunku 5.24 pokazano przykład sekcji chemicznej obróbki wstępnej linii do cynkowania ogniowego blach z wykorzystaniem walców wyżymających i płukania kaskadowego (dla efektywnego wykorzystania wody płuczki).



Rysunek 5.24: Sekcja chemicznej obróbki wstępnej dla linii powlekania blach metodą ogniową (przykład)

### Korzyści dla środowiska

- Zmniejszenie zużycia surowców [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].
- Redukcja objętości ścieków i osadów w oczyszczalni ścieków [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

### Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

Rolki ściskające z włókniny mają podobno dłuższą żywotność niż rolki gumowe, co skutkuje zmniejszeniem częstotliwości wymiany i skróceniem czasu przestoju. [Uwagi EUROFER w [208, TWG 2019]]

### Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania

Zasadniczo nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki dla wyrobów płaskich.

### Efekty krzyżowe

Brak. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

### Aspekty ekonomiczne

Inwestycja początkowa nie jest wysoka, a koszty operacyjne są niskie. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

### Cel wdrożenia

Brak informacji.

### Przykładowe zakłady

08 HDC, 33 HDC, 37 HDC, 40 HDC, 94 HDC, 96 HDC, 110 HDC, 123 HDC, 129 HDC, 159 HDC, 180 HDC, 193 HDC, 194 HDC, 195 HDC, 249 HDC [150, FMP TWG 2018]

### Bibliografia

[23, Continuous Coating Shadow Group, 1999] [150, FMP TWG 2018].

### 5.4.1.2 Obróbka cieplna

Na temat technik związanych odpowiednio z efektywnością energetyczną i emisją do powietrza patrz punkt 8.5.3 i punkt 8.8.

#### **5.4.1.2.1 Indukcyjny system ogrzewania**

##### **Opis**

W części schematu ogrzewania zamiast palników gazowych zastosowano ogrzewanie indukcyjne. [187, EUROFER 19-6-17, 2017].

##### **Opis techniczny**

W linii do cynkowania ogniowego nagrzewnice indukcyjne mogą być zainstalowane w następujący sposób:

- Na wejściu do pieca do wyżarzania w celu zwiększenia procesu ogrzewania. Grzejniki indukcyjne zwiększają produktywność i ułatwiają przejście przez temperaturę.
- Po przejściu przez część wanny z płynnym metalem i sekcji noży powietrznych, w celu wytworzenia powłoki galwanicznej, w przypadku instalacji dla produktów motoryzacyjnych GA (cynkowanych z przeżarzaniem).
- Wewnątrz pieca w celu ponownego zwiększenia temperatury taśmy po sekcji chłodzenia w przypadku określonego cyklu wyżarzania (głównie AHSS).

Technologia składa się z solenoidalnego wzbudnika o podłużnym strumieniu. Zasilanie odbywa się z bardzo wysoką częstotliwością (400-450 kHz), z wykorzystaniem falowników opartych na tranzystorach. Zastosowanie bardzo wysokiej częstotliwości, opracowanej niedawno, zapewnia najlepszą wydajność elektryczną przy równomiernym nagrzewaniu wzdłuż szerokości taśmy.

##### **Korzyści dla środowiska**

Ograniczenie emisji do powietrza ze spalania gazu.

##### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Gdy wzbudnik jest umieszczony przed piecem, temperatura jest kontrolowana, aby uniknąć osiągnięcia punktu spalania pozostałości emulsji. Ponadto unika się wyższej temperatury, aby zapobiec masowemu utlenianiu się taśmy.

W niektórych przypadkach wzbudnik może być podłączony bezpośrednio do pieca (w takim przypadku jest on umieszczony w zamkniętej przestrzeni z odciąganiem oparów i atmosferą obojętną), ale zwiększa to złożoność techniczną i koszty i w tym przypadku należy ocenić rzeczywiste korzyści.

Należy również podkreślić, że sprawność elektrycznych systemów grzewczych zależy między innymi od zakresu temperatur.

##### **Efekty krzyżowe**

W przypadku, gdy energia elektryczna jest wytwarzana w procesie spalania, powstają emisje do powietrza.

##### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Generalnie nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

##### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

##### **Cel wdrożenia**

Brak informacji.

### Przykładowe zakłady

Cynkowanie: 33 HDC, 129 HDC, 180 HDC [150, FMP TWG 2018]

Wyżarzanie: 129 HDC, 132 HDC [150, FMP TWG 2018]

### Bibliografia

[187, EUROFER 19-6-17, 2017] [150, FMP TWG 2018].

### 5.4.1.3 Cynkowanie ogniowe

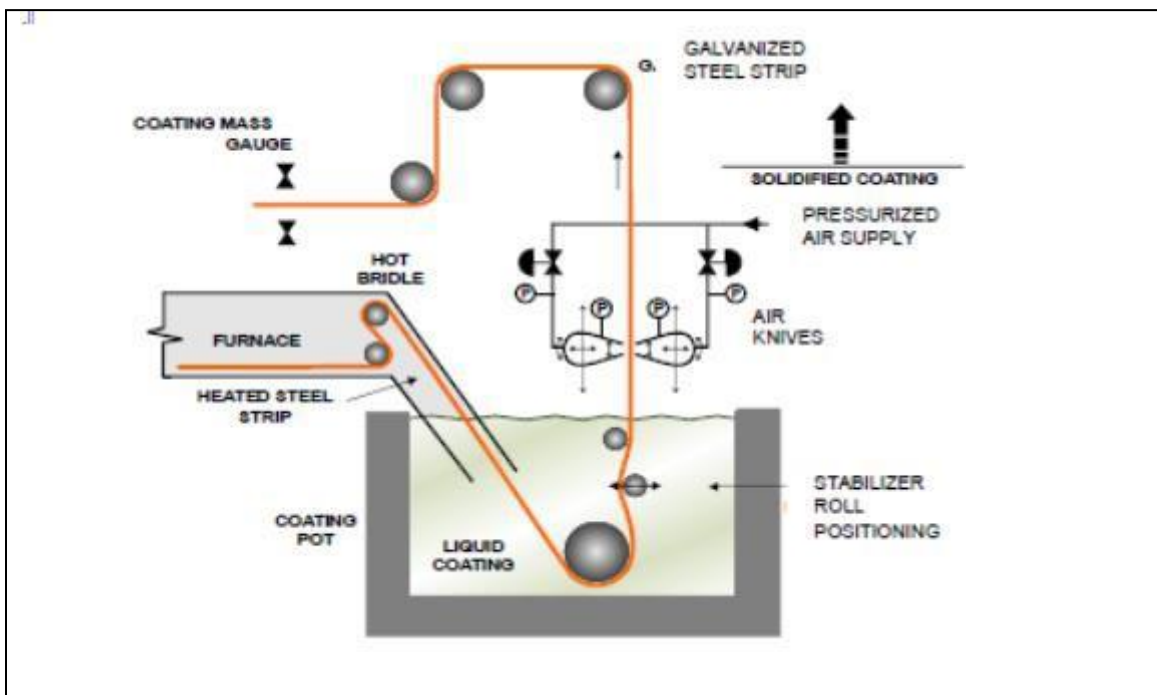
#### 5.4.1.3.1 Noże powietrzne do kontroli grubości powłoki

#### Opis

Po wyjściu z kąpielii stopionego cynku, dysze powietrzne rozciągające się na szerokości taśmy wydmuchują nadmiar metalu powłokowego z powierzchni taśmy z powrotem do kotła galwanizacyjnego.

#### Opis techniczny

Po zanurzeniu w kąpielii stopionego cynku, taśma jest przedmuchiwana nożami powietrznymi.



Rysunek 5.25: Schemat sekcji powlekania linii do cynkowania ogniowego z siłownikami noży powietrznych i czujnikiem masy powłoki

Dzięki dedykowanemu algorytmowi, miernik grubości powłoki cynkowej podaje z powrotem szczylinę noży powietrznych w celu optymalizacji powłoki. Rozwiązanie to umożliwia automatyczną regulację ruchu skośnego dyszy.

#### Korzyści dla środowiska

Zmniejszone zużycie materiału powłokowego.

#### Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

Brak informacji.

## **Efekty krzyżowe**

Zużycie energii.

## **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Zasadniczo, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

## **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

## **Cel wdrożenia**

Poprawa jakości grubości warstwy metalicznej, a tym samym wzrost wydajności.

## **Przykładowe zakłady**

08 HDC1, 08 HDC2, 33 HDC, 37 HDC, 40 HDC, 41 HDC, 94 HDC, 96 HDC, 110 HDC, 120 HDC, 123 HDC, 129 HDC, 131 HDC, 171 HDC, 179 HDC, 180 HDC, 193 HDC, 194 HDC, 195 HDC, 201 HDC, 204 HDC, 211 HDC, 223 HDC, 249 HDC, 263 HDC [150, FMP TWG 2018]

## **Bibliografia**

[150, FMP TWG 2018][23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

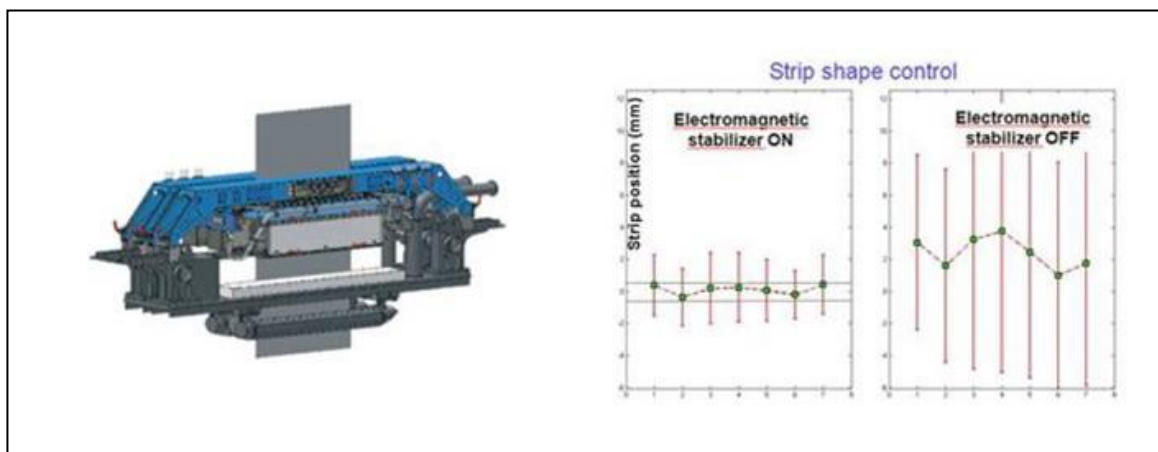
### **5.4.1.3.2 Stabilizacja pasa**

#### **Opis**

Skuteczność usuwania nadmiaru powłoki nożami powietrznymi poprawia się przez ograniczenie drgań taśmy, np. przez zwiększenie napięcia taśmy, zastosowanie łożysk garnkowych o niskich drganiach, zastosowanie stabilizatorów elektromagnetycznych.

#### **Opis techniczny**

Po zanurzeniu w kąpeli z roztopionego cynku, taśma z powłoką cynkową jest przedmuchiwana, za pomocą noży powietrznych. Stabilizator elektromagnetyczny jest stosowany do stabilizacji taśmy za pomocą pola elektromagnetycznego. System jest instalowany na pionowym odcinku taśmy, za nożami powietrznymi. Składa się z siłowników elektromagnetycznych po obu stronach taśmy, zainstalowanych w dwóch specjalnie zaprojektowanych obudowach. Liczba siłowników zależy od szerokości taśmy (w przybliżeniu jeden siłownik na każde 25 cm szerokości). Gdy taśma przechodzi między siłownikami, jej pozycja jest stale mierzona. Za każdym razem, gdy pozycja odbiega od centralnej pozycji odniesienia, jest korygowana poprzez określone siłowniki. Generują one siłę rozciągającą na taśmę w stanie aktywnym. W ten sposób listwa jest stabilizowana, co zmniejsza oscylacje w sekcji noży powietrznych. Innym ważnym zastosowaniem elektromagnetycznej stabilizacji taśmy jest instalacja w kominach chłodzących linii do cynkowania ogniowego. Dmuchawy chłodzące mogą wywoływać drgania skrętne taśmy, co może powodować kontakt taśmy z dmuchawami. Przy zastosowaniu systemu stabilizacji taśmy, drgania te są prawie całkowicie wyeliminowane i aktywnie zapobiega się uszkodzeniom powierzchni taśmy.



Rysunek 5.26: Schemat stabilizatora elektromagnetycznego

### Korzyści dla środowiska

Zmniejszone zużycie materiału powłokowego. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

### Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

Stabilizację elektromagnetyczną stosuje się w ostateczności, aby poprawić stabilność taśmy. Wiele innych aspektów technicznych musi być zabezpieczonych w pierwszej kolejności, tj. łożyska zanurzone, geometria naczyń, wycieranie powietrzem, napięcie taśmy - wszystkie te czynniki mają duży wpływ na stabilność taśmy. Wdrożenie stabilizacji elektromagnetycznej nie może zrównoważyć innych problemów, lub tylko częściowo, i dlatego jest zwykle traktowane jako ostatni krok w planie poprawy stabilności taśmy. [218, EUROFER 2020]

Stabilizacja elektromagnetyczna pociąga za sobą zwiększone nakłady na konserwację. W szczególności, jeśli stabilizatory elektromagnetyczne są zainstalowane oddzielnie od noży powietrznych (jak pokazano powyżej), zwykła procedura regularnego czyszczenia noży powietrznych będzie utrudniona, a nakłady na czyszczenie wzrosną. Rozwiązania zintegrowane (stabilizatory elektromagnetyczne połączone bezpośrednio z nożami powietrznymi) pozwalają uniknąć tej wady, ale wymagają całkowitej zmiany systemu, co jest bardzo kosztowne.

### Efekty krzyżowe

Nieznacznie zwiększone zużycie energii. Zwiększone nakłady na konserwację.

### Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania

Generalnie stosuje się do powlekania taśm.

### Aspekty ekonomiczne

Wysokie koszty inwestycyjne, zwłaszcza w przypadku rozwiązań zintegrowanych.

### Cel wdrożenia

Motorem wdrażania tej techniki są głównie kwestie jakościowe. Jest ona szczególnie istotna w przypadku zastosowań o ścisłych wymaganiach dotyczących grubości powłoki cynkowej.

### Przykładowe zakłady

Thyssenkrupp Steel Europe AG Linia do cynkowania ogniowego 7. Arcelor Mittal Sagunto - [96 HDC].

Arcelor Mittal Belgium Eurogal - [40 HDC].

### Bibliografia

[186, EUROFER 10-7-18, 2018].

#### 5.4.1.4 Cynkowanie z przeżarzaniem

##### 5.4.1.4.1 Układy do cynkowania z przeżarzaniem wyposażone w ogrzewanie indukcyjne

###### Opis

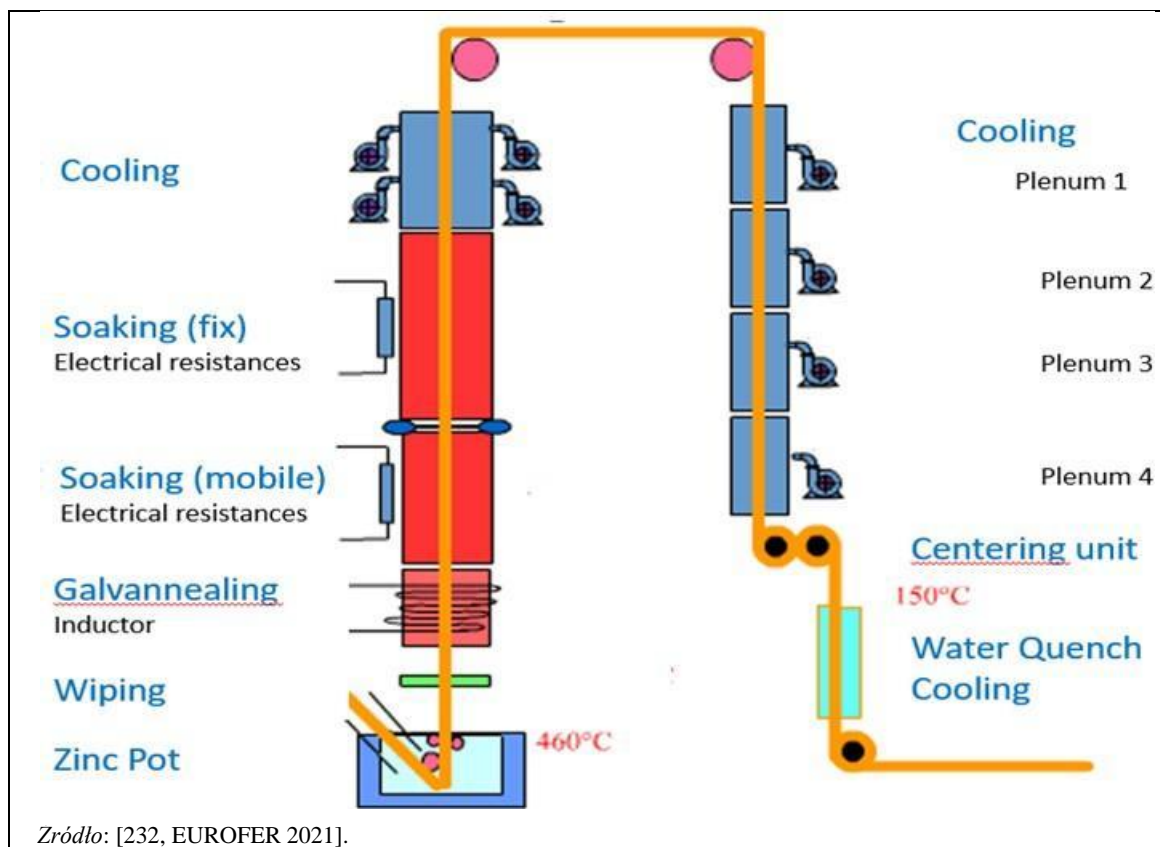
Proces obróbki wtórnej polegający na cynkowaniu z przeżarzaniem przeprowadza się przy użyciu instalacji do cynkowania z przeżarzaniem wyposażonej w piec indukcyjny do ponownego podgrzewania taśmy stalowej walcowanej na zimno, po czym następuje etap namaczania przy użyciu pieców elektrycznych i ostateczne chłodzenie taśmy.

###### Opis techniczny

W procesie cynkowania obie powierzchnie walcowanej na zimno stalowej taśmy są pokrywane cienką warstwą cynku poprzez przepuszczenie przez ciekłą kąpiel cynkową. Otrzymana powłoka cynkowa składa się z około 99,7% cynku i 0,3% żelaza. W procesie cynkowania możliwe jest przekształcenie początkowej warstwy cynku uzyskanej po cynkowaniu w powłokę ze stopu żelaza i cynku zawierającą od 8 do 12% żelaza.

Cykl procesu cynkowania z przeżarzaniem polega na ponownym podgrzaniu taśmy w temperaturze około 500°C, przez czas około piętnastu sekund. Ten szybki wzrost temperatury jest osiągnięty poprzez przejście przez piec indukcyjny, a następnie piec podtrzymujący (zwykle elektryczny). Taśma jest następnie schładzana do temperatury około 150°C lub niższej przed hartowaniem w wodzie. W przeszłości było to osiągnięte za pomocą pieców do cynkowania z przeżarzaniem opalanych gazem ziemnym.

Na rysunku 5.27 przedstawiono schemat typowej instalacji do cynkowania z przeżarzaniem wyposażonej w ogrzewanie indukcyjne.



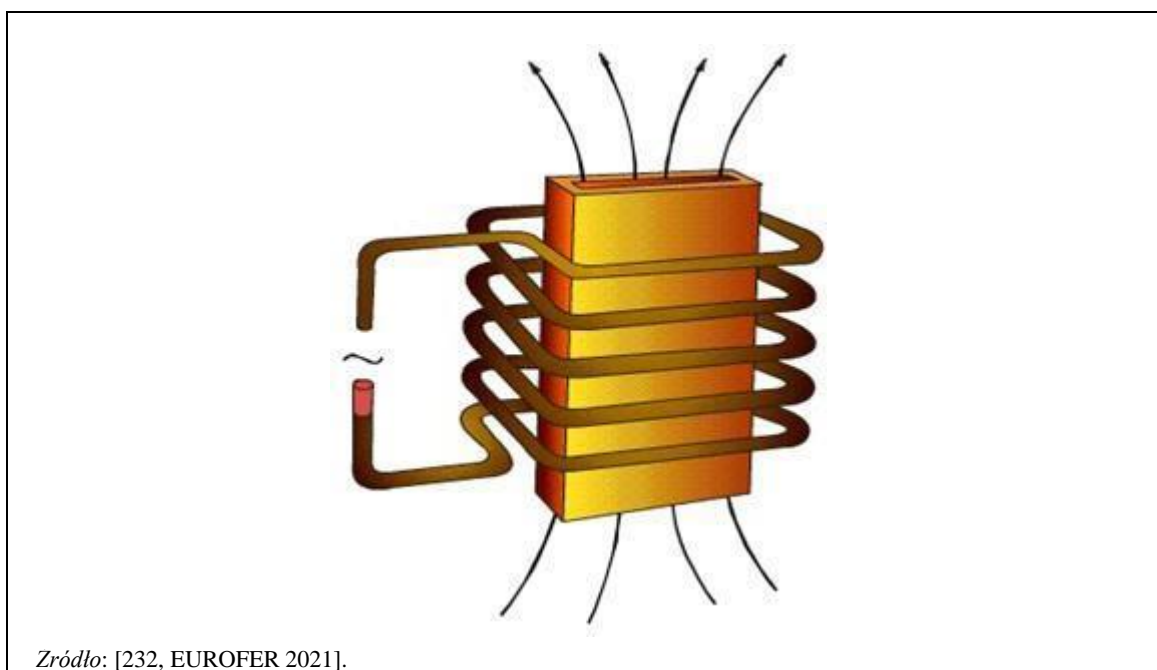


Rysunek 5.27: Schemat instalacji do cynkowania z przeżarzaniem wyposażonej w ogrzewanie indukcyjne

Ogrzewanie indukcyjne uzyskuje się za pomocą pieca indukcyjnego z przepływem wzdłużnym, jak pokazano na rysunku 5.28. Ogrzewanie indukcyjne zapewnia transfer energii z cewki indukcyjnej (solenoidu) do ogrzewanej taśmy za pomocą pola elektromagnetycznego, które rozprasza ciepło poprzez efekt Joule'a w taśmie. Kluczowe parametry do kontroli związane z piecem indukcyjnym to:

- częstotliwość prądu;
- charakter materiału i jego stan (temperatura);
- pole induktora;
- rodzaj wzbudnika i jego charakterystyka geometryczna;
- charakter przewodników zastosowanych we wzbudniku.

Ogólnie rzecz biorąc, im wyższa jest częstotliwość, tym mniejsza jest grubość powłoki (grubość na powierzchni blachy, w której krąży prąd). Induktor jest zwykle wykonany z miedzi elektrolitycznej w celu zminimalizowania strat przez efekty Joule'a i jest chłodzony wodą. Piece indukcyjne są bardzo wrażliwe na pył cynkowy, który może powodować zwarcia, dlatego należy je regularnie czyścić. Cewki są zwykle chronione wewnątrz przez płyty izolacyjne. Odległość pomiędzy cewką a taśmą wynosi od 100 do 200 mm.



Rysunek 5.28: Schemat pieca indukcyjnego do cynkowania z przeżarzaniem

Cykl cynkowania z przeżarzaniem pozwala, początkowo, na dyfuzję cynku do podłoża stalowego w celu przerwania warstwy inhibicyjnej  $Fe_2Al_5$ . Po przełamaniu tej warstwy, żelazo może dalej dyfundować do powłoki cynkowej, tworząc wymagane stopy żelaza z cynkiem (o zawartości około 10% żelaza na końcu cyklu).

Stal ocynkowana z przeżarzaniem posiada również powłokę cynkową, która jest mocniejsza w porównaniu do wielu innych rodzajów stali ocynkowanej, co zwiększa odporność produktu na zarysowania. Ponadto, stal ocynkowana z przeżarzaniem wykazuje dobrą formowalność i spawalność w porównaniu z innymi rodzajami stali ocynkowanej.

### **Korzyści dla środowiska**

- Piece indukcyjne do cynkowania z przeżarzaniem są znacznie bardziej energooszczędne niż piece do cynkowania z przeżarzaniem opalane gazem ziemnym, w których ogrzewanie odbywa się przez konwekcję, a w mniejszym stopniu przez promieniowanie. Wydajność takiego pieca jest bardzo niska (najwyżej 10 do 15%), ponieważ ciekły cynk jest bardzo refleksyjny (emisyjność rzędu 0,1).
- W porównaniu z piecami indukcyjnymi, prędkość nagrzewania pieców gazowych jest raczej niska i dlatego wysokość pieca jest dość duża. Wysokość pieca jest zazwyczaj ograniczona do około 55 m, aby uniknąć problemów z drganiami taśmy, które powodują bardzo krótkie czasy namaczania.
- W porównaniu z piecami indukcyjnymi, piece gazowe mają znaczną bezwładność, która nie pozwala na częste zmiany ustawień.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

W sumie trzy zakłady w zbiorze danych zgłosiły informacje dotyczące działania i efektywności środowiskowej etapu procesu cynkowania z przeżarzaniem.

#### **Zakład 33 HDC:**

- Rodzaj ogrzewania: Ogrzewanie indukcyjne połączone z palnikami z bezpośrednim płomieniem (gaz ziemny).
- Temperatura wejściowa taśmy (stopień grzania): 440°C
- Docelowa temperatura taśmy (etap grzania): 485°C
- Temperatura wejściowa taśmy (etap namaczania): 485°C
- Docelowa temperatura taśmy (etap namaczania): 485°C
- Temperatura wejściowa taśmy (etap chłodzenia): 485°C
- Docelowa temperatura taśmy (etap chłodzenia): 50°C
- Dane dotyczące emisji: Pył (od 2,7 do 9,5 mg/Nm<sup>3</sup>), NOx (od 102 do 110 mg/Nm<sup>3</sup>), SO<sub>2</sub> (od 2,6 do 12,8 mg/Nm<sup>3</sup>), CO (od 19 do 98 mg/Nm<sup>3</sup>)<sup>3</sup>

#### **Zakład 129 HDC:**

- Rodzaj ogrzewania: Tylko ogrzewanie indukcyjne
- Temperatura wejściowa taśmy (etap grzania): 450°C
- Docelowa temperatura taśmy (etap grzania): 550°C
- Temperatura wejściowa taśmy (etap namaczania): 550°C
- Temperatura docelowa taśmy (etap namaczania): 550°C
- Temperatura wejściowa taśmy (etap chłodzenia): 550°C
- Temperatura docelowa taśmy (etap chłodzenia): Nie określono.
- Dane dotyczące emisji: Nie zgłoszono danych dotyczących emisji.

#### **Zakład 180 HDC:**

- Rodzaj ogrzewania: Tylko ogrzewanie indukcyjne
- Temperatura wejściowa taśmy (etap grzania): 460°C
- Docelowa temperatura taśmy (etap grzania): 500°C
- Temperatura wejściowa taśmy (etap namaczania): Nie określono.
- Temperatura docelowa taśmy (etap namaczania): Nie określono.
- Temperatura wejściowa taśmy (etap chłodzenia): 500°C
- Temperatura docelowa taśmy (etap chłodzenia): 300°C
- Dane dotyczące emisji: Nie zgłoszono danych dotyczących emisji.

### **Efekty krzyżowe**

Nie zgłoszono.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Powszechnie stosowane.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Efektywność energetyczna.

### **Przykładowe zakłady**

[33 HDC] [129 HDC] [180 HDC]

### **Bibliografia**

[232, EUROFER 2021].

## **5.4.1.5 Obróbki dodatkowe**

### ***5.4.1.5.1 Oczyszczanie i ponowne wykorzystywanie roztworu do fosforanowania lub pasywacji***

#### **Opis**

Do oczyszczenia roztworu do fosforanowania lub pasywacji w celu ponownego użycia stosuje się obwód czyszczący, na przykład z filtracją.

#### **Opis techniczny**

Sekcja obróbki chemicznej powlekania ogniowego jest zwykle wyposażona w zbiornik przygotowawczy (duża objętość) i zbiornik roboczy (mała objętość). W zbiorniku przygotowawczym mieszanina chemiczna jest przygotowywana i sprawdzana. Następnie niewielka część jest wysyłana do zbiornika roboczego, który regularnie uzupełniany jest przez zbiornik przygotowawczy, gdy poziom spada. Tylko ciecz w zbiorniku roboczym wchodzi w kontakt z taśmą i może ulec zanieczyszczeniu. Ponieważ jednak jest ona stale zużywana, poziom zanieczyszczenia jest bardzo niski. W konsekwencji nie ma rzeczywistej potrzeby stosowania skomplikowanego systemu oczyszczania roztworu: wystarczą proste filtry. [218, EUROFER 2020].

#### Roztwór do fosforanowania

Roztwór fosforanu jest filtrowany przez filtry, gdy jest recykulowany. Tylko mała ilość zużytego roztworu jest zrzucana i oczyszczana na zewnątrz. Ścieki z sekcji płukania są również oczyszczane na zewnątrz w oczyszczalni ścieków. To oczyszczanie może być również realizowane poza miejscem zakładu. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

Taśmy stalowe fosforanowane chemicznie są produkowane w linii do cynkowania ogniowego. Roztwór fosforanu jest (i) nanoszony przez głowicę natryskową na górną i dolną stronę (nadmiar mokrej warstwy jest ścierany za pomocą walców z twardej gumy) lub (ii) dostarczany z chemcoaterem na gołą taśmę ocynkowaną ogniowo. Mokra powłoka jest następnie suszona w suszarce z gorącym powietrzem. [184, EUROFER 2018].

#### Roztwór do pasywacji

Roztwór do pasywacji jest filtrowany przez filtry podczas recykulacji. Niekiedy wyczerpany roztwór jest odprowadzany i uzdatniany na zewnątrz w stacji uzdatniania wody lub poza zakładem.

Pasywowane chemicznie taśmy stalowe są produkowane w linii do cynkowania ogniowego. Roztwór pasywacyjny jest (i) nakładany przez głowicę natryskową na górną i dolną stronę (nadmiar mokrej warstwy jest ścierany za pomocą walców z twardej gumy) lub (ii) dostarczany z chemcoaterem na gołą taśmę ocynkowaną ogniowo. Mokra powłoka jest następnie suszona w suszarce z gorącym powietrzem. [184, EUROFER 2018].

Wybór, czy taśma stalowa ocynkowana ogniowo jest fosforanowana lub pasywowana, czy też pozostaje bez obróbki, zależy od specyfikacji produktu klienta dotyczącej możliwości malowania, spawalności,

formowalności, odporności na korozję. W przypadku przemysłu motoryzacyjnego, zazwyczaj cała karoseria samochodu jest fosforanowana przed malowaniem. [184, EUROFER 2018].

#### **Korzyści dla środowiska**

- Zmniejszenie zużycia środków chemicznych do fosforanowania i pasywacji. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].
- Zmniejszenie ilości wylotów wody i objętości osadów w oczyszczalni ścieków. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

W przypadku roztworów fosforanowych konieczna jest kontrola następujących parametrów procesu: przewodności i/lub gęstości kąpeli fosforanowej. Grubość warstwy kontroluje się poza linią produkcyjną metodami fluorescencji rentgenowskiej lub metodami chemii mokrej. W analizie chemicznej mokrej grubość warstwy jest mierzona pośrednio na podstawie zawartości fosforu w roztworze do usuwania powłok. [184, EUROFER 2018].

W przypadku rozwiązań pasywacyjnych konieczna jest kontrola następujących parametrów procesu: przewodności i/lub gęstości kąpeli pasywacyjnej. Grubość warstwy byłaby kontrolowana poza linią produkcyjną za pomocą metod fluorescencji rentgenowskiej lub za pomocą metod chemii mokrej. W analizie chemicznej mokrej grubość warstwy jest mierzona pośrednio na podstawie elementu znacznikowego roztworu do usuwania powłok, który zależy od zastosowanej metody pasywacji. [184, EUROFER 2018].

#### **Efekty krzyżowe**

Zużycie energii [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

Powstawanie odpadów: W kąpielach do fosforanowania i pasywacji mogą powstawać osady, które wymagają utylizacji. [184, EUROFER 2018].

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Koszty inwestycyjne i operacyjne są średnie [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

#### **Cel wdrożenia**

Zmniejszone zużycie środków chemicznych.

#### **Przykładowe zakłady**

Zakłady stosujące fosforanowanie: 33 HDC, 129 HDC, 180 HDC.

Zakłady stosujące pasywację: Wszystkie pięć ocynkowni ogniowych firmy Voestalpine Stahl GmbH - Zakłady 08 HDC1 i 08 HDC2.

Inne zakłady ze zbioru danych FMP stosujące pasywację to: 37 HDC, 40 HDC, 41 HDC, 94 HDC, 96 HDC, 120 HDC, 129 HDC, 131 HDC, 132 HDC, 159 HDC, 180 HDC, 193 HDC, 194 HDC, 195 HDC, 223 HDC, 249 HDC, 263 HDC. [150, FMP TWG 2018].

#### **Bibliografia**

[184, EUROFER 2018] [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999] [150, FMP TWG 2018]  
[218, EUROFER 2020]

**5.4.1.5.2 Odciąganie powietrza jak najbliżej źródła z kąpeli chemicznych lub zbiorników przy obróbce wtórnej (tj. fosforanowanie i pasywacja).**

#### **Opis**

Emisje ze zbiorników chemicznych i kąpiel chemicznych są wychwytywane, np. poprzez zastosowanie jednej lub kombinacji następujących technik:

- odciąg boczny lub odsysanie;
- zbiorniki wyposażone w ruchome pokrywy;
- obudowane okapy;
- umieszczanie wanien w pomieszczeniach zamkniętych.

Wychwycone emisje są następnie odsysane i oczyszczane albo przez mokry scrubbing albo przez demister.

### **Opis techniczny**

Opisy odpowiednio odmulania i czyszczenia na mokro znajdują się w punktach 8.8.1.1 i 8.8.1.7.

### **Korzyści dla środowiska**

- Zapobieganie uwolnieniom oparów chemicznych. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].
- Zmniejszenie objętości powietrza wylotowego. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].
- Zmniejszenie zapotrzebowania na energię i wodę dzięki mniejszemu parowaniu i izolacji.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Opisane powyżej środki kontroli stosuje się w celu ograniczenia emisji do powietrza substancji lotnych: substancji, które mogą łatwo przejść z postaci stałej lub ciekłej w parę, mają wysoką prężność pary i niską temperaturę wrzenia (np. HCl). Obejmuje to lotne związki organiczne zdefiniowane w art. 3 pkt 45 dyrektywy 2010/75/UE.

Środki te nie są konieczne w przypadku kąpiel technologicznych, jeżeli do procedur po obróbce stosuje się walce, systemy płukania lub kąpiele zanurzeniowe zamiast systemów natryskowych i nie stosuje się substancji lotnych.

Dzięki zastosowaniu rolek, systemów płukania lub kąpiel zanurzeniowych (namaczania) oraz braku substancji lotnych w procesach, nie występują emisje niezorganizowane, ponieważ tworzenie aerozoli i oparów nie jest możliwe.

### **Efekty krzyżowe**

Brak.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

- Nie dotyczy, gdy temperatura przechowywania jest niska i gdy nie stosuje się substancji lotnych.
- Ma zastosowanie tylko wtedy, gdy obróbka odbywa się przez opryskiwanie lub gdy stosowane są substancje lotne.

### **Aspekty ekonomiczne**

Koszty inwestycyjne i operacyjne są średnie. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

### **Cel wdrożenia**

- Zapobieganie i ograniczanie narażenia pracowników na ulotne emisje substancji chemicznych.
- Ograniczenie emisji niezorganizowanej do środowiska.

### **Przykładowe zakłady**

Voestalpine linie 2, 3, 4 i 5.

[40 HDC] [41 HDC] [120 HDC] [132 HDC] [201 HDC]

## **Bibliografia**

[23, Continuous Coating Shadow Group, 1999] [186, EUROFER 10-7-18 - 2018].

### **5.4.1.5.3 Zamknięte zbiorniki połączone z odsysaniem powietrza w przypadku ciągłego oczyszczania wtórnego**

#### **Opis**

Fosforanowanie i pasywacja są prowadzone w zamkniętych zbiornikach, a powietrze jest z nich usuwane.

#### **Opis techniczny**

W procesach ciągłych stosuje się całkowicie zamknięte/uszczelnione zbiorniki, w których materiał dostaje się do zbiornika fosforanowania lub pasywacji przez niewielkie otwory.

Patrz także punkt 8.8.4.2.

#### **Korzyści dla środowiska**

Ograniczenie emisji do powietrza substancji lotnych: substancje, które mogą łatwo zmienić postać stałą lub ciekłą w parę, charakteryzujące się wysokim ciśnieniem pary i niską temperaturą wrzenia (np. HCl). Obejmuje to lotne związki organiczne zdefiniowane w art. 3 pkt 45 dyrektywy 2010/75/UE.

#### **Informacje dotyczące efektywności środowiskowej i danych operacyjnych**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak informacji.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ma zastosowanie tylko wtedy, gdy obróbka odbywa się przez opryskiwanie lub gdy stosowane są substancje lotne.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Przepisy dotyczące ochrony środowiska.

#### **Przykładowe zakłady**

[249 HDC] [223 HDC] [159 HDC] [96 HDC]

## **Bibliografia**

Brak podanej literatury źródłowej.

### **5.4.1.5.4 Minimalizacja oporu w roztworze chemicznym**

#### **Opis**

Opór roztworu chemicznego jest minimalizowany, np. poprzez przepuszczanie taśm przez rolki ściskające lub poprzez zapewnienie wystarczającego czasu ociekania obrabianych elementów.

#### **Opis techniczny**

Opór roztworu chemicznego jest minimalizowany, np. poprzez przepuszczanie taśm przez rolki ściskające lub poprzez zapewnienie wystarczającego czasu ociekania obrabianych elementów. Zamiast rolek gumowych można stosować metalowe rolki wyciskające (inox). [208, TWG 2019]]

#### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszenie zużycia surowców. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

### **Efekty krzyżowe**

Nie.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Rozwiązanie powszechnie stosowane w zakładach z procesem pasywacji. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

### **Aspekty ekonomiczne**

Inwestycja początkowa nie jest wysoka, a koszt operacyjny jest niski. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

### **Cel wdrożenia**

Sprawność materiałowa.

### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

### **Bibliografia**

[23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

#### **5.4.1.5.5 Zastosowanie walca do taśm**

##### **Opis**

Powlekkarki rolkowe służą do nakładania na powierzchnię taśm warstwy pasywacyjnej lub zawierającej fosforany. Pozwala to na lepszą kontrolę grubości warstwy, a tym samym zmniejszenie zużycia środków chemicznych.

##### **Opis techniczny**

Powlekkarki rolkowe służą do nakładania cienkiej warstwy pasywacyjnej na ocynkowaną taśmę stalową. Te warstwy pasywacyjne, np. z chromu, medium bezchromowego lub zawierającego fosforany, tworzą warstwę konwersyjną, która chroni leżący pod nią metal przed korozją. Warstwy zawierające fosforany zapewniają ponadto dobre właściwości ślizgowe podczas formowania na zimno.

Szczególnie cienkie powłoki organiczne lub pasywacja chemiczna są nakładane przez powlekkarkę rolkową. Powlekkarka rolkowa umożliwia nakładanie precyzyjnie odmierzonej ilości płynnej substancji chemicznej na obie strony taśmy, mimo że prędkość linii zmienia się w dużym zakresie.

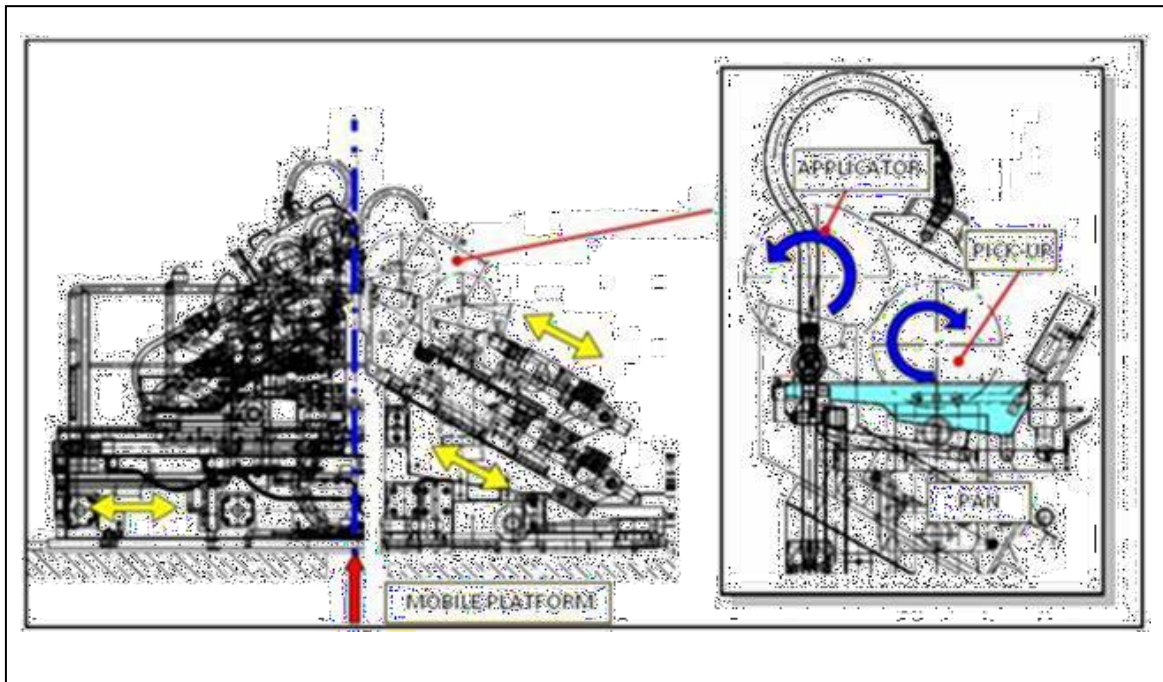
Powlekkarka rolkowa znajduje się w liniach do cynkowania ogniowego jako jeden z ostatnich etapów procesu, zwykle przed pętlą wyjściową, aby zapobiec silnym wahaniom prędkości podczas powlekania.

W linii do cynkowania typem powlekkarki rolkowej jest zwykle powlekkarka dwurolkowa, która zawiera wałek odbierający i wałek nakładający. Dla strony górnej i dolnej stosowana jest indywidualna głowica powlekkająca. Obie głowice powlekkające mogą pracować niezależnie. Konfiguracja urządzenia może być pozioma lub pionowa. Metoda nakładania może być do przodu lub do tyłu, tzn. wałek aplikatora jest obracany do przodu lub w kierunku przeciwnym do ruchu taśmy.

Wałek podbierający podnosi płynną substancję chemiczną z miski powlekkającej. Rolka zbierająca styka się z rolką aplikatora, który zmiata ciecz z rolki zbierającej i przenosi ją na taśmę ocynkowaną (patrz Rysunek 5.29).

Grubość warstwy jest regulowana przede wszystkim przez koncentrację partii i sposób pracy (praca

obrotowa / przeciwbieżna i prędkość obwodowa walców powlekających). Głównymi parametrami w regulacji grubości mokrej warstwy są nacisk pomiędzy rolką podbierającą a aplikatorem oraz prędkość rolki. Zazwyczaj prędkość walca jest kontrolowana automatycznie i regulowana w stosunku do prędkości taśmy. Równomierne nakładanie uzyskuje się poprzez regulację poziomu napełnienia wanny, nacisku czepaka na wałek powlekający, jak również siły nastawczej na ocynkowanej taśmie stalowej. Po procesie powlekania warstwa pasywacyjna jest suszona w suszarce na gorące powietrze lub podobnej (np. suszarka indukcyjna, suszarka na podczerwień).



Rysunek 5.29: Powlekarka rolkowa

### **Korzyści dla środowiska**

Dokładniejsza kontrola grubości warstwy pasywacyjnej zmniejsza zużycie środków chemicznych do pasywacji. Szczególnie w przypadku grubych taśm można uniknąć ciężkiego powlekania na krawędziach taśm.

W przypadku metody wyciskania zanurzeniowego/natryskowego konieczne jest użycie oddzielnych dysz powietrznych na krawędziach pasków dla grubego materiału. W ten sposób powstaje dużo aerozolu i pyłu, które stanowią zagrożenie dla bezpieczeństwa. Przy zastosowaniu powlekarki rolkowej można wyeliminować to ryzyko.

Szacuje się, że ilość cynku rozpuszczonego w roztworze pasywacyjnym jest zmniejszona o około 90 % w porównaniu z metodami zanurzania/wyciskania lub natryskiwania/wyciskania. Zmniejsza się potrzeba czyszczenia systemu i ilość odpadów.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Wstępne ustawienie parametrów powłoki może być dokonane zgodnie z tabelami parametrów. Jednak ostateczne regulacje dokonywane są na podstawie zmierzonej grubości powłoki produktu końcowego. Dlatego zaleca się kontrolę masy lub grubości powłoki.

Za powlekarkami rolkowymi można umieścić ciągły miernik warstwy mokrej. Zwykle z pokrytych próbek mierzy się masę warstwy pasywacyjnej lub grubość cienkiej warstwy powłoki organicznej. Masę powłoki określa się na podstawie zawartości określonych pierwiastków śladowych w substancji chemicznej (Cr, Ti, P, Mn itp.). Analizę przeprowadza się metodą XRF lub metodą chemiczną mokrą



(AAS, ICP). Grubość warstwy TOC może być mierzona metodą beta backscatter.

Konieczne jest regularne czyszczenie wałków do lakierowania. Szczególnie akryl na bazie wody łatwo osadza się na wałkach. Powoduje to problemy z jakością i odrzucanie produktów ocynkowanych. Procedury czyszczenia wymagają dodatkowej siły roboczej i powstają ścieki. Konieczność czyszczenia jest jednak związana z rodzajem stosowanego środka chemicznego. W porównaniu z tradycyjną metodą wyciskania zanurzeniowego/natryskowego, powlekania rolkowa nie tworzy znacząco więcej ścieków. W wielu przypadkach ścieki mogą być wykorzystane do uzupełnienia nowego roztworu roboczego.

Metoda powlekania rolkowego jest również powszechnie stosowana w innych typach linii produkcyjnych, np. w liniach do powlekania cewek (podobne urządzenia).

Gdy żywica akrylowa jest nakładana na ocynkowaną taśmę stalową, do utwardzenia powłoki wymagana jest określona temperatura. W zależności od układu linii cynkowania, stosunkowo wysoka temperatura wyjściowa (80-120 °C) może powodować problemy.

Powlekanie rolkowe ma zastosowanie do szerokiego zakresu płynnych substancji chemicznych. W zależności od substancji chemicznej, zamiast pieca na gorące powietrze można zastosować utwardzanie promieniami UV lub IR.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Metoda powlekania rolkowego ma zastosowanie generalnie do wyrobów płaskich.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Koszt inwestycyjny kompletnej instalacji do powlekania rolkowego wynosi około 1,2 mln euro. Zawiera ona dwie maszyny do powlekania walców typu shuttle, system wstępnego mieszania i obiegu roztworu roboczego oraz piec do utwardzania gorącym powietrzem.

Koszty operacyjne, nie licząc ceny środków chemicznych, są porównywalne z konwencjonalnymi systemami wyciskania belki natryskowej. Całkowite koszty operacyjne zależą od zastosowanych metod aplikacji: specjalne grawerowane rolki zbierające są droższe niż rolki polerowane, rolki aplikatora obracające się w odwrotnym kierunku zużywają się szybciej itp.

#### **Cel wdrożenia**

Lepsza jakość i wszechstronność.

#### **Przykładowe zakłady**

- Zakład SSAB Hämeenlinna, linia do cynkowania ogniowego nr 3, Finlandia.
- ThyssenKrupp Steel AG, linia do cynkowania ogniowego nr. 8.
- Liberty Piombino HDG 4.

#### **Bibliografia**

[212, Dinter et al., 2006].

#### **5.4.1.5.6 Techniki pasywacji chemicznej bez Cr i Cr(III) w liniach do cynkowania ogniowego**

##### **Opis**

Zastosowanie pasywacji chemicznej Cr (III) i bez Cr w liniach do cynkowania ogniowego.

## Opis techniczny

Pasywacja Cr (VI) nie jest uważana za BAT ze względu na kwestie środowiskowe.

Alternatywnie stosuje się inne roztwory zawierające metale (np. zawierające mangan, cynk, fluorek tytanu, fosforany i/lub molibdany) lub roztwory polimerów organicznych (np. zawierające poliuretany lub poliestry). (Bardziej szczegółowe informacje na temat pasywacji związkami organicznymi przedstawiono w punkcie 5.4.1.5.7).

Pasywacje na bazie Cr (III) składają się na przykład z rodzajów fluorków Cr (III).

Powłoka z pasywacją bezchromową ma bardzo małą/drobną strukturę i przy pomocy pomiarów nieciągłej fluorescencji rentgenowskiej udowodniono, że jest całkowicie amorficzna. Właściwości ochronne tej powłoki powstałej w wyniku reakcji konwersji są przede wszystkim funkcją bardzo skutecznej bariery przed jonami i substancjami korozyjnymi.

Ochrona przed korozją bezchromowej powłoki pasywacyjnej wykazana w teście natrysku słonej wody zależy w dużej mierze od grubości powłoki. Grubość powłoki (ważne kryterium jakości) jest określana na podstawie pierwiastka wiodącego, np. tytanu, oraz za pomocą analizy fluorescencji promieniowania rentgenowskiego. Jeśli grubość powłoki jest zbyt cienka, ochrona przed korozją nie będzie wystarczająca w teście natrysku słonej wody. Jeśli grubość powłoki jest zbyt duża, utracona zostanie spawalność i metaliczny połysk powierzchni.

Techniki pasywacji chemicznej z Cr (III) i bez Cr są dobrze ugruntowane w wielu zastosowaniach, ale w ciągłym rozwoju. W momencie pisania tego dokumentu są one uważane za najnowocześniejsze w Europie w zakresie pasywacji chemicznej. Ogólnie rzecz biorąc, wybór rozwiązania pasywacyjnego zależy od specyfikacji produktu (np. jakości powierzchni, możliwości malowania, spawalności, formowalności, odporności na korozję). Na przykład, rozwiązania bez Cr mają wady pod względem formowalności i spawalności produktu końcowego, ale zapewniają lepszą malowalność, w porównaniu z rozwiązaniami pasywacji Cr (III). [EUROFER 3-5-2017]

Należy zauważyć, że w momencie pisania dokumentu tlenek chromu III jest objęty wspólnym kroczącym planem działań (CoRAP) dotyczącym oceny substancji w ramach REACH. Jest on obecnie oceniany pod kątem następujących obaw: podejrzenie reprotoksyczności i podejrzenie działania uczulającego.

## Korzyści dla środowiska

- Unikanie emisji Cr (VI) do środowiska.
- Unikanie emisji metali ciężkich, fluorków i odpadów do środowiska (dotyczy to rozwiązań pasywacyjnych II i III - patrz punkt 5.2.2.7).

## Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

Konieczna jest kontrola parametrów procesu, np. przewodności, stężenia manganu tytanu lub fosforanu w kąpielach. Masa warstwy byłaby kontrolowana metodami XRF lub metodami chemii mokrej. Za pomocą przenośnego urządzenia XRF masa warstwy tytanu lub fosforanu ( $\text{mg Ti/m}^2$ ) jest sprawdzana offline na taśmie stalowej na końcu instalacji do cynkowania ogniowego. W analizie chemicznej na mokro grubość warstwy jest mierzona pośrednio na podstawie zawartości chromu w roztworze do usuwania powłok.

Ilość potrzebnej energii jest taka sama jak w przypadku pasywacji Cr (VI).

Ilość potrzebnego roztworu pasywacyjnego wynosi około 0,5-2,0 l/t produktu chemicznie pasywowanego bez Cr.

## Efekty krzyżowe

Czasami w roztworze pasywacyjnym gromadzą się osady (Mn, Zn, fosforany Ti- lub fluorki Cr(III)),

które należy usunąć.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Zastosowanie może być ograniczone ze względu na specyfikację produktu (np. jakość powierzchni, możliwość malowania, spawalność, formowalność, odporność na korozję).

Pasywacja bezchromowa jest zwykle stosowana do wytwarzania produktów końcowych wymagających dobrej podatności na malowanie, a nie dobrej spawalności lub formowalności. Z kolei roztwory pasywacyjne chromu (III) są stosowane w celu uzyskania produktów o dobrej spawalności lub formowalności, a nie malowalności.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

- Unikanie stosowania chromu (VI) do pasywacji.
- Bezpieczeństwo pracowników i ochrona przed narażeniem pracowników na chrom (VI).

### **Przykładowe zakłady**

Obecnie wiele ocynkowni ogniowych wdrożyło technologię pasywacji na bazie Cr(III) (np. zakłady Voestalpine Stahl GmbH), niemniej jednak część produkcji odbywa się z wykorzystaniem technologii pasywacji bez Cr.

Linie HDG zakładów SSAB Europe Hämeenlinna nr 1 i nr 3 w Finlandii wykorzystują technologię Cr (III), podobnie jak linie AM HDC (np. Aviles, Piombino).

### **Bibliografia**

[186, EUROFER 10-7-18, 2018].

#### ***5.4.1.5.7 Pasywacja cienkich powłok organicznych***

### **Opis**

Na powierzchnię stali w celu pasywacji nakłada się cienką powłokę organiczną na bazie polimerów takich jak akryl, epoksyd, etylen, poliuretan lub poliester. [189, EUROFER 31-3-17, 2017].

### **Opis techniczny**

Cienkie taśmy stalowe z powłoką organiczną (TOC) są produkowane w linii produkcyjnej na linii cynkowania. Roztwór jest наносzony na górną i/lub dolną stronę świeżo ocynkowanej taśmy za pomocą chemopowlekania (rollcoater), systemu natryskowego, wałków ściągających i innych technik powlekania. Mokra warstwa jest następnie suszona.

TOC jest powłoką tworzącą film na bazie polimerów takich jak akryl, epoksyd, etylen, poliuretan lub poliester. Grubość suchej warstwy wynosi zwykle 0,5-3  $\mu\text{m}$ . Powłoka może zawierać pewne inhibitory korozji, na przykład związki tytanu, trójwartościowego chromu, wanadu lub krzemu. Powłoka nie tylko zwiększa odporność na korozję taśmy ocynkowanej, ale działa również jako suchy środek smarny i nadaje taśmie cechę antyodciskową, nadając się do bezpośredniego malowania powystawowego bez dalszej obróbki powierzchni. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

### **Korzyści dla środowiska**

Emisji Cr(VI) unika się poprzez zastosowanie środka chemicznego wolnego od Cr(VI).

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Grubość suchej powłoki może być mierzona offline za pomocą urządzenia do pomiaru rozpraszania wstecznego beta. Tytan, fosforan, chrom lub inne pierwiastki śladowe w powłoce mogą być mierzone

za pomocą XRF.

Nadmiar roztworu zawierającego fluorki jest odpowiednio usuwany w zakładzie utylizacji odpadów. Ilość energii może być wyższa niż w przypadku pasywacji standardowej ze względu na zwiększoną potrzebę suszenia/utwardzania nałożonej warstwy (za pomocą podczerwieni lub suszarki zasilanej gazem).

Spodziewana grubość mokrej warstwy wynosi 1,5-6 g/m<sup>2</sup>.

W porównaniu z pasywacją chemiczną, TOC zapewnia lepszą odporność na tzw. białą rdzę powierzchni ocynkowanych. Pomaga również w procesach formowania poprzez działanie jako suchy smar. Uzyskuje się cechę zapobiegającą powstawaniu odcisków palców.

### **Efekty krzyżowe**

Wyższe zużycie energii ze względu na wyższą temperaturę suszenia i konieczne późniejsze chłodzenie.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

- Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.
- W przypadku istniejących zakładów czynnikiem ograniczającym może być dostępna przestrzeń (zwłaszcza jeśli wymagane są dodatkowe możliwości suszenia/utwardzania).

### **Aspekty ekonomiczne**

Wysokie koszty inwestycyjne i średnie koszty operacyjne.

### **Cel wdrożenia**

Uniknięcie stosowania chromu (VI) do pasywacji.

### **Przykładowe zakłady**

SSAB Hämeenlinna Works, linia galwanizacyjna nr 3, Finlandia. Liberty Piombino.  
Voestalpine Stahl GmbH Linia HDC 2.

### **Bibliografia**

[173, Lindfors et al., 2006] [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

## **5.4.1.6 Wykańczanie**

### **5.4.1.6.1 Zbieranie i obróbka emulsji z młynów temperowych**

Zob. pkt 3.4.4.3.

## **5.4.1.7 Oczyszczanie ścieków w linii cynkowania**

### **Opis**

Ogólnie rzecz biorąc, oczyszczalnie ścieków oczyszczają nie tylko wodę z zakładów powlekania, ale także wszystkie ścieki powstające w zakładach walcowniczych. Zazwyczaj oczyszczalnie te składają się z trzech różnych obiegów: linii **wody chromowej**, linii **wody zaolejonej** i linii **ścieków ogólnych**.

Oczyszczanie alkaliczne jest stosowane w liniach galwanizacyjnych do oczyszczania pozostałości oleistych i cząstek metalicznych z powierzchni taśmy stalowej. Emulsje są stosowane w walcowni temperowej linii cynkowania. W wyniku oczyszczania oparów pasywacyjnych powstają bardzo małe ilości rozcieńczonych wód zawierających chrom. Wszystkie ścieki z tych zabiegów są oczyszczane w oczyszczalni ścieków linii cynkowania, gdzie oddziela się od wody olej, metale ciężkie (Zn, Cr), Fe, fosforany i inne zawiesiny. Stosowane techniki to separacja oleju, flotacja, redukcja chromu,

neutralizacja, flokulacja, sedymentacja, filtracja na węglu aktywnym i wymiana jonowa. [184, EUROFER 2018].

Więcej informacji na temat stosowanych technik znajduje się w rozdziale 8.9.

## **5.4.2 Aluminizacja i powlekanie ołowiem (ternem) blach**

Techniki, które należy uwzględnić przy określaniu BAT, są takie same jak w przypadku galwanizowania blach, gdy stosuje się te same etapy przetwarzania (np. trawienie, pasywacja itp.).

## **5.4.3 Cynkowanie ogniowe drutu**

### **5.4.3.1 Topnikowanie**

#### **5.4.3.1.1 Kryta kąpiel topnikowa**

##### **Opis**

Kąpiel z topnikiem jest przykryta okapem lub pokrywą wanny, aby zminimalizować straty ciepła.

##### **Opis techniczny**

Kąpiel topnikowa jest przykryta okapem lub pokrywą wanny. [11, B. Gielen, Bekaert 1998].

Topnikowanie nie jest stosowane w powlekanii ogniowym blach. [218, EUROFER 2020]

##### **Korzyści dla środowiska**

Minimalizacja strat ciepła, gdy kąpiel strumieniowa jest podgrzewana [11, B. Gielen, Bekaert 1998].

##### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

##### **Efekty krzyżowe**

Brak informacji.

##### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Brak informacji.

##### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

##### **Cel wdrożenia**

Brak informacji.

##### **Przykładowe zakłady**

204 HDC

##### **Bibliografia**

[11, B. Gielen, Bekaert 1998].

### **5.4.3.2 Cynkowanie ogniowe**

#### **5.4.3.2.1 Kąpiel cynkowa: dobre gospodarowanie**

##### **Opis**

Dobre gospodarowanie polega głównie na utrzymywaniu warstwy ochronnej lub osłony na kąpeli cynkowej w celu zminimalizowania utleniania cynku i utraty ciepła oraz na suszeniu drutu przed wejściem do kąpeli cynkowej w celu uniknięcia tworzenia się pyłu.

##### **Opis techniczny**

Najważniejsze metody dobrego gospodarowania są następujące:

- Utrzymywanie warstwy ochronnej (cząstki stałe) lub pokrywy na kąpeli cynkowej. Minimalizuje to straty cynku przez utlenianie, minimalizuje powstawanie oparów topnika i drastycznie zmniejsza straty energii kąpeli cynkowej.
- Każda wilgoć wciągnięta do kąpeli cynkowej wyparowuje wybuchowo. Ta przyczyna powstawania pyłu cynkowego może być wyeliminowana poprzez zastosowanie suchego przewodu na wlocie do kąpeli cynkowej. [11, B. Gielen, Bekaert 1998].

##### **Korzyści dla środowiska**

Brak informacji.

##### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Dzięki dobrym metodom gospodarowania możliwe jest prowadzenie kąpeli do cynkowania ogniowego przy bardzo niskiej emisji Zn i pyłu (poniżej 5 mg/Nm<sup>3</sup> Zn, poniżej 10 mg/Nm<sup>3</sup> pył). [11, B. Gielen, Bekaert 1998].

Dwa zakłady powlekania drutu wzięły udział w zbieraniu danych dla rewizji dokumentu BREF FMP, oba stosują zasady dobrego gospodarowania. Nie podano jednak informacji na temat emisji pyłów.

##### **Efekty krzyżowe**

Brak informacji.

##### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Brak informacji.

##### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

##### **Cel wdrożenia**

Brak informacji.

##### **Przykładowe zakłady**

HDC 204, HDC 229

##### **Bibliografia**

[11, B. Gielen, Bekaert 1998].

#### **5.4.3.2.2 Wychwytywanie i oczyszczanie odessanego powietrza**

##### **Opis**

Nad wanną cynkową zainstalowany jest okap lub pokrywa, połączone z odciąganiem powietrza i odpylaniem przez filtr tkaninowy.

##### **Opis techniczny**

Gdy z takich czy innych powodów dobre gospodarowanie nie wystarcza do osiągnięcia niskiej emisji Zn i pyłu, można zainstalować okap lub osłonę nad kąpielą Zn, wyciąg powietrza i filtr. [11,

B. Gielen, Bekaert 1998].

**Korzyści dla środowiska**

Zmniejszona emisja pyłu i cynku do powietrza przy powlekanii ogniowym.

**Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Jeden zakład, który brał udział w zbieraniu danych, zgłosił stosowanie tej techniki, ale nie przedstawiono informacji na temat emisji pyłu.

**Efekty krzyżowe**

Brak informacji.

**Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Brak informacji.

**Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

**Cel wdrożenia**

Brak informacji.

**Przykładowe zakłady**

HDC 204, HDC 229

**Bibliografia**

[11, B. Gielen, Bekaert 1998].

**5.4.3.2.3 Wycieranie powietrzem lub azotem**

**Opis**

Po wyjściu z kąpeli stopionego cynku, okrągłe dysze powietrzne lub gazowe wokół drutu wydmuchują nadmiar metalu powłokowego z powierzchni drutu z powrotem do kotła galwanizacyjnego.

**Opis techniczny**

Brak informacji.

**Korzyści dla środowiska**

Brak informacji.

**Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

**Efekty krzyżowe**

Brak informacji.

**Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie stosowane do powlekania drutu.

**Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

**Cel wdrożenia**

Brak informacji.

**Przykładowe zakłady**

Brak informacji.

**Bibliografia**

Brak podanej literatury źródłowej.

**5.4.3.2.4 Wycieranie mechaniczne**

**Opis**

Po wyjściu z kąpieli stopionego cynku drut przechodzi przez urządzenia/materiał do wycierania (np. pady, dysze, pierścienie, granulat węglowy), które ściągają nadmiar metalu powłokowego z powierzchni drutu z powrotem do kotła galwanizacyjnego.

**Opis techniczny**

Brak informacji.

**Korzyści dla środowiska**

Brak informacji.

**Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

**Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie stosowane do powlekania drutu.

**Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

**Cel wdrożenia**

Brak informacji.

**Przykładowe zakłady**

Brak informacji.

**Bibliografia**

Brak podanej literatury źródłowej.



## 5.5 Nowe techniki ciągłego cynkowania ogniowego

### 5.5.1 Osadzanie powłok z dyszy rozpylającej

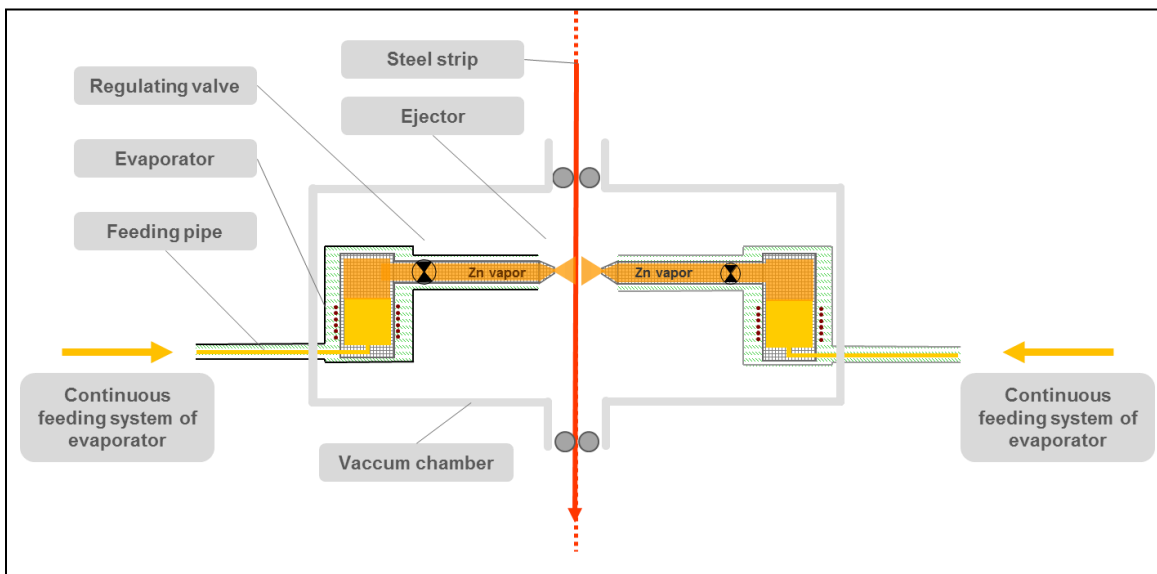
#### Opis

Powlekanie ruchomego pasa stali wewnątrz komory próżniowej poprzez odparowanie cynku na stal z dużą prędkością.

#### Opis techniczny

Konwencjonalne przemysłowe procesy powlekania blach stalowych cynkiem to proces cynkowania ogniowego i cynkowania z przeżaraniem. Jet vapour deposition (JVD) jest nowym procesem powlekania, w którym powlekanie odbywa się poprzez termiczne odparowanie cynku w warunkach próżni. JVD jest nową, ciągle rozwijaną techniką, która w chwili pisania tego dokumentu nie jest w stanie całkowicie zastąpić bardziej konwencjonalnych procesów powlekania.

Po odtłuszczeniu i wyżarzeniu, taśma stalowa jest transportowana do strefy cynkowania w instalacji jet vapour deposition. Śluza przy wejściu do strefy próżniowej umożliwia wprowadzenie taśmy stalowej do atmosfery pod próżnią. Po lekkim podgrzaniu, taśma jest transportowana do obszaru powlekania cynkiem instalacji JVD, gdzie cynk jest naporowywany na taśmę za pomocą ruchomej dmuchawy. Cynk skrapla się na zimnej taśmie i krzepnie. Powleczona taśma przechodzi następnie przez śluzę wyjściową (podobną do śluzy wejściowej), doprowadzając ją z powrotem do normalnego ciśnienia atmosferycznego. Rysunek 5.30 przedstawia schemat instalacji powlekania JVD.



Rysunek 5.30: Schemat urządzenia do powlekania próżniowego techniką JVD do powlekania cynkiem ruchomej taśmy stalowej

#### Korzyści dla środowiska

Ocena cyklu życia oceniająca wpływ na środowisko całego procesu JVD, w tym powlekania, fazy użytkowania produktów, produktów odpadowych i ich zagospodarowania, wykazała wyższą wydajność i niższe zużycie energii niż w przypadku innych technik powlekania. [220, Thuau 2020].

#### Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

W ArcelorMittal Kessales czysty cynk (99,9%) dostarczany jest w postaci wlewków. Jest on podgrzewany do temperatury 420 °C (temperatura topnienia cynku) i zasysany do parownika. Wydajność pieca do topienia cynku wynosi 40 ton. Taśma stalowa przesuwa się przez linię z

maksymalną prędkością 180 m/min.

Istnieje wiele zalet tej nowej technologii, w tym:

- wyjątkowo równomierne pokrycie blachy stalowej;
- doskonałe przyleganie powłoki, niezależnie od gatunku stali, oraz unikanie zwiększania kruchości stali ultra wysokowytrzymałej pod wpływem wodoru;
- Praca w próżni umożliwia niższe temperatury odparowania, a także tworzy "czyste" środowisko, które eliminuje ryzyko utleniania się cynku i stali;
- Bardzo elastyczny proces dzięki możliwości wytwarzania różnych grubości powłok (jedna strona w stosunku do drugiej) oraz powlekania różnych podłoży niezależnie od ich składu chemicznego.
- prowadzi do bardzo wysokiej wydajności cynku, eliminując w większości przypadków straty w postaci kożucha.

### **Efekty krzyżowe**

Nie zgłoszono.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Brak informacji.

### **Aspekty ekonomiczne**

Podany koszt instalacji zupełnie nowej linii produkcyjnej JVD w ArcelorMittal Kessales wynosi > 60 mln EUR. [221, ArcelorMittal Kessales 2017].

### **Cel wdrożenia**

- Oszczędność energii i wydajności cynku.
- Zwiększona efektywność operacji cynkowania.

### **Przykładowe zakłady**

ArcelorMittal Kessales (Belgia)

### **Bibliografia**

[220, Thuau 2020] [221, ArcelorMittal Kessales 2017].

## 6. CYNKOWANIE NIECIĄGŁE

### 6.1 Ogólne informacje na temat cynkowania nieciąglego

Cynkowanie jest usługową dziedziną przemysłu oferującą cynkowe pokrycia antykorozyjne producentom wyrobów stalowych lub ich użytkownikom. W działalności tego sektora istotny jest krótki okres oczekiwania na realizację zamówienia oraz szybka realizacja pakietu zamówień, co pozwala na świadczenie lepszych usług dla klientów. Pewne znaczenie mają także problemy związane z usytuowaniem zakładów, dlatego też zwykle lokalizowane są one blisko rynków zapotrzebowania na tego rodzaju usługi. W konsekwencji w przemyśle tym tworzy się relatywnie dużą ilość zakładów obsługujących regionalne rynki, co pozwala na zminimalizowanie kosztów związanych z lokalizacją i podwyższenie efektywności ekonomicznej. Tylko niewielu wyspecjalizowanych producentów gotowych jest transportować pewien rodzaj wyrobów na dalsze odległości, choć pozwalałoby im to na wykorzystanie wiedzy specjalistycznej i możliwości zakładu. Możliwości te są obecnie ograniczone.

Tabela 6.1 zawiera informacje na temat produkcji 641 ocynkowni nieciągłych w Europie, które są rozmieszczone w 22 krajach i Wielkiej Brytanii. Poza zakładami wymienionymi w tabeli 6.1, istnieją również dodatkowe ocynkownie nieciągłe na Cyprze, w Chorwacji, Estonii, na Łotwie, Litwie, w Luksemburgu, na Malcie i w Słowenii, dla których nie przekazano danych w trakcie wymiany informacji.

Tabela 6.1: Rozmieszczenie ocynkowni nieciągłych w Europie i wielkość produkcji

Kraj	Liczba zakładów (2019)	Stal ocynkowana w 2019 roku [t/r]
<b>Austria</b>	19	285 000
<b>Belgia</b>	15	222 643
<b>Bułgaria</b>	8	40 000
<b>Czechy</b>	26	185 161
<b>Dania</b>	11	102 021
<b>Finlandia</b>	13	52 112
<b>Francja</b>	53	529 140
<b>Niemcy</b>	148	1 944 115
<b>Grecja</b>	9	44 500
<b>Węgry</b>	11	129 897
<b>Islandia</b>	2	750
<b>Irlandia</b>	6	58 098
<b>Włochy</b>	65	1 011 429
<b>Niderlandy</b>	14	294 162
<b>Norwegia</b>	12	51 135
<b>Polska</b>	63	790 000
<b>Portugalia</b>	8	95 000
<b>Rumunia</b>	12	99 100
<b>Słowacja</b>	11	46 515
<b>Hiszpania</b>	43	648 450
<b>Sweden</b>	29	92 269
<b>Szwajcaria</b>	11	80 000
<b>Zjednoczone Królestwo</b>	52	636 322
<b>Razem</b>	641	7 427 819
<i>Źródło: [231, EGGA 2019]</i>		

W 2019 roku zużycie cynku dla ocynkowni nieciągłych wymienionych w tabeli 6.1 wyniosło 430 405 ton. Głównymi krajami galwanizującymi były Niemcy z 26,1 % produkcji, Włochy z 13,6 %, Polska z

10,6 %, Wielka Brytania z 8,5 % i Francja z 7,1 %.

Udział poszczególnych sektorów rynku w całości rynku przedstawiono w tabeli 6.2.

Tabela 6.2: Segmentacja rynku stali ocynkowanej w 2019 r.

Rynek	Tonaż (t) (1)	Udział procentowy (%)
Budownictwo i konstrukcje	2 975 158	44.8
Meble uliczne	860 497	13.0
Usługi komunalne	584 831	8.8
Rolnictwo/ogrodnictwo	692 057	10.4
Transport	484 661	7.3
Elementy złączone	193 958	2.9
Urządzenia przemysłowe	540 608	8.1
Inne	311 849	4.7
Ogółem	6 643 619	100

(1) Podane liczby stanowią całkowitą produkcję dla krajów europejskich wymienionych w tabeli 6.1, które przekazały EGGA dane dotyczące segmentacji rynku. W tym przypadku Polska nie zgłosiła danych dotyczących segmentacji rynku. Segmentacja jest uważana za reprezentatywną dla całej Europy.  
Źródło: [231, EGGA 2019]

Moce produkcyjne najbardziej ekonomicznych jednostek operacyjnych są związane z wielkością obrabianych produktów stalowych oraz z popytem na dostępnym rynku. Większość firm w sektorze to małe lub średnie przedsiębiorstwa finansowane przez kapitał prywatny. Integracja w branży produkcji cynku lub fabrykacji stali jest bardzo mało prawdopodobna. Około połowa europejskich zdolności produkcyjnych znajduje się w rękach przedsiębiorstw, które posiadają jeden lub dwa zakłady. Istnieją jednak również większe przedsiębiorstwa, które posiadają wiele zakładów w jednym państwie członkowskim lub w kilku państwach członkowskich. Mimo to aktywa tych grup są szeroko rozproszone w celu obsługi rynków regionalnych, a możliwość koncentracji zdolności produkcyjnych jest ograniczona. [58, EGGA - a 1998].

Zasadniczo, sektor cieszy się rozsądnym sukcesem ekonomicznym, ale od czasu do czasu podlega presji cenowej z powodu nadmiaru zdolności produkcyjnych na niektórych rynkach i wahań ceny cynku.

## 6.2 Procesy i techniki stosowane w cynkowaniu nieciągłym

### 6.2.1 Cynkowanie ogniowe nieciągłe (partiami) – informacje

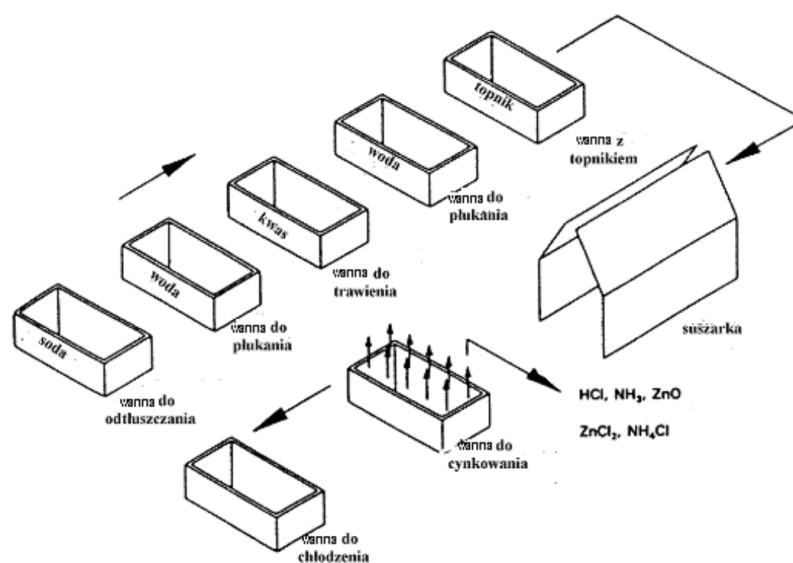
Cynkowanie ogniowe jest procesem zabezpieczającym przed korozją wyroby z żelaza i stali przez pokrycie ich cynkiem. Przeważającą część cynkowania ogniowego stanowi cynkowanie usługowe zwane też po prostu cynkowaniem, w którym procesowi cynkowania poddawane jest wiele różnych wyrobów dla różnych klientów. Wymiary wyrobów, ich ilość oraz przeznaczenie mogą być znacząco różne. Cynkowanie rur o dużych i małych średnicach prowadzone jest w wyspecjalizowanych zakładach, zwykle jako proces w pełni zautomatyzowany lub półautomatyczny i nie odnosi się do niego określenie cynkowanie usługowe.

Przedmioty pokrywane w ocynkowniach specjalizujących się w cynkowaniu partiami (nieciągłym), to wyroby stalowe, takie jak gwoździe, śruby i inne bardzo małe przedmioty (np. małe kratownice), elementy konstrukcji, elementy budowlane, lekkie słupki i wiele innych. Czasami w starszych zakładach również rury są cynkowane partiami. Cynkowane wyroby stalowe są stosowane w budownictwie, transporcie, rolnictwie, przesyłaniu energii i wszędzie tam, gdzie długotrwała ochrona przed korozją ma zasadnicze znaczenie. [58, EGGA - a 1998].

Na rysunku 6.1 przedstawiono kolejność operacji w procesie cynkowania partiami, na który składają się zwykle następujące etapy:

- odtłuszczenie;
- trawienie;
- topnikowanie;
- cynkowanie (powlekanie metalem topionym);
- wykańczanie.

Cynkownia składa się zasadniczo z szeregu wanie obróbkowych lub procesowych. Stal jest przenoszona pomiędzy zbiornikami i zanurzana w wannach za pomocą suwnic.



Zródło: [42, UK Galvanisers 2000]

Rysunek 6.1: Przebieg procesu w typowej ocynkowni

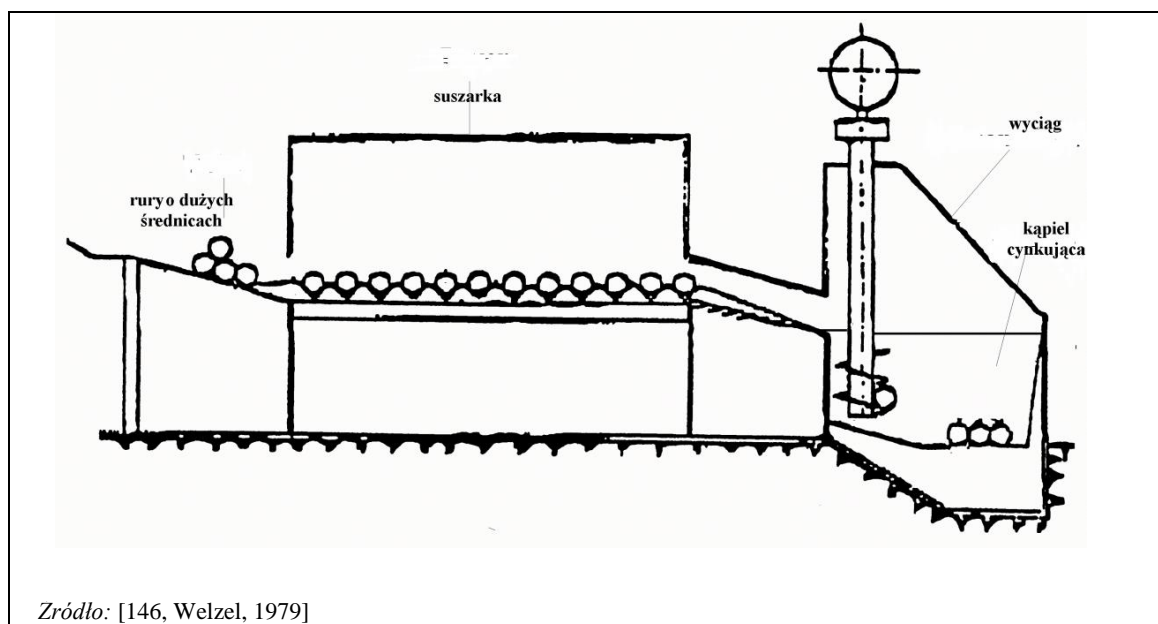
Istnieją dwa podstawowe układy ocynkowni różniące się konstrukcją tej części, w której prowadzona jest wstępna obróbka - otwarta lub zamknięta.

Cynkownie z otwartą obróbką wstępną umieszczają kadzie do obróbki wstępnej i pozostałe operacje procesowe w jednej wannie. W takich przypadkach kąpiele trawiące są eksploatowane w ograniczonym zakresie temperatur kwasów i stężeń HCl (patrz punkt 6.4.2.6) lub są wyposażone w system wychwytywania, usuwania i ograniczania emisji (patrz punkty 8.8.4.1 i 8.8.4.2) w celu ograniczenia emisji do powietrza (oparów kwasowych) i związanej z tym korozji instalacji.

Cynkownie z wydzielonymi, szczelnie zamkniętymi sekcjami obróbki wstępnej i wyposażone w system odsysania i ograniczania oparów (patrz punkt 8.8.4.4) mogą eksploatować kąpiele trawiące w podwyższonych temperaturach, a tym samym zmniejszyć liczbę kadzi trawiących i skrócić czas trawienia.

W niektórych specjalnych zastosowaniach kąpiel galwaniczna może być eksploatowana w podwyższonej temperaturze przy użyciu kotłów z okładziną ceramiczną zamiast kotłów stalowych; ta odmiana procesu jest określana jako "galwanizacja wysokotemperaturowa".

Instalacje do galwanizowania rur stanowią specjalny rodzaj galwanizerni, w których rury są powlekane w sposób prawie ciągły. Obsługa rur w tych zakładach jest częściowo lub całkowicie zautomatyzowana. Rysunek 6.2 przedstawia zasadę zanurzania w takich zakładach.



Rysunek 6.2: Zasada cynkowania rur

Główne etapy obróbki wstępnej są takie same jak w przypadku ogólnego cynkowania, ale po nałożeniu powłoki nadmiar cynku jest usuwany z zewnętrznej strony rur przez przedmuchiwanie sprężonym powietrzem. Nadmiar cynku na wewnętrznej stronie usuwa się za pomocą impulsu ciśnieniowego woda/para.

Chociaż podstawowe zasady technologiczne pozostały niezmienione w ciągu ostatnich 150 lat, nastąpił pewien rozwój, głównie w celu poprawy jakości powłoki stali reaktywnych lub małych elementów. Prowadzono badania nad dodaniem wanadu i tytanu do kąpeli stopionego cynku oraz nad opracowaniem powłoki cynkowo-cynkowej. Technigalva, z dodatkiem ok. 0,03 % do 0,08 % niklu do kąpeli cynkowej, jest już od pewnego czasu stosowana na pełną skalę przemysłową. Zinkopal, w

którym stosuje się powłokę cynkowo-aluminiową dla małych elementów, został opracowany w Niemczech, gdzie działa jeden zakład. [95, Hageböling, V. 1997][33, EGGA 1999]

## 6.2.2 Postępowanie z materiałem wsadowym

Cynk jest odbierany w postaci sypkiej i przechowywany w pobliżu procesu cynkowania. Środki chemiczne, głównie 28 % HCl, który jest składnikiem procesu wytrawiania, są odbierane w plastikowych lub szklanych pojemnikach lub w cysternach samochodowych i przechowywane zgodnie z instrukcjami producentów. Inne środki, takie jak środki przeciwmgielne i płyny odtłuszczające, są podobnie odbierane w beczkach i przechowywane zgodnie z instrukcjami producentów. Materiały do obróbki, składające się z szerokiej gamy wyrobów stalowych, są odbierane na miejscu, zwykle transportem drogowym, i rozładowywane za pomocą wózka widłowego lub dźwigu. [58, EGGA - a 1998].

## 6.2.3 Przygotowanie wsadu

Tkaniny stalowe są sprawdzane, czy nadają się do cynkowania. Odlewy żeliwne i stalowe oraz niektóre elementy gwintowane są przed wytrawianiem oczyszczane strumieniowo-ściernie. W celu umożliwienia manipulacji z materiałami w trakcie procesu cynkowania, są one mocowane do przyrządów lub stojaków za pomocą haków lub drutu stalowego. Elementy złączne i inne małe komponenty są ładowane do perforowanych koszy, które są przymocowane do przyrządów. [58, EGGA - a 1998].

## 6.2.4 Odtłuszczenie

Aby zagwarantować zadowalające cynkowanie i zwiększyć wydajność separatorów filtrujących, stosuje się etap odtłuszczenia w celu usunięcia śladów chłodziw i smarów z wykonanej stali. Powszechnie stosuje się w tym celu **alkaliczne kąpiele odtłuszczające**. Kąpiele te zawierają środki powierzchniowo czynne, które usuwają olej i tłuszcz z powierzchni metalu poprzez emulgowanie. Powstałe niestabilne emulsje unoszą się na powierzchni kąpeli i mogą być usuwane przez separatory grawitacyjne, odpieniacze, mikro- lub ultrafiltrację itp.

Stężenie, temperatura kąpeli i czas zanurzenia obrabianych przedmiotów decydują o skuteczności kąpeli odtłuszczających. Normalny zakres temperatur dla pośrednio ogrzewanych kąpeli odtłuszczających wynosi 30-70 °C, chociaż w niektórych przypadkach stosuje się odtłuszczenie na gorąco w temperaturze około 85 °C. Kąpiel składa się z roztworu wodorotlenku sodu (1-10 %) plus inne odczynniki alkaliczne, takie jak soda, krzemian sodu, skondensowane fosforany alkaliczne i boraks oraz specyficzne środki powierzchniowo czynne, emulgatory i środki dyspersyjne.

Alternatywną metodą jest **odtłuszczenie kwasowe**. Kąpiele odtłuszczające składają się z rozcieńczonych silnych kwasów nieorganicznych, jak kwas solny i/lub kwas fosforowy z dodatkami. Kwaśne środki odtłuszczające tworzą z reguły stabilne emulsje olejowe, które utrudniają konserwację kąpeli, np. odtłuszczenie, oddzielanie, odwirowywanie lub ultrafiltrację. [1, ABAG 1993]

W przypadku pominięcia odtłuszczenia lub wprowadzenia niedostatecznie odtłuszczonych detali do strumienia technologicznego istnieje ryzyko przeniesienia zanieczyszczeń organicznych do kolejnych etapów procesu, co może prowadzić do zanieczyszczeń organicznych w oparach topnika powstających w kotle galwanizacyjnym podczas zanurzania. Zanieczyszczenia organiczne w gazie odlotowym prowadzą do problemów operacyjnych z filtrami wstępnymi (zatykanie itp.) i utrudniają lub nawet uniemożliwiają recykling wytrąconych pyłów. [58, EGGA - a 1998][1, ABAG 1993]

Odtłuszczenie można pominąć tylko wtedy, gdy materiał wsadowy jest wolny od oleju, co w cynkowaniu wsadowym jest raczej wyjątkiem niż regułą.

Po odtłuszczeniu konieczne jest spłukanie, aby zapobiec przenoszeniu środków odtłuszczających, które

skróciłyby żywotność kąpeli trawiących i zmniejszyły możliwość ponownego wykorzystania kąpeli.

## 6.2.5 Trawienie

### 6.2.5.1 Trawienie w HCl

W celu usunięcia łuski odlewniczej, łuski walcowej, zgorzeliny lub zgorzeliny, elementy są wytrawiane w rozcieńczonym kwasie solnym. Z tego względu ocynkownia składa się zwykle z szeregu kąpeli trawiących o różnych stężeniach kwasu w zakresie od 2 % do 16 %, zwykle 12 % do 16 % w stanie świeżym. Aby zapobiec nadmiernemu trawieniu elementów stalowych, zwłaszcza przy trawieniu stali o dużej wytrzymałości, oraz w celu ochrony kadzi do trawienia stali, do kąpeli dodaje się inhibitory trawienia (np. heksametylenotetraminę). [58, EGGA - a 1998] [1, ABAG 1993] [33, EGGA 1999]

W trakcie eksploatacji zawartość żelaza w kąpeli trawiącej wzrasta, natomiast ilość wolnego kwasu maleje, co powoduje konieczność okresowego uzupełniania kąpeli poprzez dodanie świeżego kwasu. Chlorek żelaza(II) ma ograniczoną rozpuszczalność w HCl. Po osiągnięciu maksimum, trawienie staje się niemożliwe, ale zwykle przy niższych stężeniach FeCl<sub>2</sub> kąpiel do trawienia musi być wymieniona jeszcze wcześniej. Podano stężenia odrzutu wynoszące 170 g FeCl<sub>2</sub>/l (= 75 g Fe<sup>2+</sup>/l) oraz 100–120 g Fe/l [58, EGGA - a 1998] [1, ABAG 1993] [33, EGGA 1999] [32, DK, TWG member, 1999]

Podniesienie temperatury kąpeli trawiącej może umożliwić jej stosowanie przy stosunkowo wysokich stężeniach FeCl<sub>2</sub>, np. 175–200 g/l przy kąpeli w temperaturze 35°C, przy pewnym wzroście emisji. [34, EGGA 2000]

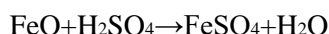
Operatorzy niekiedy odtłuszczają w zbiorniku trawiącym artykuły o mniejszym ciężarze osadów oleju. Praktyka ta może prowadzić do wydłużenia czasu trawienia, zwiększenia ilości wyrzucanej kąpeli trawiącej na tonę produktu oraz zwiększenia zużycia cynku. Praktyki tej nie można uznać za przyjazną dla środowiska.

Trawienie w zakładach z otwartą obróbką wstępną odbywa się zwykle w temperaturze powietrza otoczenia; zakłady z zamkniętą obróbką wstępną pracują czasem przy wyższych temperaturach kwasu. Emisje gazowe środka trawiącego mogą pochodzić z kąpeli trawiącej, w zależności od stężenia i temperatury kąpeli, oraz z elementów trawionych. Pęcherzyki wodoru powstające podczas procesu trawienia mogą również zawierać kropelki kwasu. [58, EGGA - a 1998] [142, VDI, 2008]

### 6.2.5.2 Trawienie H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Zdecydowana większość galwanizerni wsadowych stosuje do trawienia HCl. Stwierdzono, że trawienie roztworem kwasu siarkowego jest bardziej powszechne w produkcji rur ocynkowanych. Proces trawienia jest w zasadzie taki sam jak w przypadku trawienia HCl.

Czyszczenie powierzchni elementów stalowych (rur) przed cynkowaniem ogniowym odbywa się poprzez trawienie po odtłuszczeniu. Rury stalowe umieszcza się w zbiornikach trawiących zawierających rozcieńczony roztwór kwasu siarkowego (20 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 80 % H<sub>2</sub>O) podgrzany do temperatury 60 °C. Podczas tego etapu powierzchnia rur stalowych zostaje oczyszczona z tlenku żelaza poprzez reakcję chemiczną:



Inhibitory są stosowane w celu ograniczenia, a najlepiej uniemożliwienia następującej reakcji  $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2$  wpływającej na korozję powierzchni żelaza.

Aktywność i szybkość trawienia utrzymywane są na stałym poziomie w procesie ciągłym, w którym układ sterowania utrzymuje na stałym poziomie zestaw warunków pracy (temperatura i stężenie roztworu kwasu) poprzez ciągłe podawanie świeżego roztworu trawiącego. [191, IT 8-4- 17, 2017] [BG



## 6.2.6 Usuwanie powłok

Czasami konieczne jest oczyszczenie urządzeń zawieszających z powłok cynkowych, usunięcie wadliwych powłok z wyrobów stalowych lub odcynkowanie wyrobów, które mają być ponownie ocynkowane po zakończeniu okresu użytkowania. Powszechnie odbywa się to przez zanurzenie w rozcieńczonym kwasie trawiącym. Ostatnio regalwanizacja stała się bardziej rozpowszechniona. Regalwanizacja obejmuje obróbkę wstępnie używanych artykułów ocynkowanych (np. bariery ochronne na autostradach), które po długim okresie użytkowania są zwracane do regalwanizacji. Przetwarzanie tych artykułów różni się od standardowego przetwarzania ze względu na obecność częściowo skorodowanych powierzchni lub potrzebę usunięcia resztek powłoki cynkowej.

Gdy trawienie i usuwanie powłok odbywa się w tej samej kadzi, powstają ciecze trawiące, które zawierają chlorek żelaza i chlorek cynku. Niektóre galwanizownie stosują oddzielne kąpiele do trawienia i usuwania powłok, ponieważ w ich środowisku technicznym i ekonomicznym sprzyja to recyklingowi zawartego w nich cynku. Zużyty płyn do usuwania powłok może być albo przetworzony na miejscu w celu odzyskania cynku, albo wysłany poza teren zakładu do wykonawcy w celu odzyskania cynku.

W niektórych przypadkach, zużyta ciecz pooperacyjna jest wysyłana do neutralizacji i usunięcia przez wykonawców zewnętrznych. [78, Wedge Group 2000]

## 6.2.7 Płukanie

Płukanie jest bardzo ważnym etapem procesu cynkowania, ponieważ przedłuża żywotność kolejnych kąpeli, ogranicza powstawanie odpadów i zwiększa możliwość ponownego wykorzystania produktów ubocznych. Po odtłuszczeniu i wytrawianiu stal jest więc płukana/zanurzana w kąpielach wodnych, które czasami są podgrzewane.

Przenoszenie roztworu pomiędzy kąpielami zależy od rodzaju przedmiotu (tj. jego zdolności do zatrzymywania płynów) oraz sposobu obchodzenia się z nim, w szczególności od czasu odwadniania dozwolonego nad wanną przed przeniesieniem przedmiotu. Ilość przenoszonej cieczy może wahać się od 5 l/t do 20 l/t stali czarnej. Przenoszenie roztworu odtłuszczającego do kąpeli trawiącej prowadzi w końcu do neutralizacji kąpeli; przenoszenie kwasów i soli żelaza z kąpeli trawiącej do kąpeli topnikowej i dalej do kotła galwanizacyjnego zwiększa zarówno powstawanie twardego cynku (kożucha), jak i zużycie cynku. Przeniesienie 1 g żelaza powoduje powstanie około 25 g twardego cynku. [33, EGGA 1999] [1, ABAG 1993] [34, EGGA 2000]

Woda z płukania może być wykorzystana do przygotowania świeżych kąpeli trawiących lub odtłuszczających, jako sposób na recykling wody i zminimalizowanie spustu wody.

## 6.2.8 Topnikowanie

Celem topnika jest umożliwienie zwilżenia powierzchni stali przez ciekły cynk, co jest niezbędnym warunkiem reakcji cynkowania, a w przypadku topników zawierających chlorek amonu, zapewnienie dodatkowego trawienia (oczyszczenia powierzchni) podczas zanurzania na gorąco. W temperaturze powyżej 200 °C chlorek amonu w topniku rozkłada się na NH<sub>3</sub> i HCl, co powoduje dodatkowy efekt trawienia. [58, EGGA - a 1998] [1, ABAG 1993].

Topnikowanie przeprowadza się na dwa różne sposoby: na sucho i na mokro.

W topnikowaniu suchym stal jest zanurzona w kąpeli topnikowej, najczęściej wodnym roztworze chlorku cynku i chlorku amonu, utrzymywanym zwykle w temperaturze 40-80 °C. Topnikowanie na zimno jest możliwe, ale ogranicza możliwości suszenia powietrzem pracy po wyjęciu z kąpeli topnikowej. Typowa charakterystyka kąpeli to:

- ZnCl<sub>2</sub>: 150–300 g/l;
- NH<sub>4</sub>Cl: 150–300 g/l;
- gęstość: 1.15–1.30 g/ml;
- rozpuszczone żelazo: < 2 g/l.

Wartość pH kąpeli topnikowych jest zwykle regulowana do około 4,5, aby zabezpieczyć wytrącanie jonów żelaza w postaci wodorotlenku żelaza(III), ale pH kąpeli topnikowych może być w zakresie od 1 do 5,0.

Całkowite stężenie soli topnika (suma chlorku cynku i chlorku amonu) oraz stosunek chlorku cynku do chlorku amonu są bardzo ważne. Chlorek amonu w typowym dobrym topniku stanowi często 40-60 % całkowitej zawartości soli topnika. [32, DK, TWG member, 1999]

Chlorek amonu zapewnia szybkie suszenie i lepsze usuwanie tlenków żelaza z powierzchni przedmiotów, ale powoduje też większe tworzenie się dymów, popiołu i kożucha podczas procesu powlekania. Gdy obróbka wstępna przedmiotów jest niewystarczająca, wymagane jest zastosowanie większej ilości chlorku amonu. Chlorek cynku zapobiega utlenianiu się powierzchni przedmiotów obrabianych. Jest to szczególnie ważne, gdy czas suszenia jest długi. W sumie optymalne stężenie i skład topnika muszą być dostosowane do konkretnych okoliczności. [32, DK, TWG member, 1999]

Zawartość żelaza w kąpeli topnikowej jest niezwykle ważna dla kontroli procesu, ekonomii i środowiska. Wysokie stężenie żelaza w topniku (pochodzące z przeciągnięcia z kąpeli trawiącej) będzie miało również wpływ na jakość powłoki cynkowej. Przeniesienie żelaza z kąpeli topnikowej do kotła cynkowniczego spowoduje powstanie kożucha i może również zwiększyć końcową grubość warstwy cynku dla wielu gatunków stali. [32, DK, członek TWG, 1999K]

Aby zmniejszyć wpływ chlorku amonu na środowisko podczas zanurzania, niektórzy galwanizatorzy przeszli na "redukujące dym" środki topnikowe, w których chlorek amonu został częściowo lub całkowicie zastąpiony chlorkiem potasu. [1, ABAG 1993].

Po wycofaniu obrabianych przedmiotów z kąpeli topnikowej część wody z przylegającej cieczy topnikowej odparowuje. Stopień odparowania zależy od temperatury kąpeli topnikowej oraz, jeśli kąpiel jest gorąca, od szybkości wyjmowania obrabianych elementów z kąpeli (wolniejsze wyjmowanie daje większe odparowanie). Dalsze suszenie uzyskuje się czasem w suszarniach dedykowanych. Spaliny z kotła galwanizacyjnego mogą być czasem użytecznym pośrednim źródłem ciepła dla takiej suszarni, choć często stosuje się również palniki pomocnicze. Suszenie przedmiotu pomaga ograniczyć rozpryskiwanie i wyrzucanie metalu z kąpeli cynkowej podczas zanurzania przedmiotu, a korzyść ta jest większa, jeśli przedmiot zachowuje ciepło po opuszczeniu suszarni, tj. jeśli zastosowano podgrzewanie wstępne. [34, EGGA 2000]

Niewielka liczba galwanizerni, zwłaszcza tych o wyjątkowo wysokich wymaganiach dotyczących topników dla skomplikowanych elementów, prowadzi alternatywny proces, zwany **topnikowaniem na mokro**. W tym procesie topniki spływają w postaci warstwy stopionej soli na powierzchnię kąpeli galwanicznej. Części stalowe, które mają być ocynkowane, przechodzą przez warstwę topnika do kąpeli cynkowej. Następnie warstwa stopionej soli jest odciągana z powierzchni za pomocą grabi, aby umożliwić wyciągnięcie części stalowych z kąpeli galwanicznej bez dalszego kontaktu z topnikiem. [58, EGGA - a 1998].

## 6.2.9 Cynkowanie ogniowe

Ocynkowane topnikiem elementy stalowe są powoli opuszczane do wanny z roztopionym cynkiem. W przypadku bardzo długich elementów, które nie mieszczą się w kotle, należy zastosować podwójne

zanurzenie, aby pokryć całą powierzchnię. Stal reaguje z cynkiem, tworząc powłokę składającą się z szeregu warstw stopu cynku i żelaza, zwieńczonych warstwą czystego cynku po wyjęciu elementów z kąpeli. Okres zanurzenia waha się od kilku minut dla stosunkowo lekkich konstrukcji stalowych do 30 minut dla najcięższych części konstrukcyjnych. [58, EGGA - a 1998].

Stopiony cynk ma temperaturę 440-475 °C. Wymiary kotłów są bardzo zróżnicowane, w zależności od obsługiwanego rynku i rodzaju obrabianego wyrobu. Typowe wymiary to 7 m długości na 1,4 m szerokości na 2,6 m głębokości, ale w użyciu są kotły o długości nawet 20 m i głębokości 4 m. Kocioł, zamknięty obudową pieca, jest instalowany w zagłębieniu lub na poziomie podłogi z pomostami wejściowymi. Kocioł jest zwykle ogrzewany zewnętrznie, powszechnie za pomocą palników gazowych lub olejowych. Ogrzewanie za pomocą palników zanurzeniowych lub grzałek czasowych jest stosowane, gdy temperatura cynku przekracza około 460 °C (i nie można zastosować kotła stalowego) lub gdy powierzchnia ścian kotła jest niewystarczająca do przekazania ciepła do stopionego metalu. Tam, gdzie jest to ekonomicznie uzasadnione, stosuje się ogrzewanie elektryczne, zwykle poprzez promieniowanie z boków lub góry, sporadycznie również poprzez indukcję lub opór. [58, EGGA - a 1998] [34, EGGA 2000] [35, FI, TWG member, 2000]

Kąpiel galwaniczna zawiera głównie specjalny cynk wysokiej klasy, ale może również zawierać bardzo małe ilości innych metali, które są albo pierwiastkami śladowymi wsadu cynkowego; pierwiastkami, które powstają w wyniku reakcji między stopionym cynkiem a wyrobami stalowymi; lub są dodawane jako pierwiastki stopowe (np. nikiel, aluminium lub bizmut), które pełnią funkcję w procesie lub w powłoce. Wybór i poziom składników stopowych dla każdego zakładu jest określany przez galwanizera i będzie się różnił w zależności od typowej mieszanki roboczej i innych parametrów. Do kąpeli galwanicznej może być również dodawany cynk z recyklingu (przetopu), który może zawierać inne zanieczyszczenia, co znajduje odzwierciedlenie w składzie kąpeli. Grubość ścian kotła jest regularnie mierzona w celu monitorowania zużycia i uniknięcia wyłomów stopionego metalu. [234, Pre-FD comments 2021]

Tam, gdzie stosowane są kotły stalowe, ważne jest, aby materiał kotła (zwykle stal niskowęglowa z minimalnymi dodatkami pierwiastków reaktywnych, takich jak krzem) był prawidłowo dobrany, tak aby ograniczyć efekt ataku cynku, oraz aby był wyprodukowany tak, aby wytrzymać wysokie obciążenia hydrostatyczne i naprężenia termiczne powstające podczas podgrzewania do temperatury roboczej. Można uzyskać stalowe kociołki wewnętrznie platerowane w celu odporności na atak cynku, ale są one znacznie droższe. [34, EGGA 2000]

Niewielka liczba zakładów prowadzi "cynkowanie wysokotemperaturowe", stosując naczynia wyłożone materiałem ogniotrwałym, które pozwalają na działanie kąpeli cynkowej w wyższych temperaturach, zwykle około 530 °C. Proces ten jest wymagany do obróbki pewnych klas stali (gatunków stali) i specyficznych rodzajów elementów. [58, EGGA - a 1998].

Chlorek amonu, składnik topnika, ma temperaturę sublimacji niższą od temperatury kąpeli cynkowej i to, wraz z innymi zachodzącymi reakcjami, powoduje powstawanie oparów podczas cynkowania na gorąco. Kotły galwanizerskie są zazwyczaj umieszczone w wentylowanej obudowie lub wentylowane przez system odciągów wargowych. Zazwyczaj powietrze wentylacyjne jest oczyszczane w filtrach workowych, a wytracony pył jest wywożony poza teren zakładu w celu odzyskania cennych substancji, a mianowicie topnika. W niektórych przypadkach wytracony pył jest wysyłany na składowisko odpadów. [78, Wedge Group 2000] Niektórzy operatorzy stosują płuczki Venturiego i wykorzystują przedmuch płuczki do uzupełniania roztworu strumienia. [58, EGGA - a 1998][34, EGGA 2000]

Reakcje cynku ze stalą, zarówno z wyrobów gotowych, które są cynkowane, jak i z samego kotła, prowadzą do nagromadzenia się w kąpeli stopu cynku i żelaza, który jest znany jako twardy cynk lub kozuch. Kozuch może przylegać do ścian wanny, ale najczęściej gromadzi się na dnie, skąd jest okresowo usuwany za pomocą zanurzonego czerpaka lub chwytaka. Nadmiar kozucha może zakłócać proces cynkowania i powodować przegrzanie zewnętrznie ogrzewanego kotła. Usunięty materiał jest zwracany do przemysłu cynku wtórnego w celu odzyskania zawartości cynku lub do przemysłu

chemicznego cynku w celu produkcji tlenku cynku. [58, EGGA - a 1998][33, EGGA 1999] [34, EGGA 2000]

Popiół cynkowy powstaje na powierzchni kąpieli cynkowej w wyniku reakcji cynku z tlenem w powietrzu i z topnikiem. Utleniony materiał jest usuwany i jest ponownie wykorzystywany bezpośrednio w zakładzie lub zwracany do wtórnego przemysłu cynkowego w celu odzyskania. [58, EGGA - a 1998] [35, FI, TWG member, 2000]

### **6.2.10 Wykańczanie i obróbka wtórna**

Wyroby ze stali są wycofywane z kąpieli cynkowej; nadmiar cynku jest usuwany przez wycieranie lub, w niektórych przypadkach, przez grzechotanie. Następnie wyroby są chłodzone i kontrolowane. Małe niedoskonałości powierzchni są naprawiane, a wykonane produkty są usuwane z przyrządów i przygotowywane do wysyłki. Po powlekanii na gorąco, niektóre wyroby stalowe są hartowane w wodzie, aby nadać im specjalne właściwości. Jako zabezpieczenie przed białą rdzą wyroby mogą być pokryte emulsją olejową lub poddane pasywacji.

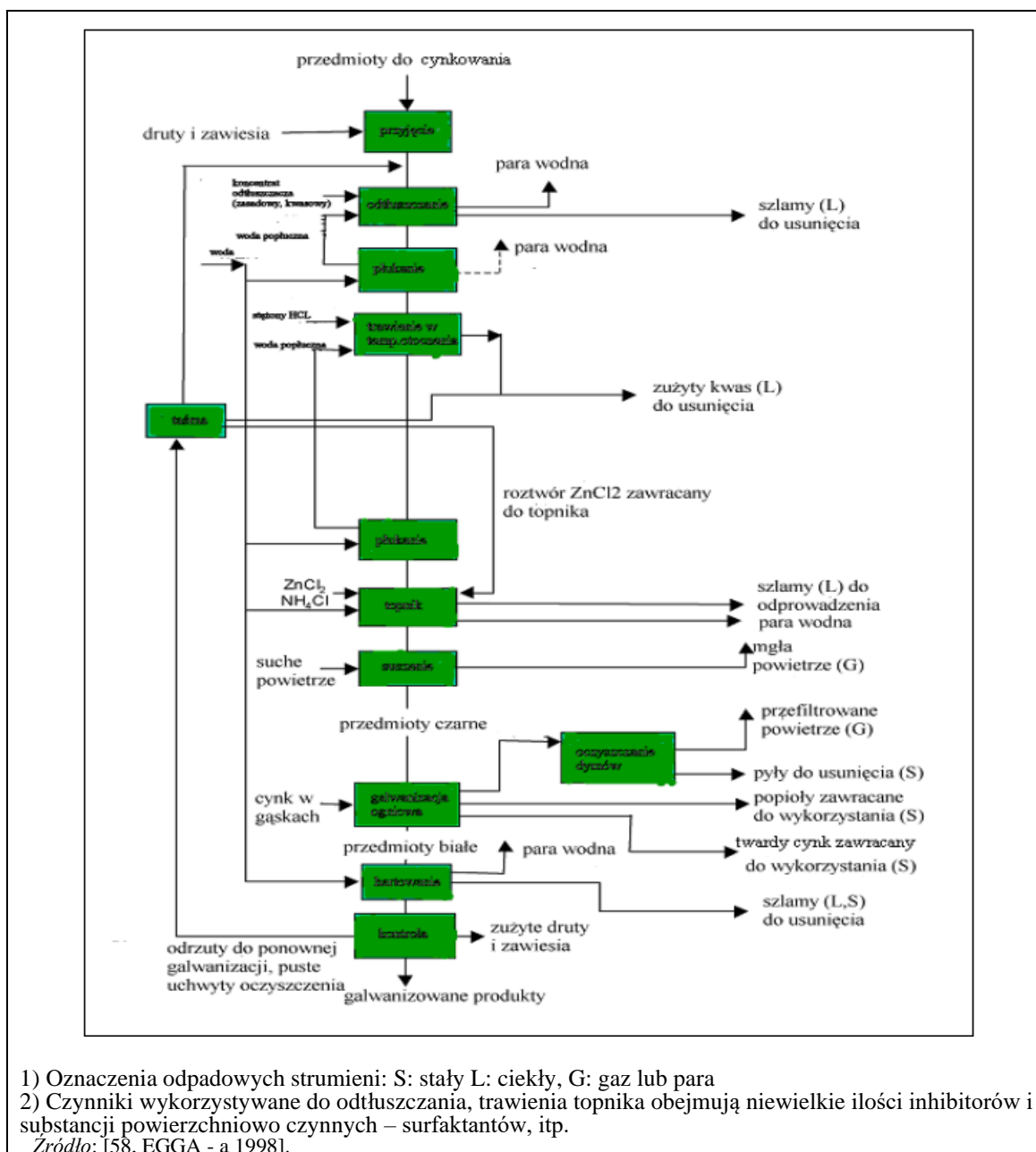
Spośród 99 linii (87 zakładów) w 71 liniach odnotowano, że nie stosuje się pasywacji. Tylko 12 linii stosowało pasywację Cr (VI), natomiast pozostałe 16 linii stosuje pasywację alternatywną (bez Cr), taką jak pasywacja Cr<sup>3+</sup> lub pasywacja organiczna. [150, FMP TWG 2018]

W cynkowaniu elementów złącznych i małych elementów, perforowany kosz stalowy zawierający elementy jest zanurzany w ciekłym cynku w zwykły sposób. Po wycofaniu koszyka z ciekłego cynku umieszcza się go w systemie wirówek. Nadmiar powłoki cynkowej jest usuwany przez siłę odśrodkową. Ocynkowane elementy są wyrzucane z kosza i chłodzone, podczas gdy kosz wraca do procesu. Znane są systemy zastrzeżone i budowane na zamówienie. [34, EGGA 2000]

Podczas cynkowania rur i przewodów rurowych, po wycofaniu z kąpieli cynkowej, zewnętrzna część jest przedmuchiwana sprężonym powietrzem, a wewnętrzna parą w celu usunięcia nadmiaru cynku. Podczas usuwania nadmiaru cynku za pomocą pary wodnej emitowany jest pył cynkowy, ale cząstki cynku mogą być zbierane i zwracane do kąpieli cynkowej lub wykorzystywane we wtórnym przemyśle cynkowym do odzysku cynku. [58, EGGA - a 1998].

## 6.3 Obecne poziomy zużycia i emisji przy cynkowaniu partiami

### 6.3.1 Przegląd strumieni masowych w cynkowaniu okresowym



Rysunek 6.3: Arkusz przepływu materiałów w cynkowniach ogólnych

Wiele różnych czynników wpływa na zużycie zasobów oraz emisję zanieczyszczeń i odpadów dla galwanizerni ogólnych. Różnice między zakładami są spowodowane: różnicami w charakterze wsadów stalowych, takich jak rozmiar, kształt, a przede wszystkim czystość; rodzajem stosowanego kotła; urządzeniami grzewczymi; przebiegiem procesu oraz stopniem regeneracji i ponownego wykorzystania materiałów w procesie.

Oddziaływania na środowisko, których należy się spodziewać w procesie galwanizacji ogólnej, to emisja do powietrza i powstawanie odpadów, w większości przypadków klasyfikowanych jako niebezpieczne. Ścieki i emisje do wody nie stanowią istotnego problemu środowiskowego, ponieważ

możliwe jest prowadzenie ocynkowni ogólnych niemal bezodpadowo. [53, Danish EPA 1993]  
Chociaż odprowadzanie ścieków jest tylko niewielkim problemem, może być konieczne uwzględnienie cynku w spływach wód powierzchniowych.

Źródłem emisji do powietrza są: sekcja obróbki wstępnej, głównie z procesu trawienia; powierzchnia stopionego cynku, szczególnie podczas procesu zanurzania, oraz systemy wypalania/spalania służące do ogrzewania kotła cynkowniczego lub innych kadzi.

Odpady i produkty uboczne powstające podczas cynkowania okresowego to zawierające cynk kożuch i popiół, a także zużyte ciecze obróbkowe i szlamy z konserwacji wanien. [Podczas transportu elementów z jednej kąpieli do drugiej, z obrabianych elementów mogą spadać płyny (kwas, topnik itp.). Rozlane płyny są zwykle wyłapywane przez wanny ociekowe i mogą być poddane recyklingowi lub zebrane jako odpady chemiczne.

W kolejnych częściach przedstawiono dane dotyczące zużycia i emisji zgłoszone przez zakłady BG w całej UE, które wzięły udział w zbieraniu danych FMP 2018 (w sumie 87 zakładów). Zakłady ze zbioru danych są wymienione w sekcji 11.1, w której można znaleźć listę instalacji/zakładów.

### **6.3.2 Zużycie energii**

#### **Parametry wpływające na zużycie energii w cynkowaniu okresowym**

Kąpiele odtłuszczające składają się ze środków odtłuszczających i wody. Energia potrzebna do podgrzania kąpieli do temperatury roboczej jest dostarczana przez olej lub gaz albo jako energia elektryczna, w zależności od lokalnych warunków dla poszczególnych instalacji. W wielu przypadkach systemy odtłuszczania są ogrzewane przez odzysk ciepła odpadowego i wymianę ciepła.

Kąpiele trawiące pracują zazwyczaj w temperaturze powietrza otoczenia, więc do ich ogrzewania nie jest potrzebna żadna energia. W przypadku zamkniętego trawienia wstępnego temperatura roztworu może wynosić do około 40°C. W takim przypadku kąpiele muszą być ogrzewane. Inne zużycie energii w procesie trawienia wynika z pracy urządzeń pomocniczych, takich jak pompy i dźwigi, choć można je uznać za nieistotne. [58, EGGA - a 1998][34, EGGA 2000]

Kąpiel topnikowa składa się z topnika (zwykle  $ZnCl_2 \times NH_4Cl$ ) i pewnej ilości wody w celu uzyskania odpowiedniego stężenia. Topnik jest czasami tworzony przy użyciu KCl w miejsce części lub całości  $NH_4Cl$ . W większości przypadków do podgrzania kąpieli topnikowych potrzebna jest energia, do czego niektórzy operatorzy wykorzystują ciepło odzyskane.

Suszarki znajdujące się za kąpielą wstępną zużywają energię na ogrzewanie powietrza suszącego. Część lub całość tej energii może być dostarczana ze spalin pieca galwanizacyjnego.

W przypadku gdy do przedmuchiwania powietrza przez suszarki stosowane są duże wentylatory, mogą one wymagać znacznych ilości energii elektrycznej i mogą powodować hałas. [34, EGGA 2000].

Gaz, olej lub energia elektryczna dostarczają energii niezbędnej do topienia cynku i utrzymania temperatury kąpieli cynkowej.

#### **Zużycie energii zgłoszone przez zakłady BG objęte zbiorem danych FMP**

Dane dotyczące zużycia energii zostały uznane za poufne informacje biznesowe (CBI) przez wielu operatorów zakładów. Dla tych zakładów nie było możliwe włączenie jakichkolwiek danych do dokumentu BREF FMP.

W związku z tym w tej części przedstawiono jedynie dane odpowiadające zakładom, które nie uznały wartości zużycia energii za poufne. Dane przedstawione są w porządku rosnącym maksymalnych wartości specyficznego zużycia energii i zawierają informacje kontekstowe, takie jak rzeczywisty kod

zakładu, rodzaj zakładu (np. galwanizernia ogólna, wirówka), zastosowany system odzysku ciepła. Ponadto na rysunku uwzględniono informacje na temat zastosowanych BAT

#### Zużycie energii (na poziomie zakładu)

Na rysunku 6.4 przedstawiono dane dotyczące jednostkowego zużycia energii dla cynkowania wsadowego na poziomie zakładu (całego zakładu BG). Rysunek zawiera 3 roczne wartości zużycia energii dla każdego zakładu. W sumie 56 zakładów cynkowania wsadowego przekazało dane spoza CBI dotyczące zużycia energii. Dla tych zakładów jednostkowe zużycie energii mieściło się w zakresie od 250 kWh/t do 1 100 kWh/t.

#### Zużycie energii (na poziomie etapu procesu: ogrzewanie kotła galwanizacyjnego)

W cynkowaniu okresowym ogrzewanie kotła galwanizacyjnego jest jednym z głównych etapów procesu pod względem zużycia energii. Rysunek 6.6 pokazuje specyficzne zużycie energii na etapie podgrzewania kotła do cynkowania. W sumie 6 zakładów cynkowania wsadowego przekazało dane spoza CBI dotyczące tego etapu procesu. Dane te porównano również z wartościami całkowitego zużycia energii dla całego zakładu w celu oceny udziału etapu procesu ogrzewania w całkowitym zużyciu energii w zakładzie. W oparciu o te dane, etap procesu ogrzewania zazwyczaj przyczyniał się do 60% do 90% całkowitego zużycia energii w zakładzie. W przypadku tych zakładów jednostkowe zużycie energii na ogrzewanie kotła galwanizacyjnego mieściło się w zakresie od 180 kWh/t do 1 400 kWh/t.

### **6.3.3 Zużycie materiałów**

#### Odtłuszczenie

W cynkowaniu okresowym odtłuszczenie może być prowadzone przy użyciu roztworów alkalicznych lub kwasowych. Rysunek

6.7 i rysunek 6.8 podsumowują dane zgłoszone dla konkretnego zużycia odpowiednio kwaśnych i zasadowych roztworów odtłuszczących. Przedstawiono dane dotyczące łącznie 3 lat eksploatacji, w tym średnią wartość zużycia w okresie 3 lat. Dane zostały uporządkowane w porządku rosnącym według średnich wartości zużycia specyficznego i zawierają odpowiednie informacje kontekstowe, takie jak na przykład całkowita objętość kąpeli odtłuszczących i temperatura odtłuszczenia. Zazwyczaj jednostkowe zużycie alkalicznych roztworów odtłuszczących wynosiło od 0,1 kg/t do 2,0 kg/t pokrytej stali, natomiast zużycie właściwe kwaśnych roztworów odtłuszczących mieściło się w zakresie od 0,08 kg/t do 1,8 kg/t pokrytej stali.

#### Trawienie

Kąpiele trawiące przygotowuje się przez rozcieńczenie HCl, zwykle dostarczanego w stężeniu 28 - 32 % w/w (lub ok. 320 - 425 g/l HCl), do stężenia roboczego, zwykle 15 % w/w (lub ok. 160 g/l HCl). W niektórych przypadkach dodaje się inhibitory trawienia. Na średnie zużycie kwasu wpływa jakość stali wejściowej: bardzo niskie wskaźniki zużycia można osiągnąć dla czystych wyrobów, w przeciwieństwie do bardzo wysokich wskaźników zużycia dla części zardzewiałych. [58, EGGA - a 1998], [34, EGGA 2000].

Na rysunku 6.9 i rysunku 6.10 przedstawiono zgłoszone dane dotyczące odpowiednio jednostkowego zużycia HCl i jednostkowego zużycia inhibitorów trawienia. Podano dane dotyczące łącznie 3 lat operacyjnych, w tym średnią wartość zużycia w okresie 3 lat. Jednostkowe zużycie HCl wyrażone jest w kg 28 %-wt HCl na tonę powlekaną stali. Dane zostały uporządkowane w kolejności rosnącej średnich wartości zużycia specyficznego i zawierają odpowiednie informacje kontekstowe, takie jak na przykład całkowita objętość kąpeli trawiących i temperatury kąpeli trawiących. Ponadto określa się rodzaj elementów stalowych, które są cynkowane (np. elementy wirówek, wyroby stalowe dla różnych zakresów wielkości), w tym udział każdego rodzaju elementów przetwarzanych w zakładzie wyrażony w procentach. Zazwyczaj jednostkowe zużycie HCl wynosiło od 1,2 kg/t do 50,7 kg/t powlekaną stali, a jednostkowe zużycie inhibitorów trawienia wynosiło od 0,01 kg/t do 0,09 kg/t powlekaną stali.

- Specyfika zakładów BG przetwarzających przedmioty o dużej powierzchni właściwej [216, DE 2020]

W FMP BREF zużycie kwasu wyrażone jest w kg/t stali ocynkowanej wsadowo. Jednak zużycie kwasu zależy również w dużym stopniu od powierzchni właściwej (m<sup>2</sup>/t) elementów przeznaczonych do cynkowania. Przykładowo, powierzchnia właściwa małych lub cienkościennych elementów jest znacznie wyższa niż powierzchnia właściwa typowych elementów obrabianych w procesie cynkowania wsadowego, takich jak konstrukcje stalowe (np. belki stalowe, kształtowniki zamknięte). W tym przypadku obserwuje się z reguły następujące powierzchnie właściwe:

- belka stalowa IPE 100 = 49,3 m<sup>2</sup>/t;
- belka stalowa IPE 200 = 34,4 m<sup>2</sup>/t;
- belka stalowa IPE 600 = 16,4 m<sup>2</sup>/t;
- belka stalowa HE 300 M = 7,7 m<sup>2</sup>/t;
- belka stalowa HE 400 B = 12,4 m<sup>2</sup>/t;
- kształtownik pusty 100 x 100 x 3,0 mm = 44,5 m<sup>2</sup>/t;
- kształtownik zamknięty 200 x 200 x 6,3 mm = 20,6 m<sup>2</sup>/t.

Natomiast elementy cienkościenne, w szczególności koryta kablowe, stosowane w instalacjach elektrycznych mogą mieć powierzchnię właściwą znacznie powyżej 50 m<sup>2</sup>/t. Korytka kablowe mają największą powierzchnię właściwą, która może wynosić do 350 m<sup>2</sup>/t. Tego typu instalacje BG nie zostały uwzględnione w zbiorze danych FMP.

Ponadto, elementy cienkościenne są zwykle mocowane do przyrządów i łańcuchów w celu ocynkowania ogniowego. W związku z tym elementy te są również ocynkowane i po ocynkowaniu ogniowym muszą zostać usunięte (cynk) za pomocą kwasu solnego. To również prowadzi do zwiększonego zużycia kwasu.

Przykładowo w Niemczech istnieją co najmniej dwie bardzo nowoczesne cynkownie okresowe, które wymagają zużycia odpowiednio 43,6 kg i 45,4 kg kwasu chlorowodorowego (28 %) na tonę cynkowanego ogniowo materiału. Te dwa zakłady produkują w bardzo dużych ilościach (12 500 ton/rok i 17 500 ton/rok) korytka kablowe, systemy korytek kablowych i akcesoria do instalacji elektrycznych. Korytka kablowe mają bardzo małą grubość blachy (np. mniej niż 1,0 mm). W ramach asortymentu tych zakładów występują powierzchnie właściwe w zakresie 50-350 m<sup>2</sup>/t.

- Specyfika zakładów BG przetwarzających zużyte artykuły ocynkowane (regalwanizacja) [227, EGGA 2021]

Niektóre zakłady BG przetwarzają używane artykuły ocynkowane (np. bariery ochronne autostrad), które po długim okresie użytkowania są zwracane do ocynkowania. Tego typu zakłady BG nie zostały uwzględnione w zbiorze danych FMP. Przetwarzanie tych wyrobów wymaga dodatkowych etapów procesu ze względu na obecność częściowo skorodowanych powierzchni lub konieczność usunięcia resztek powłoki cynkowej. Zakłady takie mogą wykazywać specyficzne zużycie HCl do 50 kg/t powlekanej stali.

### **Topnikowanie**

Na rysunku 6.11 przedstawiono dane dotyczące jednostkowego zużycia topników w ocynkowniach wsadowych ze zbioru danych FMP. Podano dane dotyczące łącznie 3 lat działalności, w tym średnią wartość zużycia w okresie 3 lat. Dane zostały posortowane w porządku rosnącym według średnich wartości zużycia specyficznego i zawierają istotne informacje kontekstowe, takie jak na przykład rodzaj topnika (suchy lub mokry), całkowita objętość kąpieli topnikowych i temperatury kąpieli topnikowych. Zazwyczaj jednostkowe zużycie topników wynosiło od 0,03 kg/t do 5,6 kg/t powlekanej stali.

### **Zanurzenie na gorąco**

Głównym surowcem w procesie zanurzania jest oczywiście cynk jako metal powłokowy. Skrajne wartości zużycia cynku - wysokie lub niskie - można przypisać kształtowi wykonanej stali i jakości



powłoki. Zużycie cynku jest oczywiście proporcjonalne do pokrytej powierzchni i grubości powłoki. [58, EGGA - a 1998].

### 6.3.4 Zużycie wody

W cynkowaniu okresowym świeża woda jest używana tylko do wstępnego przygotowania kąpielii obróbkowych (odtluszczanie, trawienie, usuwanie lakieru, płukanie, topnik) i kąpielii po obróbce oraz jako woda uzupełniająca w celu wyrównania parowania. Ponadto, nie są generowane żadne ścieki.

### 6.3.5 Emisje do powietrza

Pomiary zgłoszone bez podania informacji o zmierzonym poziomie tlenu lub składzie użytego paliwa nie są brane pod uwagę.

#### 6.3.5.1 Emisje do powietrza z ogrzewania i suszenia surowców

Spalanie paliw w celu ogrzania pieca galwanizacyjnego powoduje emisję produktów spalania takich jak CO, CO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub> (również, przy spalaniu oleju, SO<sub>x</sub>). Wentylatory powietrza do spalania i palniki mogą również wytwarzać hałas. [53, Danish EPA 1993], [34, EGGA 2000].

#### Emisja NO<sub>x</sub> i CO

Zgłoszone dane dotyczące emisji NO<sub>x</sub> i CO do powietrza z ogrzewania kotła galwanizacyjnego przedstawiono na rysunku 6.12. Rysunek 6.12 składa się z kilku części. Górna część rysunku przedstawia stężenia emisji NO<sub>x</sub> przy referencyjnym poziomie tlenu wynoszącym 3 %, dla każdego punktu emisji w czteroletnim okresie sprawozdawczym. Pomiary zgłoszone bez informacji o zmierzonym poziomie tlenu lub składzie paliwa nie zostały uwzględnione. Pomocnicza oś y służy do przedstawienia maksymalnego stężenia CO i stężenia CO odpowiadającego maksymalnemu stężeniu emisji NO<sub>x</sub> w okresie sprawozdawczym. Poniżej osi x przedstawiono informacje kontekstowe, takie jak na przykład zakres temperatur lub stosowane paliwo (olej lekki lub gaz ziemny), wraz z odpowiednimi kandydatami na BAT w zakresie kontroli emisji NO<sub>x</sub>. W dolnej części wykresu wykreślono przepływy masowe NO<sub>x</sub> i CO, a także zmierzony poziom odniesienia tlenu odpowiadający maksymalnym stężeniom emisji NO<sub>x</sub> i odpowiadającym im stężeniom CO.

Emisje NO<sub>x</sub> z ogrzewania kotła galwanizacyjnego zostały zgłoszone dla 30 zakładów (łącznie 32 punkty emisji). Stężenia emisji NO<sub>x</sub> wynoszą od 4,0 mg/Nm<sup>3</sup> do 994 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji NO<sub>x</sub> od 0,005 kg/h do 1,7 kg/h.

Emisja CO z ogrzewania kotła galwanizacyjnego została zgłoszona dla 26 punktów emisji. Stężenia emisji CO wynoszą od 1,0 mg/Nm<sup>3</sup> do 3 560 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji CO wynoszą od 0,002 kg/h do 6,0 kg/h.

Zgłoszone dane dotyczące emisji NO<sub>x</sub> i CO do powietrza z suszenia surowców przedstawiono na rysunku

6.13. Tylko 3 zakłady zgłosiły pomiary emisji NO<sub>x</sub> i CO do powietrza z suszenia materiału wsadowego, z łączną liczbą 7 pomiarów. Jednakże w 6 z 7 pomiarów odnotowano zmierzoną wartość tlenu powyżej 18%, co może mieć wpływ na wartości emisji po skorygowaniu o 3% (nietypowo wysokie stężenia emisji). Stężenia emisji NO<sub>x</sub> w przypadku suszenia surowców wahają się od 50 mg/Nm<sup>3</sup> do 290 mg/Nm<sup>3</sup>, a stężenia emisji CO od 49 mg/Nm<sup>3</sup> do 304 mg/Nm<sup>3</sup>.

W odniesieniu do suszenia surowców, emisje pyłu nie zostały uznane za istotne, ponieważ wszystkie zakłady ze zbioru danych zgłosiły wykorzystanie gazu ziemnego o bardzo niskiej emisji pyłu.

### 6.3.5.2 Emisje do powietrza z trawienia

Emisje chlorowodoru powstają z kąpeli trawiących w różnych ilościach, w zależności od temperatury i stężenia kąpeli. Te opary kwasu są zazwyczaj emisją rozproszoną. Środki ekstrakcji (np. ekstrakcja wargowa) lub oczyszczanie gazów odlotowych nie są na ogół stosowane, ponieważ ogólne systemy wentylacyjne zakładu mogą utrzymać stężenie HCl w powietrzu w miejscu pracy poniżej dopuszczalnych limitów [1, ABAG 1993]. Szczególnym przypadkiem są jednak zakłady eksploatujące zamknięte sekcje obróbki wstępnej, które niekiedy pracują przy wyższych temperaturach kwasu. W tym przypadku zamknięta sekcja jest wyciągana, a gaz odlotowy jest zwykle skrubowany.

#### Emisja HCl

Dane zgłoszone dotyczące emisji HCl do powietrza z trawienia w galwanizerniach wsadowych ze zbioru danych FMP przedstawiono na rysunku 6.14. Emisje HCl zostały zgłoszone łącznie dla 44 zakładów (co stanowi 46 punktów emisji). Stężenia emisji HCl wahają się od 0,03 mg/Nm<sup>3</sup> do 19 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji HCl od 0,03 g/h do 600 g/h.

### 6.3.5.3 Emisje do powietrza z gorącego zanurzenia

Kocioł galwanizacyjny jest jednym z głównych źródeł emisji do powietrza z procesu cynkowania wsadowego. Podczas zanurzania gorącego z kąpeli cynkowej unoszą się opary, gazy i cząstki zanieczyszczeń, które można zobaczyć jako białą chmurę w obudowie kotła. W zależności od strumienia, emisja obejmuje bardzo drobne produkty sublimacji i parowania, w tym jony chloru, amoniaku i cynku, jak również związki tlenku cynku, chlorku cynku i chlorku amonu.

Rodzaj i ilość emisji zależy od zużycia topnika, jego składu oraz dodatkowych czynników zależnych od cynkowanych elementów (rodzaj, ilość, powierzchnia/jakość) i ich obróbki wstępnej (odtłuszczenie, trawienie, płukanie, suszenie). Niektóre źródła podają, że wielkość cząstek higroskopijnych jest bardzo mała, najczęściej < 1 mikrona. Inne podają, że średnia wielkość cząstek wynosi 30 mikronów, a tylko około 5 % to cząstki o wielkości < 1 mikrona [35, FI, członek TWG, 2000].

Według badań nad rozkładem wielkości cząstek w unoszących się w powietrzu emisjach cząstek z kąpeli galwanicznej po zanurzeniu stali, nie ma obaw dotyczących zdrowia w związku z wielkością cząstek i masą emisji, na które operatorzy cynkowni mogą być narażeni podczas procesu cynkowania. Dochodzenie wykazało, że dane z monitorowania indywidualnego narażenia operatorów są zarówno niskie pod względem całkowitej masy, zwłaszcza w przypadku "topników o niskiej dymności" lub "topników o zmniejszonej dymności", jak i że masa małych cząstek o średnicy mniejszej niż 1 mikron jest taka sama w przypadku zwykłych topników i "topników o niskiej dymności". Dlatego też nie ma obaw o zdrowie pomiędzy różnymi rodzajami strumieni i nie ma obaw o wielkość cząstek zawieszonych w powietrzu w każdym przypadku. [113, Piatkiewicz, 1999].

Jeżeli w wyniku rozregulowania procesu operacja odtłuszczenia jest nieefektywna, możliwe jest, że olej lub tłuszcz dostanie się do kąpeli cynkowej i zostanie poddany niskotemperaturowemu spalaniu. W takim przypadku pył z filtra może zawierać do 10 % tłuszczu. [1, ABAG 1993], [53, Danish EPA 1993], [42, UK Galvanisers 2000], [33, EGGA 1999].

Gaz odlotowy jest oczyszczany w filtrach tkaninowych, w wyniku czego powstaje pył filtracyjny, lub jest skrubowany, dając wodny ściek, który jest zwykle oczyszczany. Oprócz pyłu emitowane są niewielkie ilości substancji gazowych, takich jak chlorowódor i amoniak, pochodzących z rozkładu topnika i rekombinacji chlorku amonu jako cząstek stałych unoszących się w powietrzu [42, UK Galvanisers 2000].

W przypadku cynkowania rur, usuwanie nadmiaru cynku z powierzchni rur, poprzez przedmuchiwanie sprężonym powietrzem lub parą wodną, prowadzi do emisji cynku i pyłów zawierających cynk.

## Emisje pyłu

Dane raportowane dotyczące emisji pyłu do powietrza z cynkowania ogniowego we wsadowych zakładach galwanizacyjnych ze zbioru danych FMP przedstawiono na rysunku 6.15. Emisja pyłu została zgłoszona dla 83 punktów emisji. Stężenia emisji pyłu wahają się od 0,02 mg/Nm<sup>3</sup> do 21,6 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 0,004 kg/h do 0,7 kg/h.

Zgłoszone dane dotyczące emisji pyłu do powietrza w procesie zanurzania na gorąco przy użyciu strumienia o niskim oparze przedstawiono na rysunku 6.16. Emisje pyłu zgłoszono łącznie dla 8 zakładów. Stężenia emisji pyłu wahają się od 0,04 mg/Nm<sup>3</sup> do 14,1 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji pyłu od 0,009 kg/h do 0,7 kg/h.

## 6.3.6 Pozostałości

### Odtłuszczenie

W wyniku odtłuszczenia powstają odpady chemiczne w postaci odrzuconych kąpiel i szlamu. Ilość zużytej cieczy odtłuszczającej przeznaczonej do usunięcia zależy od ilości odtłuszczonej stali i stopnia zanieczyszczenia. Koreluje ona z maksymalnym czasem pracy roztworu odtłuszczającego, który wynosi zwykle 1-2 lata. [1, ABAG 1993] Inne źródła podają maksymalny okres użytkowania kąpiel odtłuszczających do 7 lat. [33, EGGA 1999], [34, EGGA 2000].

Zużyte alkaliczne kąpiele odtłuszczające zawierają wodorotlenek sodu, węglany, fosforany, krzemiany, środki powierzchniowo czynne oraz wolny i zemulgowany olej i tłuszcz. Zużyte kwaśne kąpiele odtłuszczające zawierają, oprócz wolnego i zemulgowanego oleju i tłuszczu, rozcieńczony kwas solny i/lub fosforowy, emulgatory i inhibitory ochrony przed korozją.

Zużyte kąpiele odtłuszczające są zazwyczaj poddawane obróbce chemicznej i fizycznej przez specjalnych wykonawców (firmy utylizacyjne). Emulsja jest dzielona na fazę bogatą w olej i fazę ubogą w olej. Część wodna o niskiej zawartości oleju jest dalej przetwarzana, natomiast część bogata w olej musi być utylizowana zgodnie z przepisami dotyczącymi odpadów. [1, ABAG 1993]

### Trawienie

Odpady powstające podczas trawienia to zużyty płyn z wytrawiania i szlam. Zużyty płyn wytrawiający składa się z wolnego kwasu, chlorku żelaza (do 140 - 170 g Fe/t), chlorku cynku, składników stopowych wytrawianej stali i, czasami, inhibitorów trawienia. Jeżeli usuwanie nadmiaru wody i trawienie odbywa się w tej samej kąpeli, powstaje mieszany płyn trawiący o wysokiej zawartości cynku i żelaza. Jeśli odtłuszczenie odbywa się w kąpeli trawiącej, obecne są również wolne i zemulgowane oleje i smary. Średni skład zużytych kąpiel trawiących podano w tabeli 6.3.

Tabela 6.3: Zakresy składu zużytych kąpiel trawiących

	<b>Trawienie</b>	<b>Trawienie (w tym usuwanie nadmiaru wody)</b>
<b>Żelazo</b> (as FeCl <sub>2</sub> ) <sup>1</sup>	< 140 g/l	< 140 g/l
<b>Cynk</b>	5 – 10 g/l <sub>2</sub>	20 – 40 g/l
<b>HCl</b> (wolny kwas)	30 – 50 g/l	30 – 50 g/l
<b>Inhibitor wytrącania kamienia</b>	ok. 50 ppm (1 l inhibitora na 20 m <sup>3</sup> cieczy piklowej)	
<b>Olej, tłuszcz, środki powierzchniowo czynne</b>	n.d. (pozostałości po kąpielach odtłuszczających)	

Uwaga: Źródło: [1, ABAG 1993]

<sup>1</sup> stosunek FeCl<sub>3</sub>: FeCl<sub>2</sub> wynosi około 1:50 według [1, ABAG 1993], natomiast [32, DK, członek TWG, 1999] podaje, że stosunek FeCl<sub>3</sub>: FeCl<sub>2</sub> wynosi < 1:1000.

<sup>2</sup> Wymagania stawiane przez firmy recyklingowe są zwykle bardziej rygorystyczne.

Podczas operacji usuwania powłok z użyciem kwasu solnego również powstają kwasy odpadowe, ale o innym składzie niż kwasy pochodzące z wytrawiania. Jeżeli odpędzanie jest przeprowadzane w kwaśnej kąpeli oddzielonej od kąpeli trawiących, wówczas w kąpeli odpędzającej powstaje chlorek cynku względnie nieskażony chlorkiem żelaza. Średni skład zużytych kąpeli do usuwania powłok podano w tabeli 6.4.. Roztwór ten może być zwracany do kąpeli preflux (chlorek cynkowo-amonowy). [77, FI, członek TWG 1999], [34, EGGA 2000].

Roztwory zawierające chlorek żelaza i chlorek cynku z połączonego trawienia i usuwania powłok mogą być wykorzystane w przemyśle nawozowym. Należy jednak zwrócić uwagę na dodatek cynku do gleb rolniczych oraz na to, aby nie zostały przekroczone ustawowe wartości graniczne. [77, FI, członek TWG 1999] [42, UK Galvanisers 2000].

Tabela 6.4: Zakres składu zużytych kąpeli do usuwania powłok

	<b>Usuwanie powłok</b>
Żelazo (jako FeCl <sub>2</sub> )	< 10 % zawartości cynku <sup>1</sup>
Cynk (jako ZnCl <sub>2</sub> )	160 – 200 g/l
HCl (wolny kwas)	< 10 g/l
Inhibitor wytrącania kamienia	ok. 50 ppm (1 l inhibitora na 20 m <sup>3</sup> płynu piklowego)
Oleje, smary, środki powierzchniowo czynne	n.d. (pozostałości po kąpielach odtłuszczających)
Źródło: [1, ABAG 1993]	
<sup>1</sup> Wymagane przez firmę recyklingową, może być osiągnięte tylko przez zastosowanie inhibitorów wytrawiania.	

### **Topnikowanie**

Odpady powstające podczas operacji topnikowania obejmują odrzucone ciecze topnikowe i szlam. [53, Danish EPA 1993].

Kąpiele topnikowe, które nie są stale regenerowane, zwiększają kwasowość i zawartość żelaza w miarę ich użytkowania. Zawierają one (w zależności od topnika) chlorek amoniaku, chlorek cynku i/lub chlorek potasu. Recykling wsadowy roztworu topnika wstępnego jest powszechną praktyką. W niektórych przypadkach zużyty roztwór jest regularnie zwracany do producenta prefluxu. [33, EGGA 1999] [34, EGGA 2000]

### **Zanurzanie na gorąco**

Podczas zanurzania na gorąco powstają zawierające cynk stałe produkty uboczne, takie jak twardy cynk, popiół i zgary. Kozuch denny (lub twardy cynk) powstaje w kąpeli cynkowej podczas pracy jako produkt reakcji roztopionego cynku z żelazem (z przedmiotów obrabianych ze ścianek zbiornika) lub z solami żelaza przeniesionymi z trawienia i topnikowania. Ze względu na większą gęstość, kozuch denny gromadzi się na dnie kotła, skąd jest okresowo usuwany. Ze względu na wysoką zawartość cynku (95 do 98 %), dolny kozuch żużłowy jest sprzedawany firmom recyklingowym w celu odzyskania.

Popiół cynkowy o mniejszej gęstości unosi się na powierzchni kąpeli galwanicznej i składa się głównie z tlenku cynku i chlorku cynku, z pewną ilością tlenku glinu, jeśli jest on stopiony z kąpielą metalową. Popiół cynkowy jest odtłuszczany przed wyjęciem zanurzonych przedmiotów, co zwykle powoduje usunięcie dużych ilości cynku. Zawartość cynku wynosi od 40 do 90 % i czyni go wartościowym do recyklingu bezpośrednio w zakładzie przez wtórny przemysł cynkowy. [1, ABAG 1993], [78, Wedge

Group 2000], [35, FI, TWG member, 2000]

Szumowiny topnikowe powstają w procesie cynkowania na mokro, gdy koc topnikowy staje się nieaktywny i trzeba go usunąć z powierzchni kąpeli cynkowej. Podczas szumowania może dojść do porwania metalicznego cynku, a zawartość cynku może wynosić do 50 %.

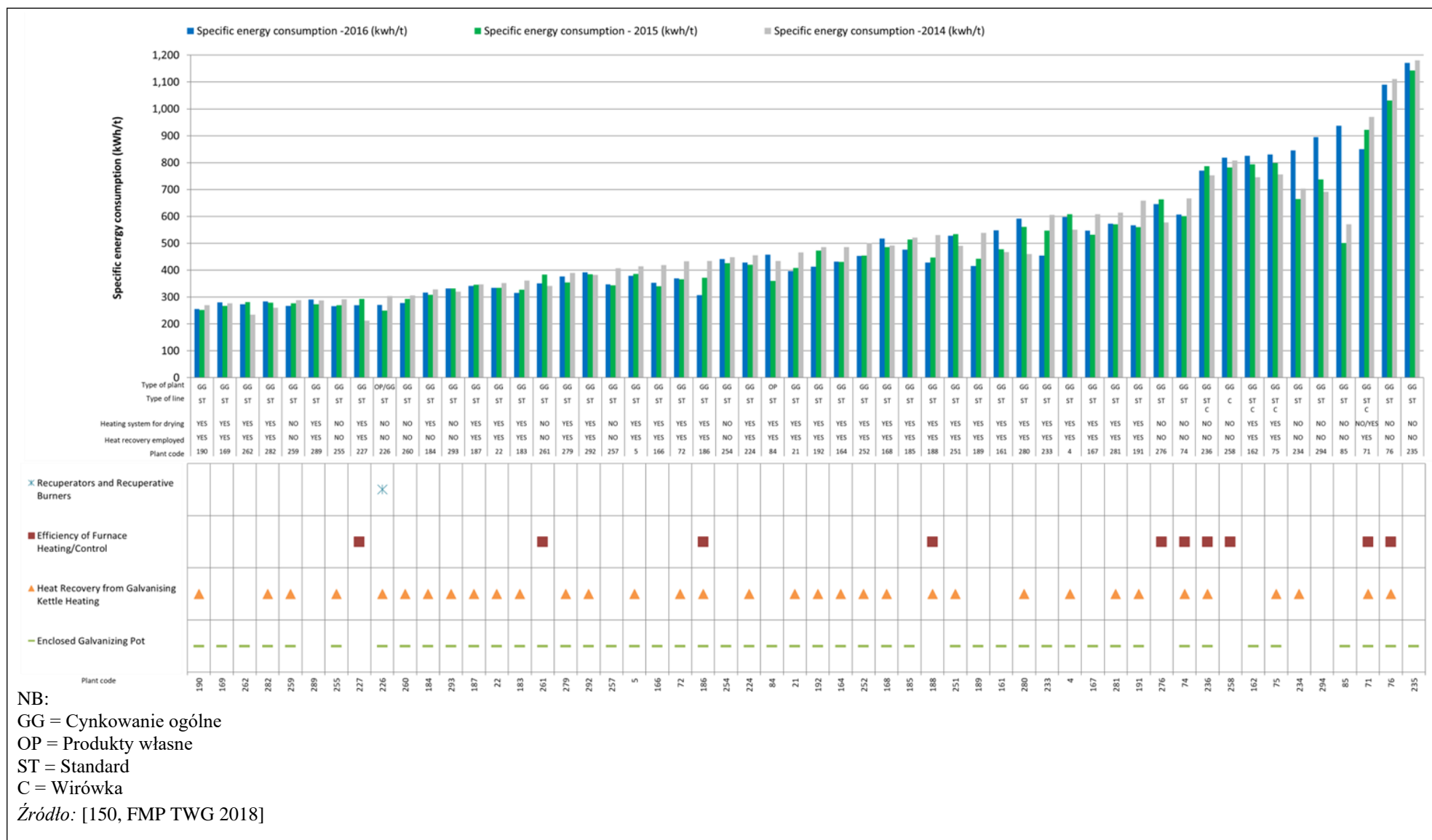
Od czasu do czasu z kotła wyrzucane są niewielkie ilości metalicznego cynku, w wyniku odparowania wilgoci z powierzchni stali. Przylegają one najczęściej do urządzeń odciągających opary (jeśli istnieją), z których są usuwane w celu odzyskania ich metalicznej zawartości. [33, EGGA 1999] Rozprysnięty cynk można przetopić bezpośrednio w kąpeli galwanicznej lub przekazać do odzysku poza zakładem. Może on zawierać tlenek cynku i/lub zostać zanieczyszczony poprzez uderzenie o podłogę, jeśli kocioł nie jest zamknięty. [1, ABAG 1993]

Na rysunkach od 6.17 do 6.23 przedstawiono dane zgłoszone przez zakłady w zbiorze danych FMP dotyczące specyficznego wytwarzania następujących pozostałości powstających w procesie cynkowania wsadowego:

- zużyty alkaliczny roztwór odtłuszczający;
- zużyty kwaśny roztwór odtłuszczający;
- oleisty osad z alkalicznego roztworu odtłuszczającego
- oleisty osad z kwaśnego roztworu odtłuszczającego;
- zużyty HCl z wytrawiania;
- zużyty topnik;
- kożuch żużłowy denny;
- popiół cynkowy.

Rysunki od 6.17 do 6.23 przedstawiają dane w kolejności rosnącej maksymalnych średnich wartości wytwarzania właściwego dla trzech lat eksploatacji. Dane dotyczące wytwarzania pozostałości specyficznych wyrażone są w kg/t powlekannej stali. Poniżej osi x zamieszczono odpowiednie informacje kontekstowe, takie jak, na przykład, klasyfikacja materiału (np. niebezpieczny) lub miejsce przeznaczenia pozostałości (np. składowisko, odzysk, obróbka zewnętrzna).

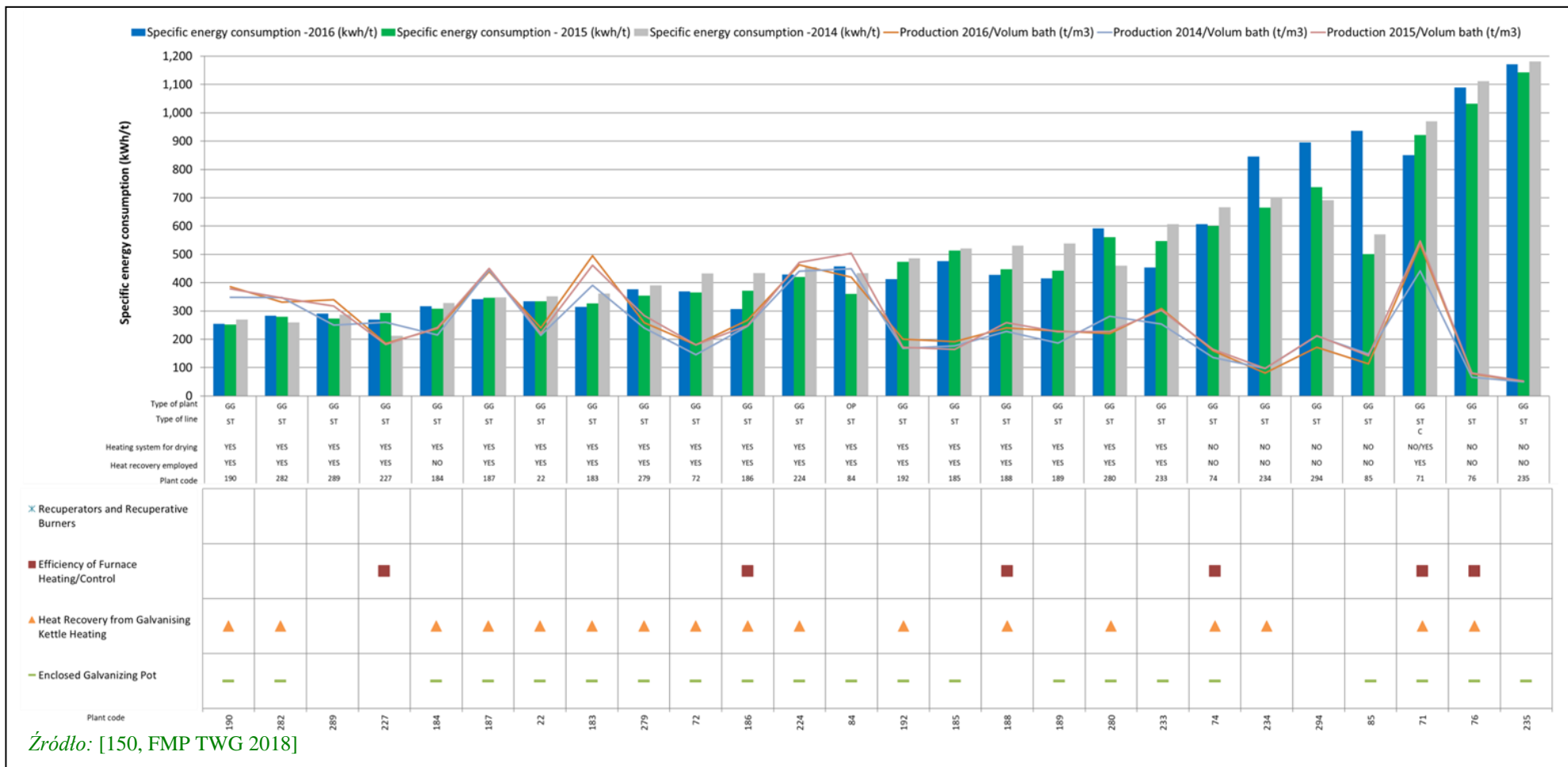
### 6.3.7 Rysunki przedstawiające poziomy zużycia i emisji



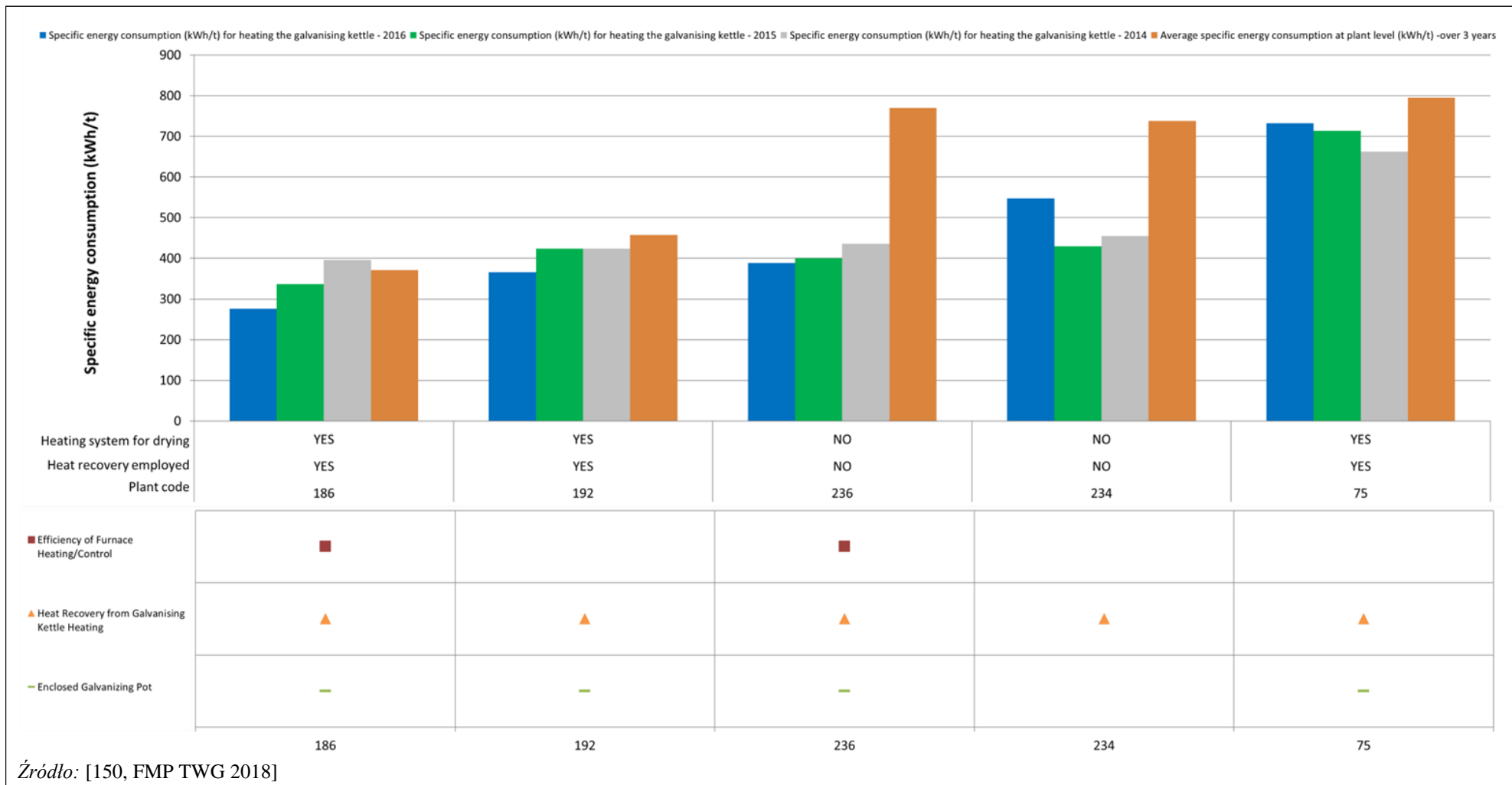
NB:  
GG = Cynkowanie ogólne  
OP = Produkty własne  
ST = Standard  
C = Wirówka

Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 6.4: Jednostkowe zużycie energii (kWh/t przetwarzanego surowca) w cynkowaniu nieciągłym

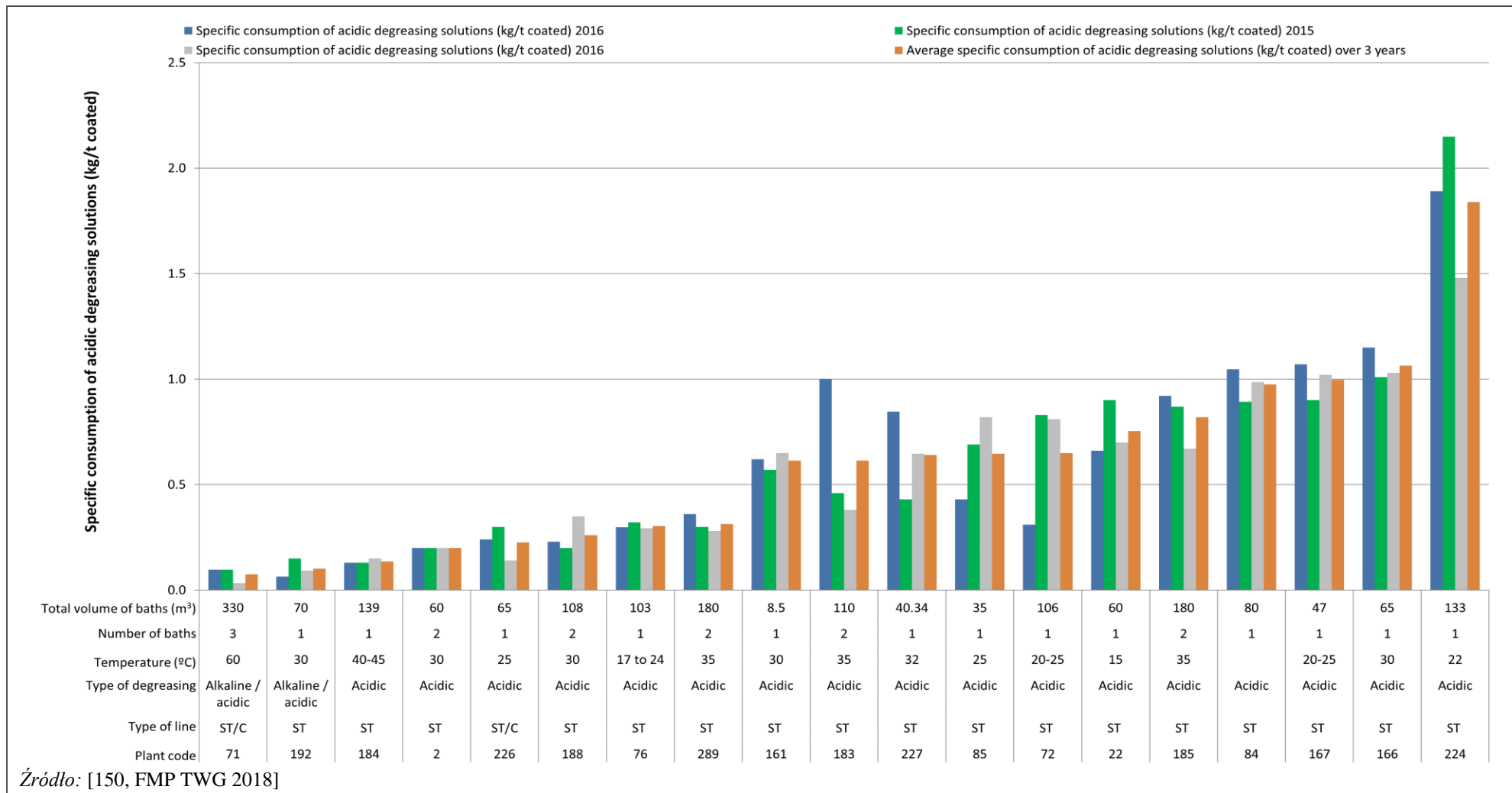


Rysunek 6.5: Jednostkowe zużycie energii (kWh/t przetwarzanego surowca) w cynkowaniu nieciągłym z uwzględnieniem rocznej przepustowości produkcji (produkcja/objętość kąpieli zanurzeniowej)

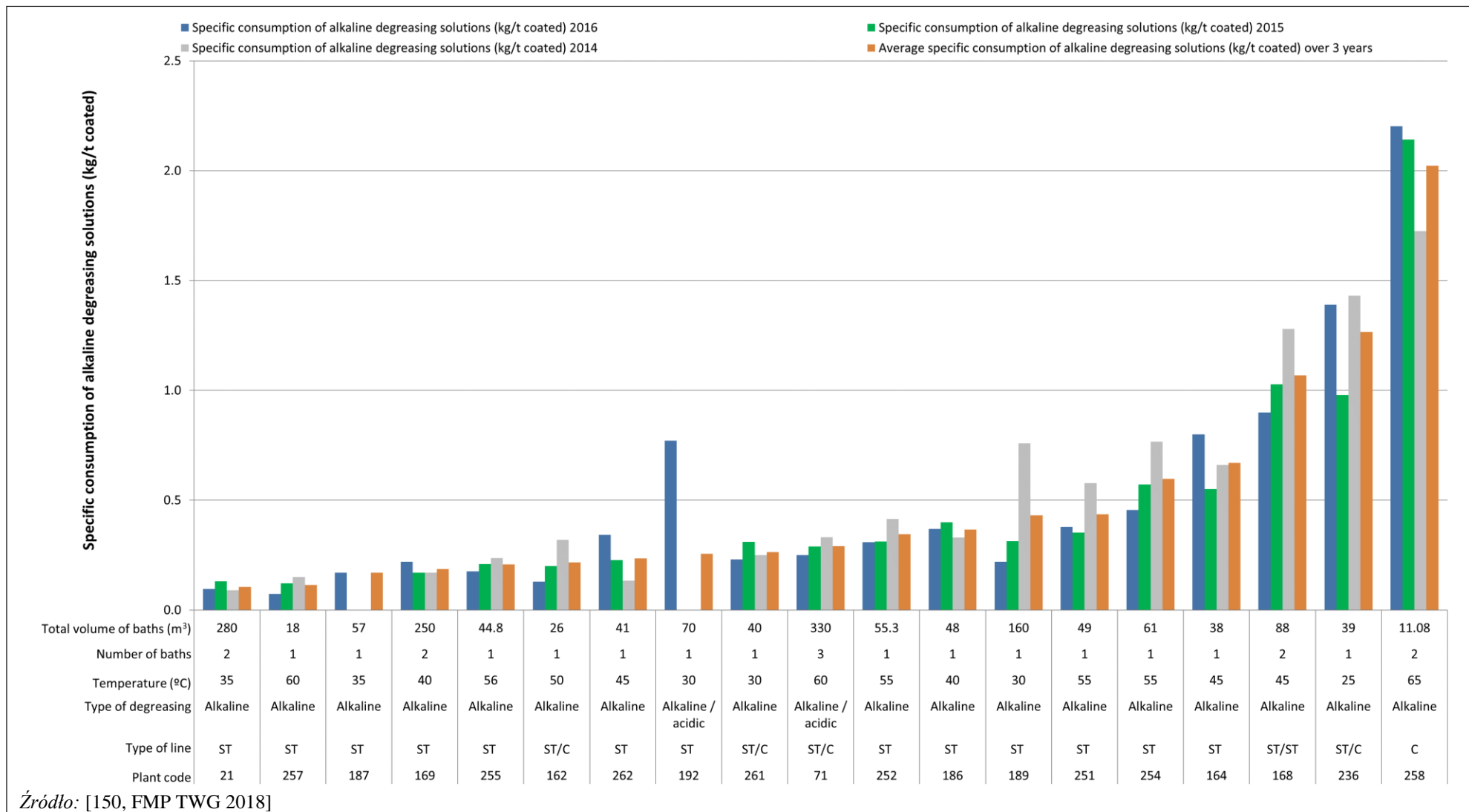


Rysunek 6.6: Jednostkowe zużycie energii (kWh/t przetwarzanego surowca) na ogrzewanie kotła do cynkowania partiami

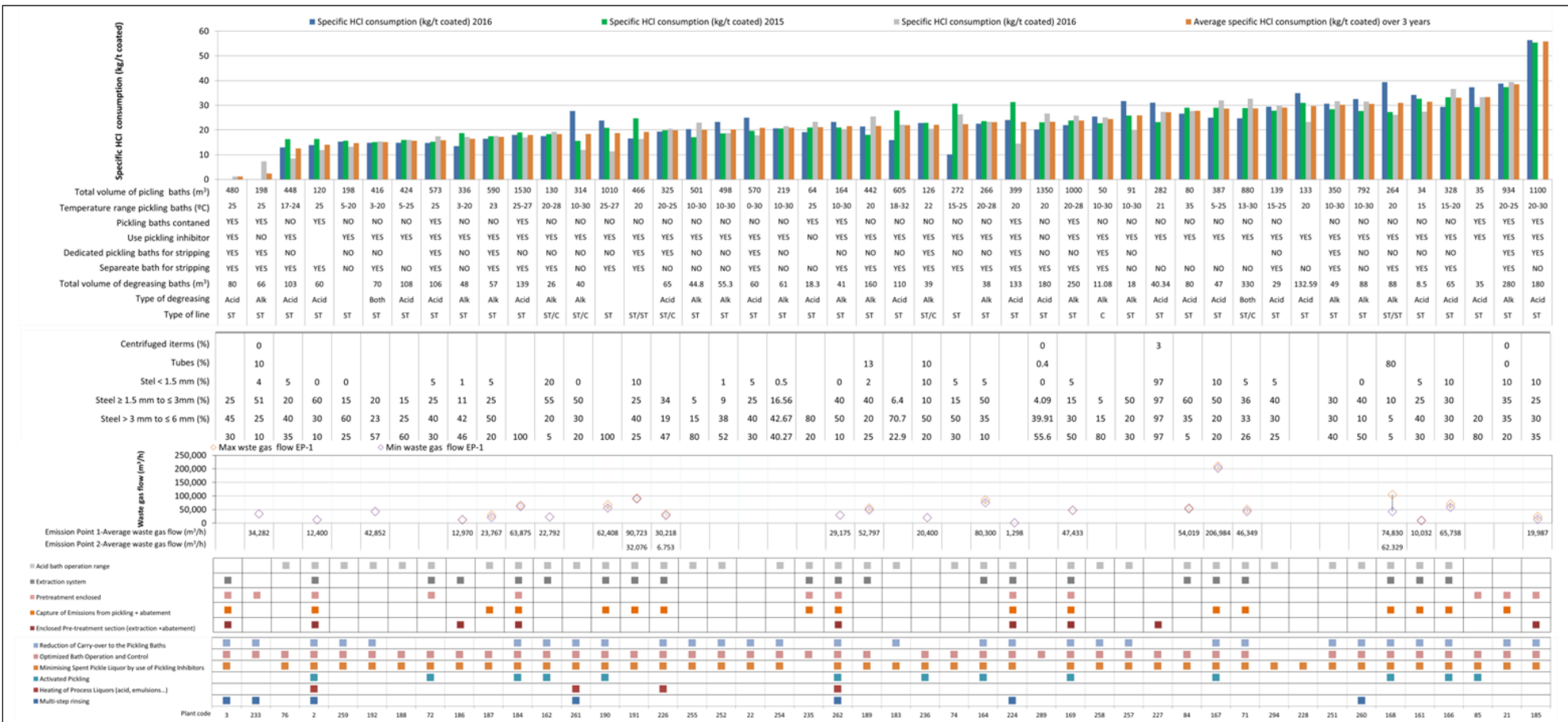




Rysunek 6.7: Jednostkowe zużycie (kg/t powlekanej stali) kwaśnych roztworów odłuszczeniowych w cynkowniach nieciągłych



Rysunek 6.8: Specyficzne zużycie (kg/t powlekanej stali) alkalicznych roztworów odtłuszczających w cynkowniach nieciągłych

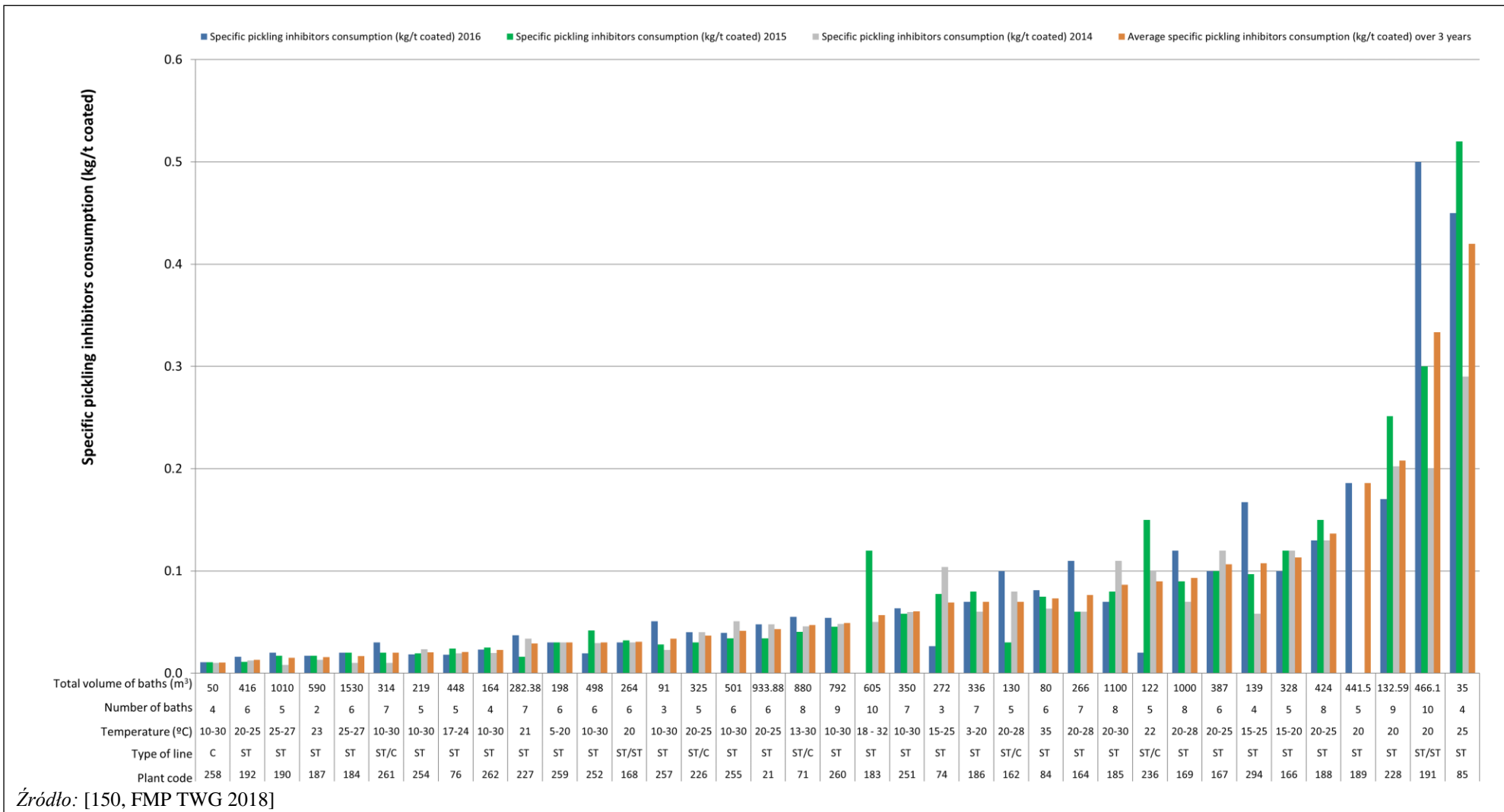


Uwaga: Mieszanka produktów dla 2 linii dla zakładów z 2 liniami.

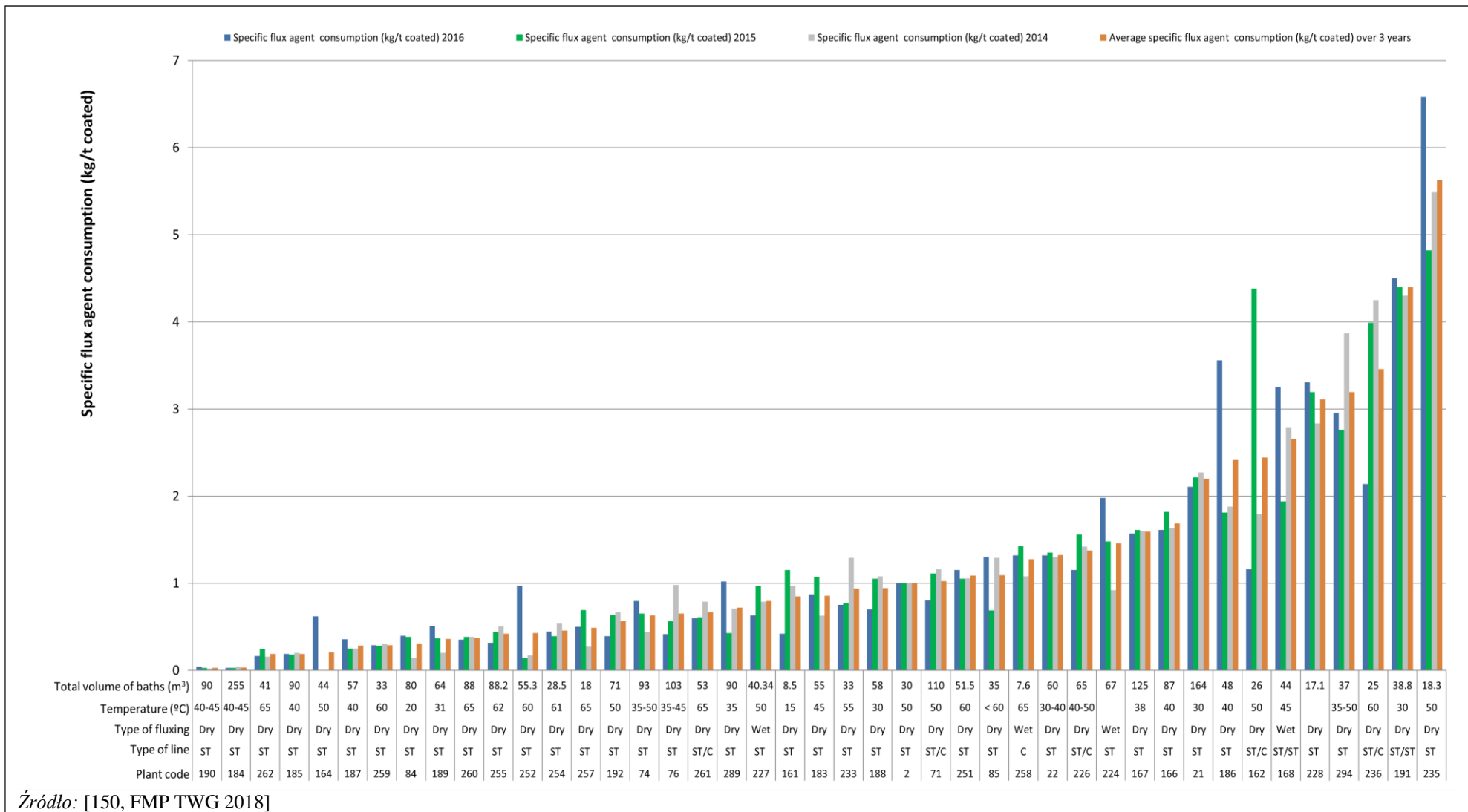
Kod zakładu	Stal > 6 mm	Stal > 3 mm do ≤ 6 mm	Stal ≥ 1,5 mm do ≤ 3 mm	Stal < 1,5 mm	Rury	Elementy odwirowane
162						100
168	5	5	10		80	
191	5	35	45	15		
226						100
236						100
261						100

Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 6.9: Jednostkowe zużycie HCl (kg/t powlekanej stali) w procesie trawienia w cynkowniach nieciągłych

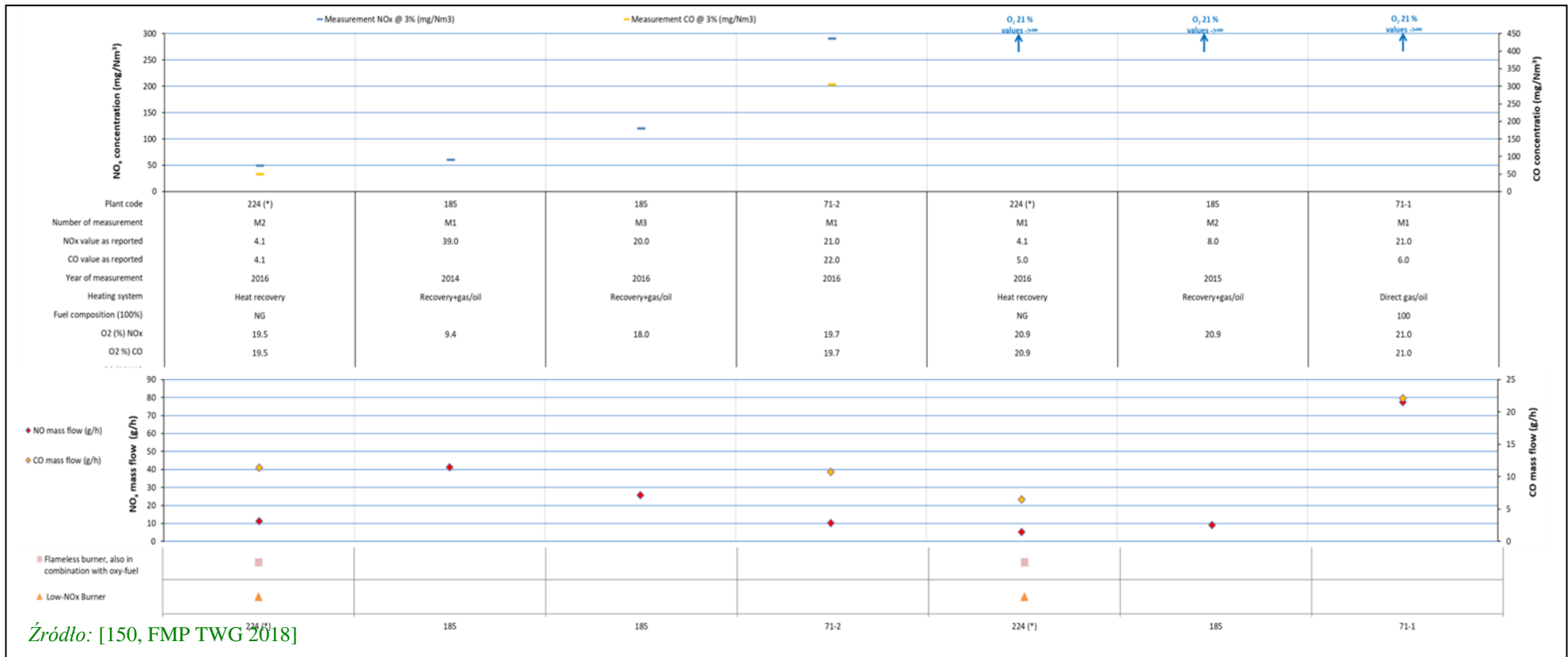


Rysunek 6.10: Specyficzne zużycie inhibitorów trawienia (kg/t stali pokrytej) w trawieniu w cynkowniach nieciągłych



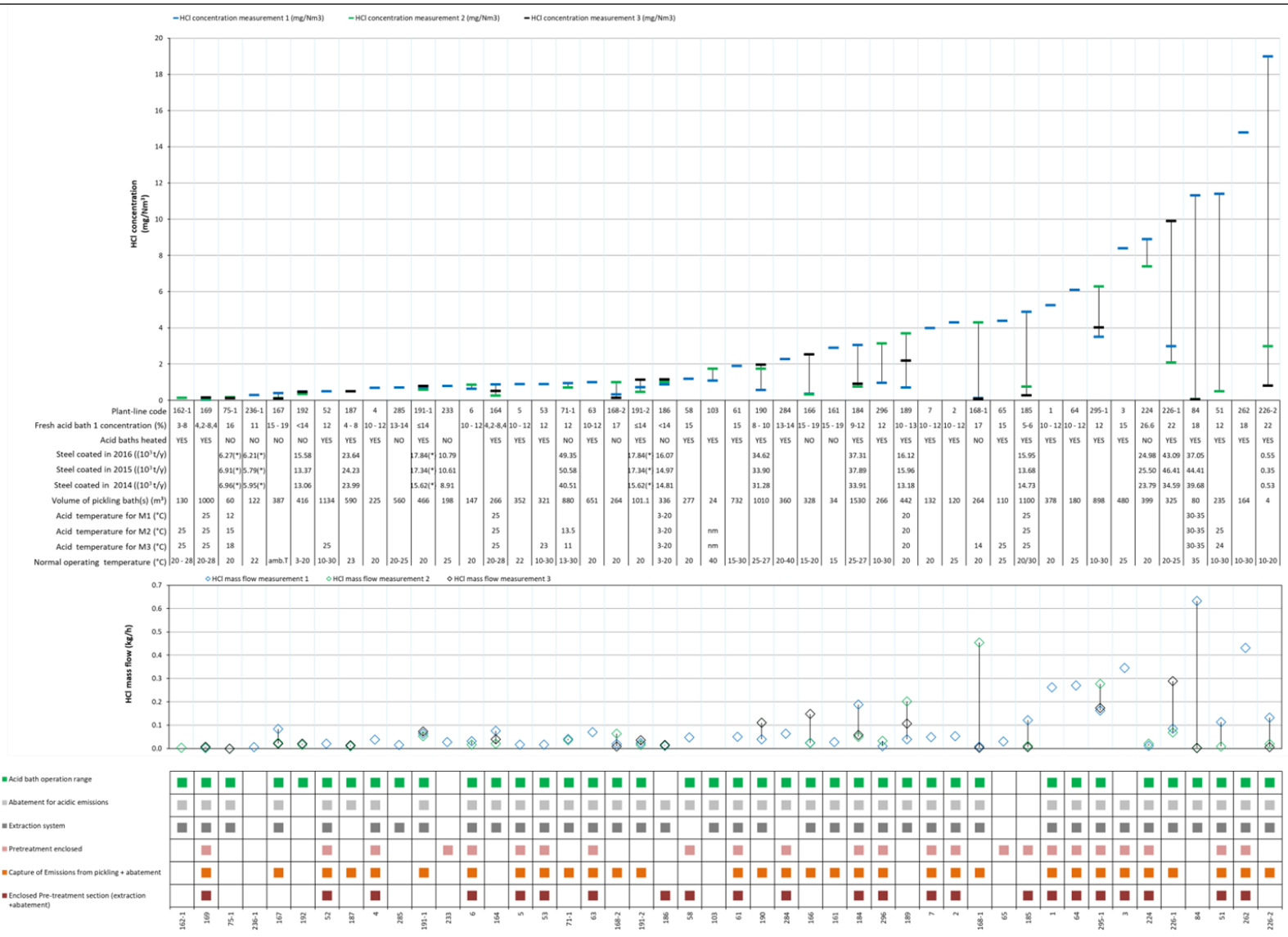
Rysunek 6.11: Specyficzne zużycie topników (kg/t stali powlekanej) w trawieniu w cynkowniach nieciągłych





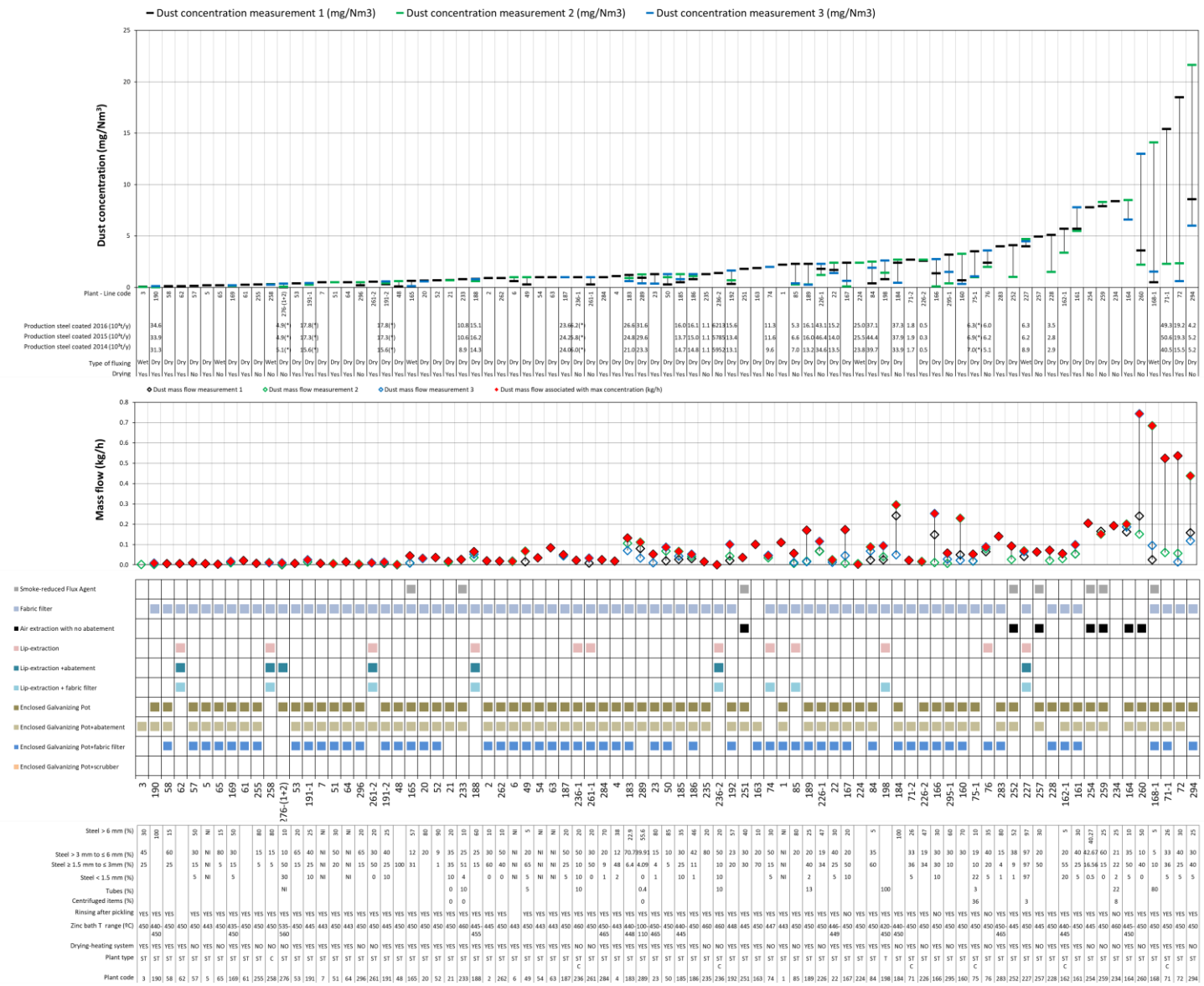
Rysunek 613: Emisja NOx i CO z suszenia materiału wsadowego (w mg/Nm3 przy 3 % tlenie)





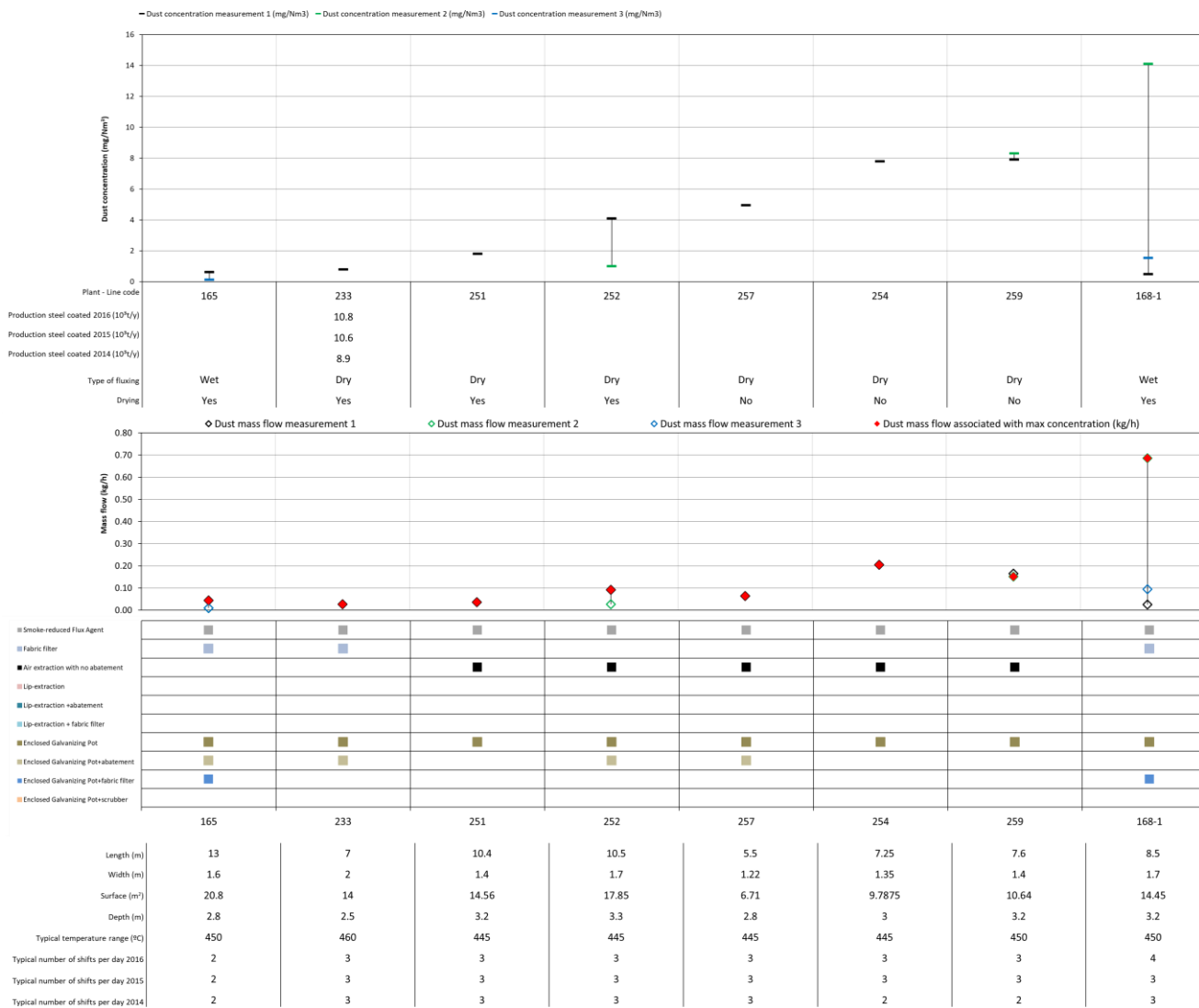
Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 6.14: Emisja HCl z trawienia (w mg/Nm<sup>3</sup>) w cynkowniach nieciągłych



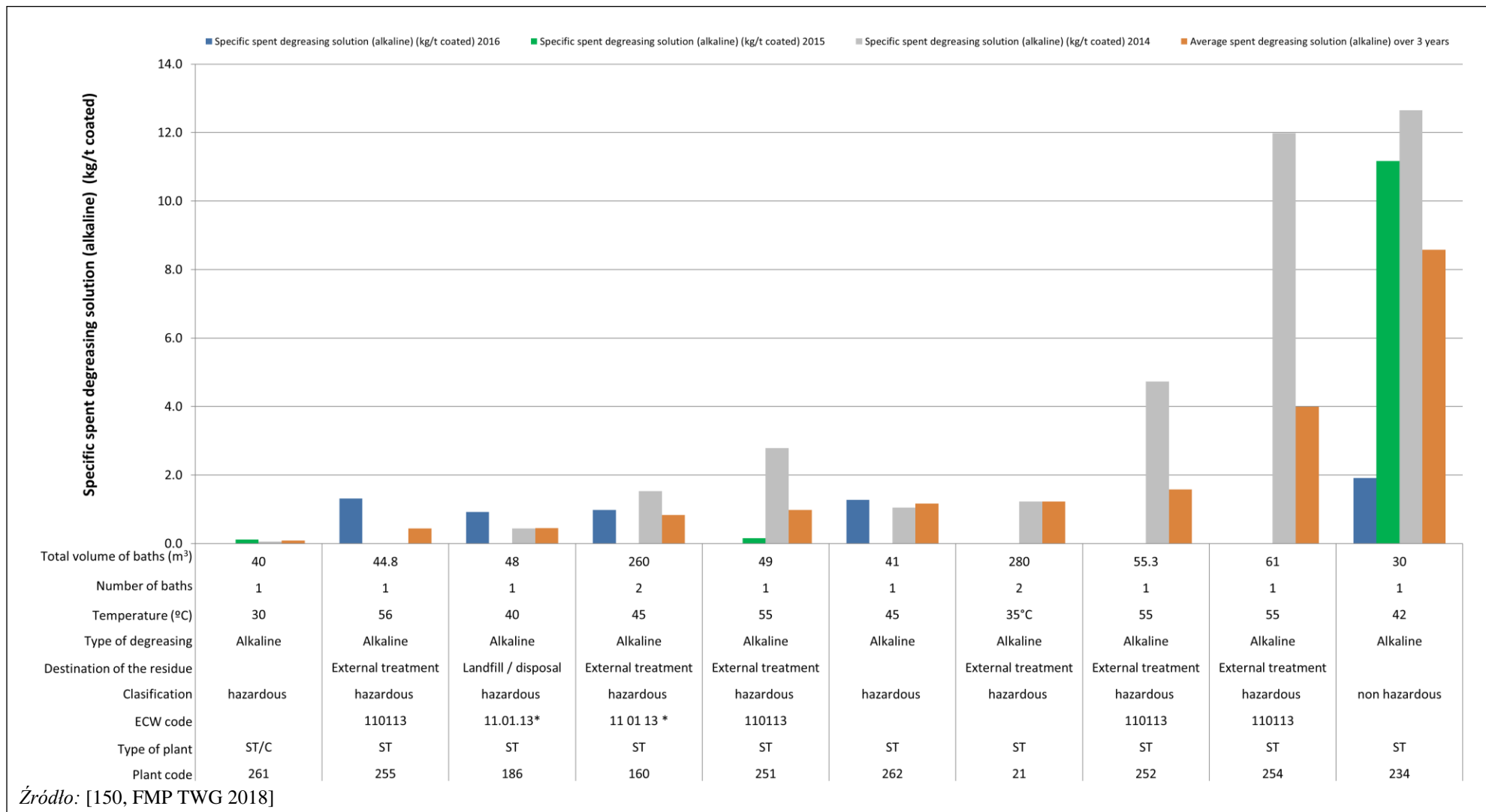
Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 6.15: Emisja pyłu z cynkowania ogniowego (w mg/Nm³) w cynkowniach nieciągłych

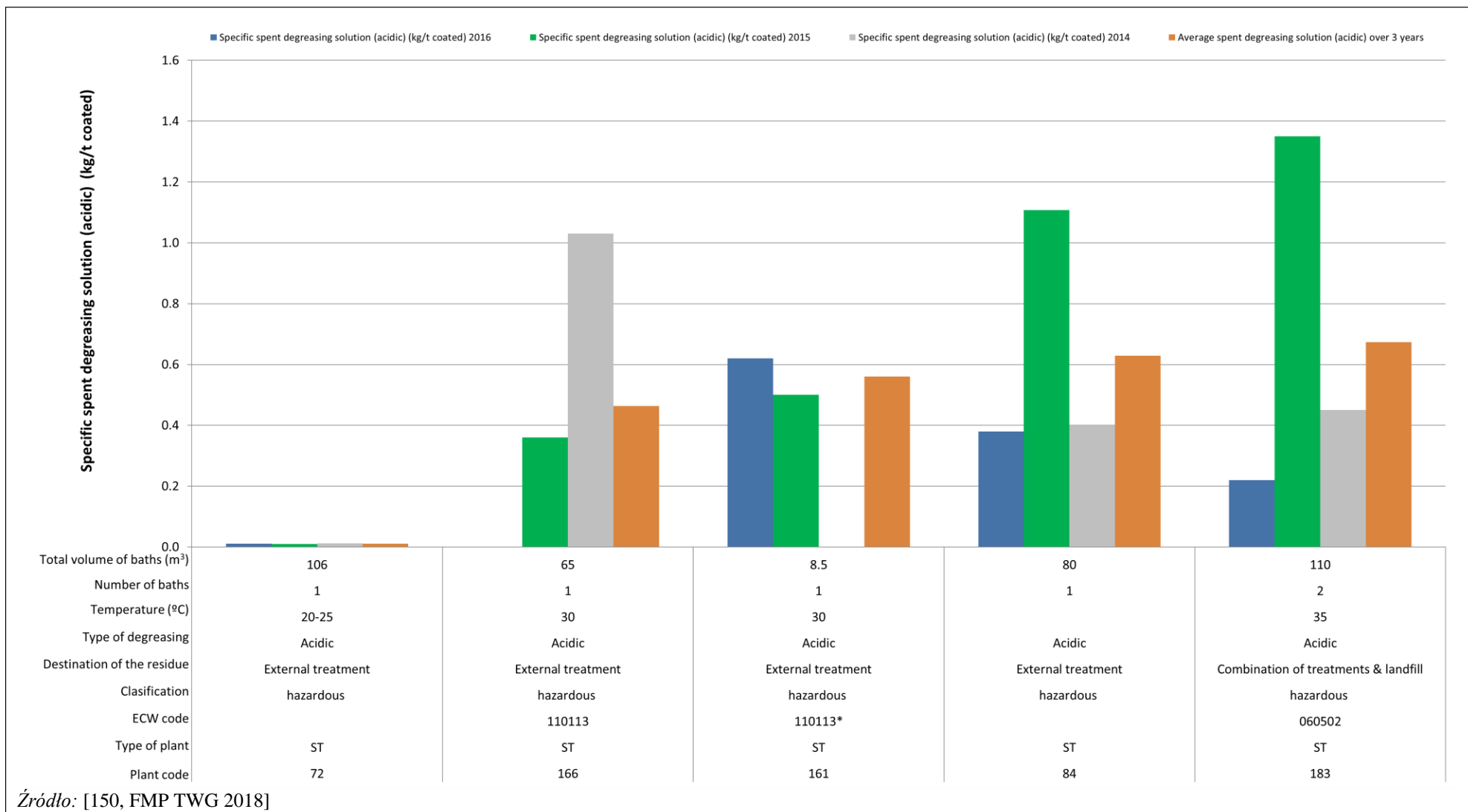


Źródło: [150, FMP TWG 2018]

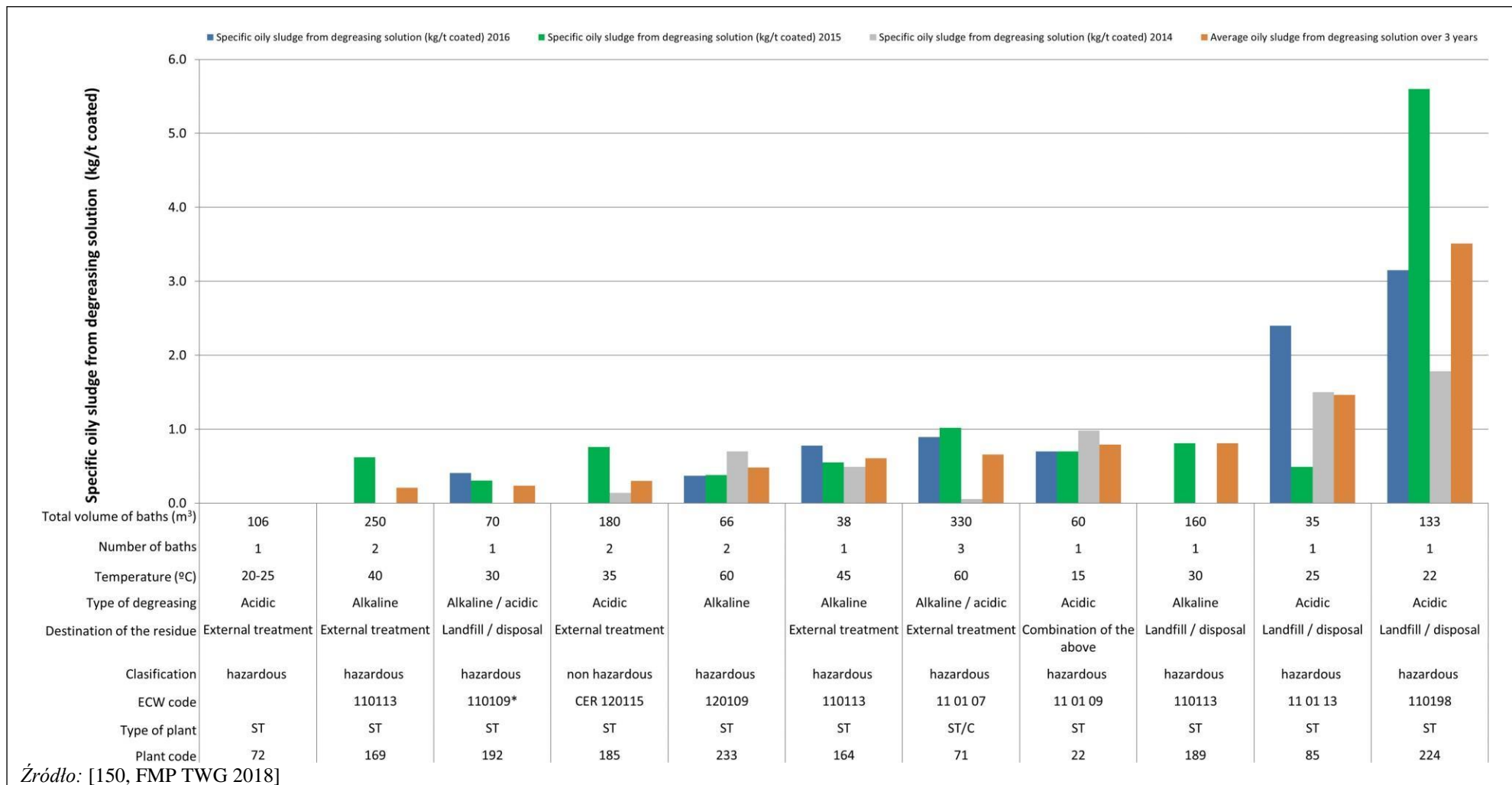
Rysunek 6.16: Emisja pyłów z zanurzania na gorąco (w mg/Nm<sup>3</sup>) w cynkowniach nieciągłych z zastosowaniem strumienia niskopieniowego



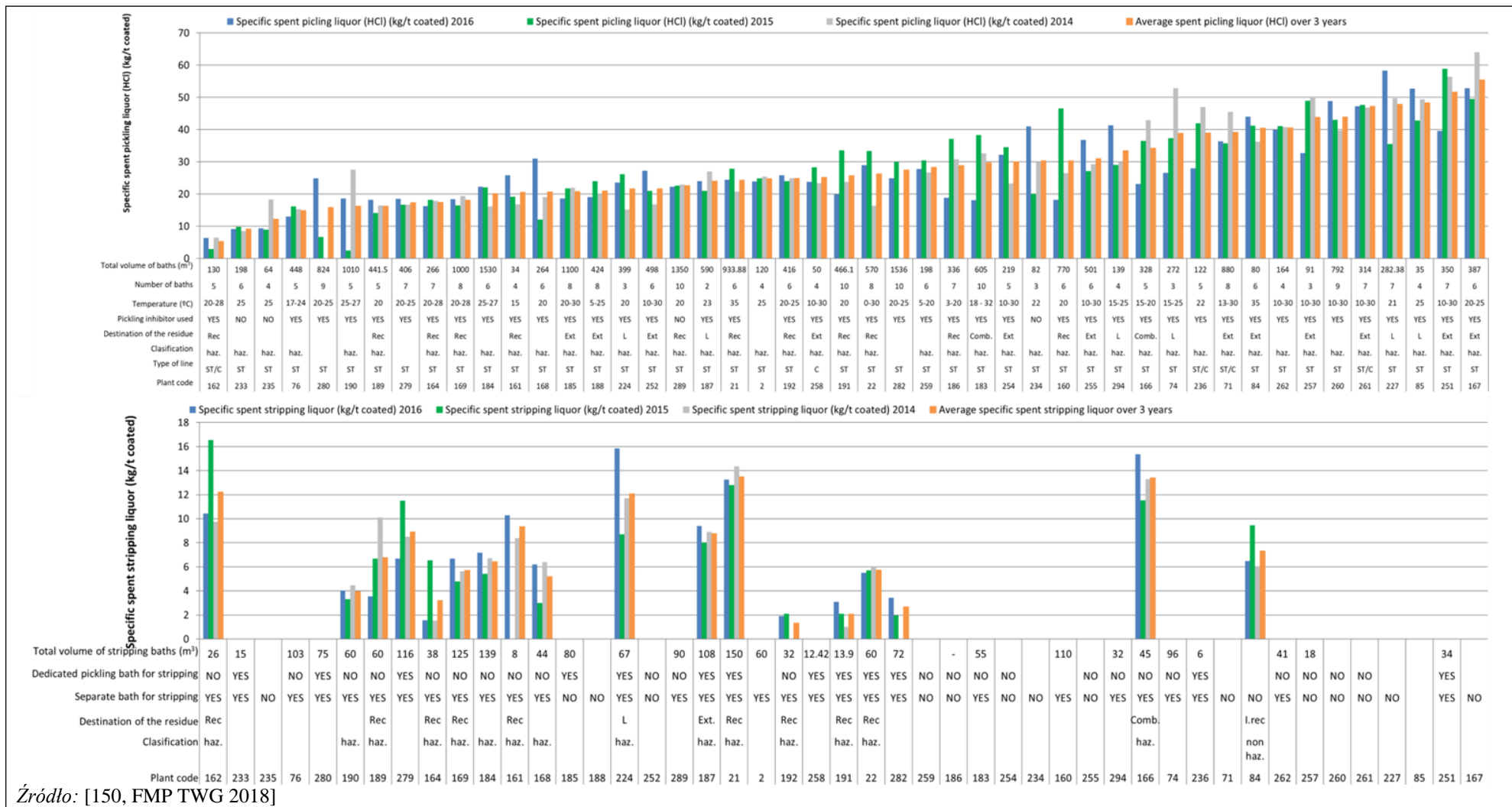
Rysunek 6.17: Wytwarzanie specyficzne zużytego alkalicznego roztworu odtłuszczającego (w kg/t)



Rysunek 6.18: Wytwarzanie jednostkowe zużytego kwaśnego roztworu odtłuszczającego (w kg/t)

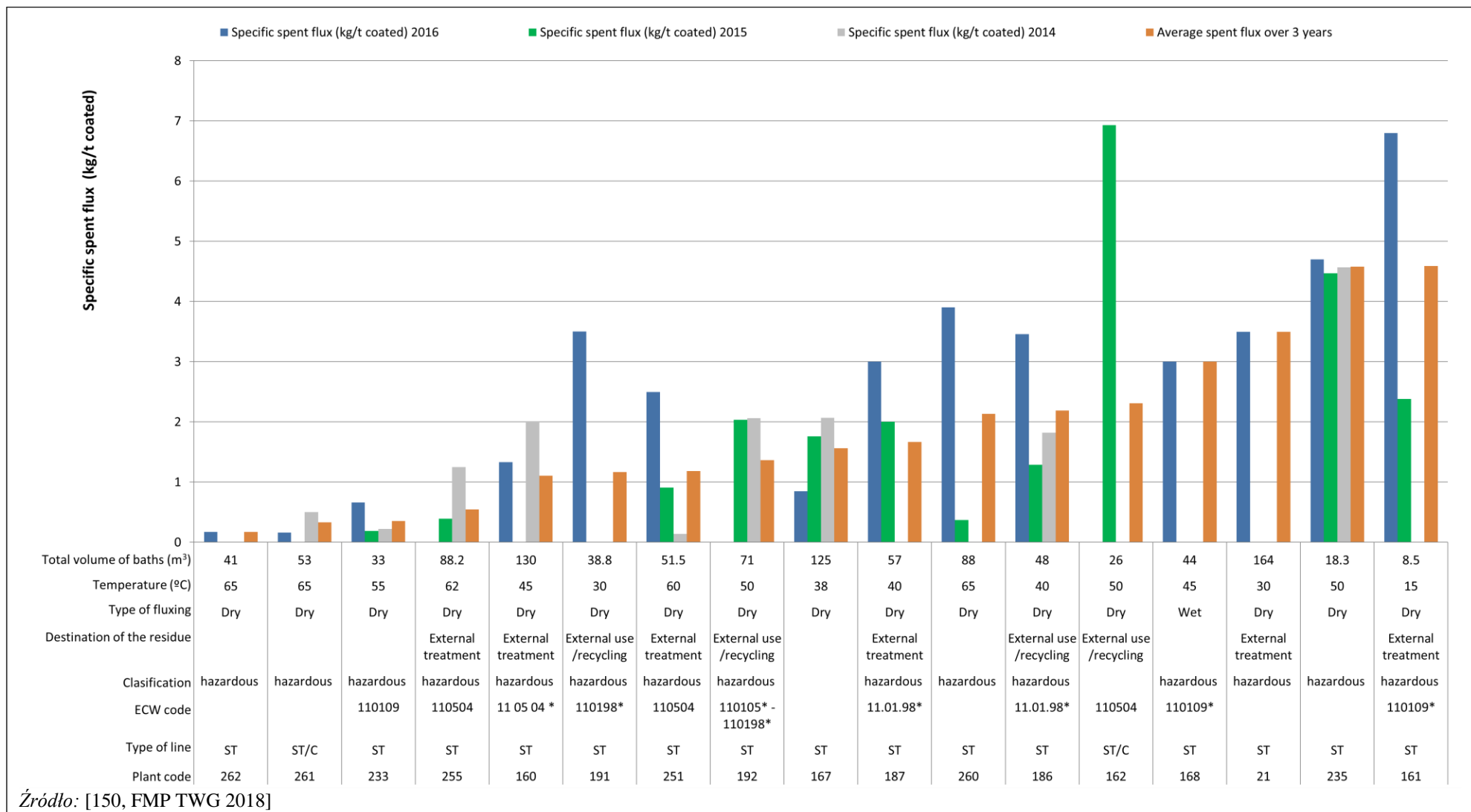


Rysunek 6.19: Specyficzne wytwarzanie oleistych osadów z roztworu odtuszczającego (w kg/t)



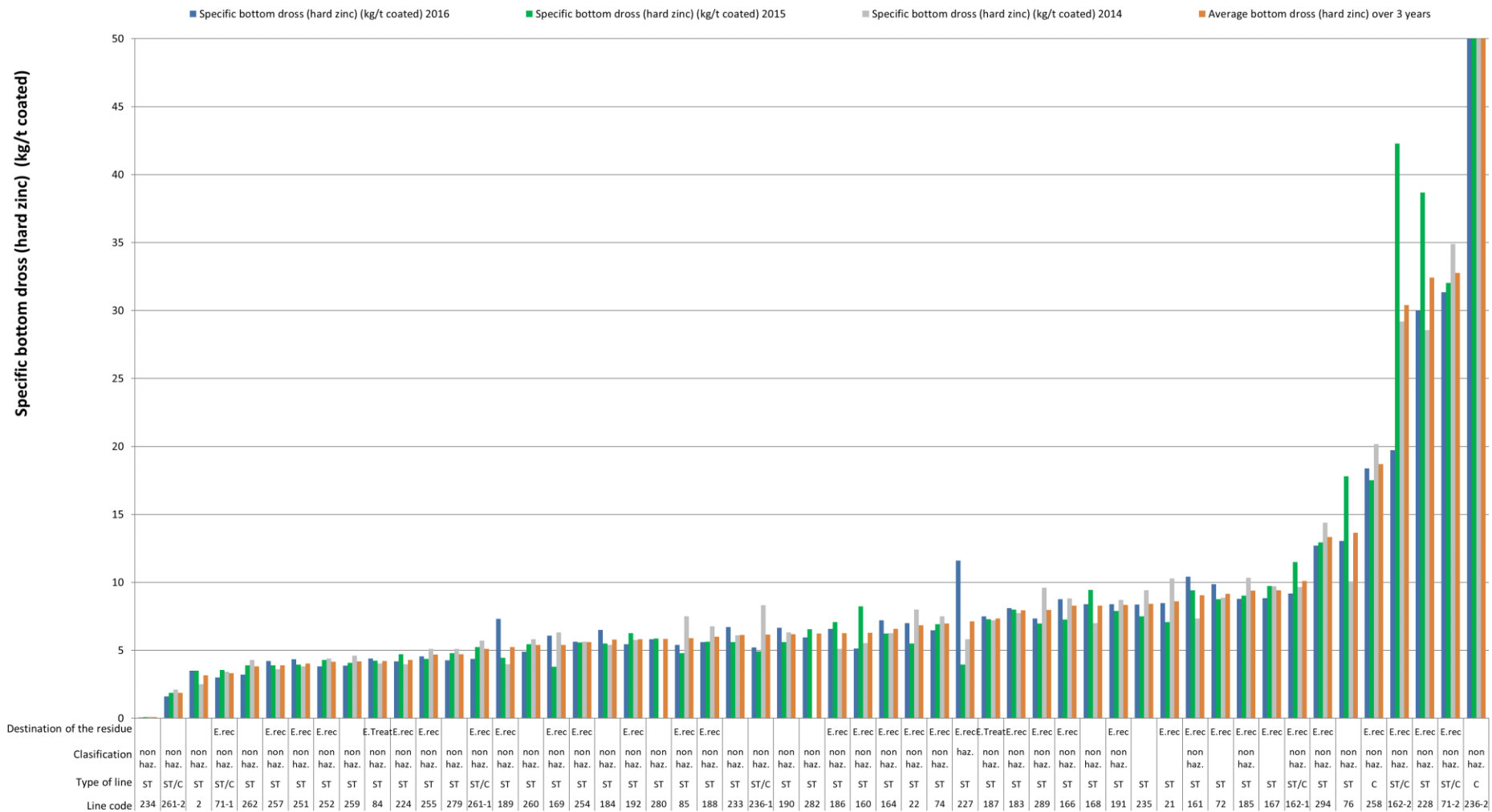
Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 6.20: Wytwarzanie specyficzne zużytego HCl z trawienia i usuwania powłok (w kg/t)



Rysunek 6.21: Wytwarzanie specyficzne zużytego topnika (w kg/t)

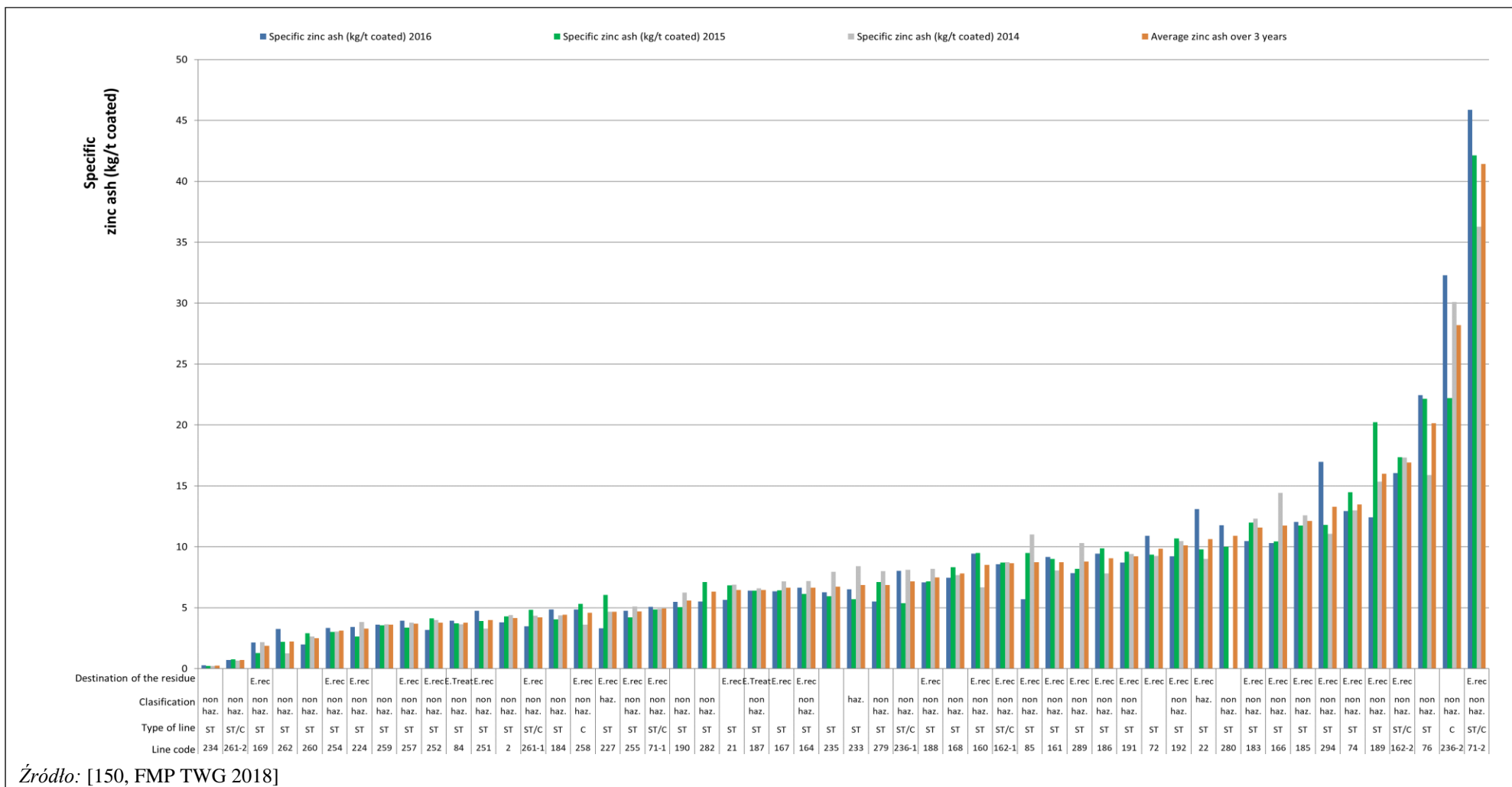




Uwaga: Linia 236-2 to specjalistyczna linia wirówkowa do galwanizacji gwoździ.

Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 6.22: Wytwarzanie jednostkowe kozucha dolnego (w kg/t)



Rysunek 6.23: Wytwarzanie jednostkowe popiołu cynkowego (w kg/t)

## **6.4 Techniki do rozważenia przy określaniu BAT dla cynkowania nieciągłego**

W niniejszym punkcie opisano techniki (lub ich kombinacje) oraz związany z nimi monitoring, które uważa się za mogące zapewnić osiągnięcie wysokiego poziomu ochrony środowiska w działalności objętej zakresem niniejszego dokumentu. Opisane techniki obejmują zarówno stosowaną technologię, jak i sposób projektowania, budowy, utrzymania, eksploatacji i likwidacji instalacji.

Obejmują one systemy zarządzania środowiskiem, jak również techniki zintegrowane z procesem oraz techniki końca rury. Uwzględniono również zapobieganie powstawaniu odpadów i zarządzanie nimi, w tym procedury minimalizacji odpadów i recyklingu, a także techniki zmniejszające zużycie surowców, wody i energii poprzez optymalizację wykorzystania i ponowne użycie. Opisane techniki obejmują również zapobieganie lub ograniczanie środowiskowych skutków wypadków i incydentów. Obejmują one również zapobieganie lub ograniczanie emisji w innych niż normalne warunkach eksploatacji (takich jak rozruch i wyłączenie, wycieki, niesprawność, chwilowe przestoje i ostateczne zaprzestanie działalności).

W załączniku III do dyrektywy wymieniono szereg kryteriów określania BAT, a informacje zawarte w niniejszym rozdziale będą dotyczyć tych rozważań. O ile to możliwe, standardowa struktura w tabeli 2.13 jest wykorzystywana do nakreślenia informacji na temat każdej techniki, aby umożliwić porównanie technik i ocenę pod kątem definicji BAT w dyrektywie.

Niniejszy rozdział nie musi stanowić wyczerpującej listy technik, które mogłyby być stosowane w sektorze. Mogą istnieć lub zostać opracowane inne techniki, które można by uwzględnić przy określaniu BAT dla indywidualnej instalacji.

W rozdziale 8 omówiono ogólne techniki (tj. te, które są powszechnie stosowane), które mogą mieć również zastosowanie do cynkowania nieciągłego. Techniki te zwykle nie są powtarzane w tym rozdziale, chyba że udostępniono informacje specyficzne dla tego sektora.

### **6.4.1 Odtłuszczenie**

#### **6.4.1.1 Powolne podnoszenie elementów**

##### **Opis**

Obrabiane elementy są powoli podnoszone z roztworu odtłuszczającego, aby zapewnić wystarczający czas na ociekanie.

##### **Opis techniczny**

Powolne podnoszenie przedmiotów obrabianych i wystarczający czas na odprowadzenie roztworów minimalizuje straty podczas przenoszenia między zbiornikami i przenoszenia do kolejnych zbiorników.

##### **Korzyści dla środowiska**

Zwiększona efektywność materiałowa.

##### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

##### **Efekty krzyżowe**

Brak informacji.

##### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Powszechnie stosowane.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Obniżenie kosztów dzięki zwiększonej wydajności materiałowej.

### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowane.

### **Bibliografia**

Nie przedstawiono literatury źródłowej.

## **6.4.1.2. Ciągłe oczyszczanie biologiczne kąpeli odtłuszczających („Oczyszczanie biologiczne”)**

### **Opis**

Olej i smar gromadzony w kąpeli odtłuszczającej jest rozkładany przez mikroorganizmy. Produktem odpadowym jest szlam organiczny, który codziennie jest odprowadzany poza system.

### **Opis techniczny**

Podstawę kąpeli odtłuszczającej stanowią zasady, fosforany, krzemiany oraz substancje powierzchniowo czynne, które nie tworzą anionów i kationów. Koncentrat tych substancji chemicznych i mikroorganizmów jest stale mieszany. Dla podtrzymania procesów biologicznych do wanny odtłuszczającej doprowadzane jest powietrze. Ponadto w celu wyrównania strat powstających w wyniku parowania, doprowadza się wodę – temperatura kąpeli jest utrzymywana na optymalnym poziomie 37 °C. Ciecz z wanny odtłuszczającej jest przepuszczana przez separator płytowy z natężeniem około 1 m<sup>3</sup>/h. Oddzielany w separatorze płytowym szlam składa się z żywych i martwych mikroorganizmów (szlam biologiczny). Szlam (w ilości około 10 l/d) usuwany jest ręcznie poprzez zawór denny. Chemikalia są dozowane pompą do komory wylotowej separatora płytowego. Dokładne odmierzanie dawek chemikaliów może być trudne i prawdopodobnie są one często przekraczane. Dozowanie potrzebnych chemikaliów jest kontrolowane automatycznie w celu utrzymywania wartości pH 9,13. [53, Danish EPA 1993]

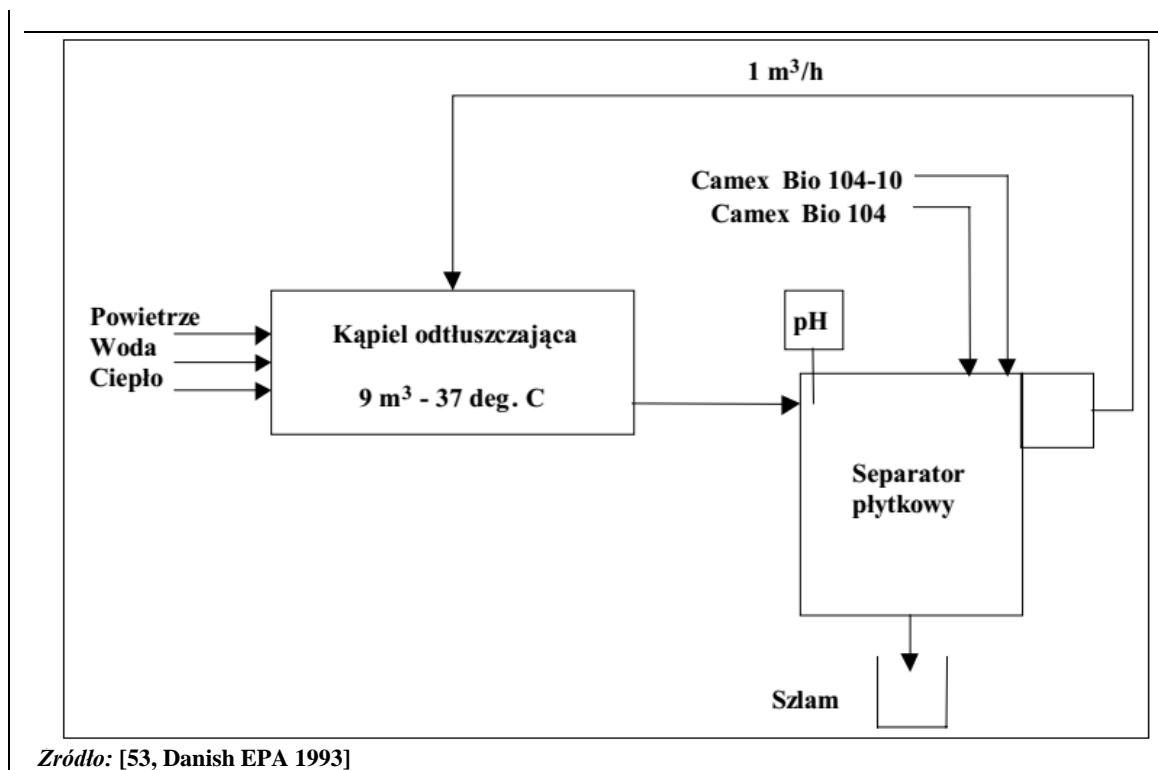
### **Korzyści dla środowiska**

- Zwiększona efektywność materiałowa.
- Zmniejszona ilość ścieków i osadów.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

#### **Przykład Næstved Varmforzinkning**

Næstved Varmforzinkning wprowadził proces w 1987 roku i otrzymał bardzo pozytywne wyniki eksploatacyjne (patrz rysunek C.4 - 1). Obecnie odtłuszczanie jest dużo bardziej efektywne i lepsze niż wówczas, gdy do odtłuszczania stosowano gorącą sodę kaustyczną a trawienie jest szybsze i mniej szkodliwe dla materiału podstawowego. Spadło zarówno zużycie kwasu do trawienia jak i ilość odprowadzanych roztworów. Powierzchnia po trawieniu jest bardziej gładka i jednolita niż poprzednio. To z kolei powoduje mniejsze zużycie cynku w trakcie procesu cynkowania ogniowego. Wprowadzenie nowego procesu oznaczało, że zakład był zdolny zredukować zawartość cynku w kąpeli trawiącej z 10 – 15 % do 4 – 8 %. Pozwoliło to poprawić warunki pracy w halach produkcyjnych, z których znikł dawny „zapach kwasu”. W praktyce okazało się, że zużycie Camex Bio 104 było sześciokrotnie wyższe niż oczekiwano (na tonę produktu rocznie). Jest to prawdopodobnie wynikiem przedawkowania jak i faktu, że procesowi poddawane są przedmioty bardzo zaolejone, które powodują dodatkowe zużycie chemikaliów. Ponadto powierzchnia przedmiotów jest bardzo duża w stosunku do ich masy, co wymaga większej ilości chemikaliów na tonę produktu. Instalacja jest prawdopodobnie 3 do 6 razy za duża do potrzeb Næstved Varmgalvanisering. Firma po prostu kupiła najmniejszy system do biologicznego odtłuszczania sprzedawany przez dostawcę. [53, Danish EPA 1993]



Rysunek 6.24: Schemat technologiczny odłuszczenia biologicznego

#### Przykład ocynkowni w Niemczech [2, P. Kunz 1996].

Ocynkownia wyłączyła z eksploatacji odłuszczenie kwasowe i przeszła na odłuszczenie biologiczne w okresie między grudniem 1994 r. a kwietniem 1995 roku. Pierwotna linia produkcyjna obejmowała wannę kwasowego odłuszczenia z kąpielą odłuszczeniową składającą się z rozcieńczonego kwasu fosforowego i HCl, substancji powierzchniowo czynnych, inhibitorów korozji, po odłuszczeniu następowało płukanie. Jakość kąpieli odłuszczeniowej była utrzymywana przez usuwanie oleju gromadzącego się na powierzchni i korektę kwasowości kąpieli przez jej odświeżanie. Odłuszczenie kwasowe zostało zamienione na odłuszczenie alkaliczne z następującym po nim natryskowym płukaniem biologicznym. Odnotowano następujące korzyści zmiany procesu:

- Skrócenie czasu trawienia (20 – 25 %).
- Poprawa jakości trawienia.
- Zmniejszenie zużycia świeżego kwasu.
- Zmniejszenie odrzutów.
- Zmniejszenie ilości zaolejonych szlamów.

#### Efekty krzyżowe

Wyższe zużycie energii do podgrzewania kąpieli odłuszczeniowej.

#### Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń co do możliwości zastosowania tej techniki.

#### Aspekty ekonomiczne

Trudno jest określić ilościowo korzyści finansowe instalacji w porównaniu z odłuszczeniem w ciepłym ługu sodowym kaustycznym. Zużycie kwasu i cynku znacznie spadło i mniej produktów jest złomowanych. Jednak oszczędności są spowodowane również innymi zmianami w produktach i produkcji w omawianym okresie. Trudno więc dokładnie rozstrzygnąć, jakie korzyści finansowe daje nowy proces odłuszczenia. [53, Danish EPA 1993]

#### Cel wdrożenia

- Obniżenie kosztów dzięki zwiększonej wydajności materiałowej.
- Zmniejszona ilość ścieków i osadów.
- Przyspieszone i ulepszone trawienie.

#### **Przykładowe zakłady**

Næstved Varmforzinkning ApS (okres doświadczenia: 6 lat) [53, Danish EPA 1993]; Francja; Verzinkerei Dieren, NL.

Voigt & Schweitzer Henssler GmbH & Co. KG (Zakład 49) [150, FMP TWG 2018].

#### **Bibliografia**

[53, Danish EPA 1993][2, P. Kunz 1996][150, FMP TWG 2018].

## **6.4.2 Trawienie i usuwanie powłok**

### **6.4.2.1 Oddzielne trawienie i usuwanie powłok**

#### **Opis**

Trawienie i odpędzanie przeprowadza się w oddzielnych zbiornikach, aby zapobiec powstawaniu zużytych kwasów o wysokim stężeniu cynku i wysokiego żelaza lub aby zmniejszyć ich ilość przekazywaną do utylizacji.

#### **Opis techniczny**

Ogólnie rzecz biorąc, zużyte kwasy zawierające duże ilości żelaza i cynku są bardzo trudne do ponownego wykorzystania lub recyklingu. Poprzez wytrawianie i usuwanie nadmiaru żelaza w oddzielnych zbiornikach, zawartość cynku w kwasie wytrawiającym może być utrzymana na niskim poziomie. [1, ABAG 1993]

#### **Korzyści dla środowiska**

Łatwiejszy recykling zużytego kwasu wytrawiającego.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Możliwość zastosowania w istniejących zakładach może być ograniczona brakiem miejsca w przypadku, gdy potrzebne są dodatkowe zbiorniki do odpędzania.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Obniżenie kosztów dzięki zwiększonej wydajności materiałowej.

#### **Przykładowe zakłady**

Zakłady BG z zebranych danych, kody zakładów: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 20, 21, 22, 23, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 57, 58, 61, 62, 63, 64, 72, 74, 75-1, 76, 160, 161, 162-1, 163, 164, 165, 166, , 168-1, 169, 183, 184, 187, 189, 190, 191-1, 192, 198, 224, 233, 236-1, 251, 258, 262, 276-1, 277, 279, 280, 281-1, 282, 283, 284, 285, 289, 293, 294, 295-1, 75-2, 168-2, 226-2.

#### **Bibliografia**

[1, ABAG 1993][28, DE, TWG member, 2000]

### 6.4.2.2 Odzysk przez odparowanie (HCl)

#### Opis

Zob, sekcja 8.6.5.

#### Opis techniczny

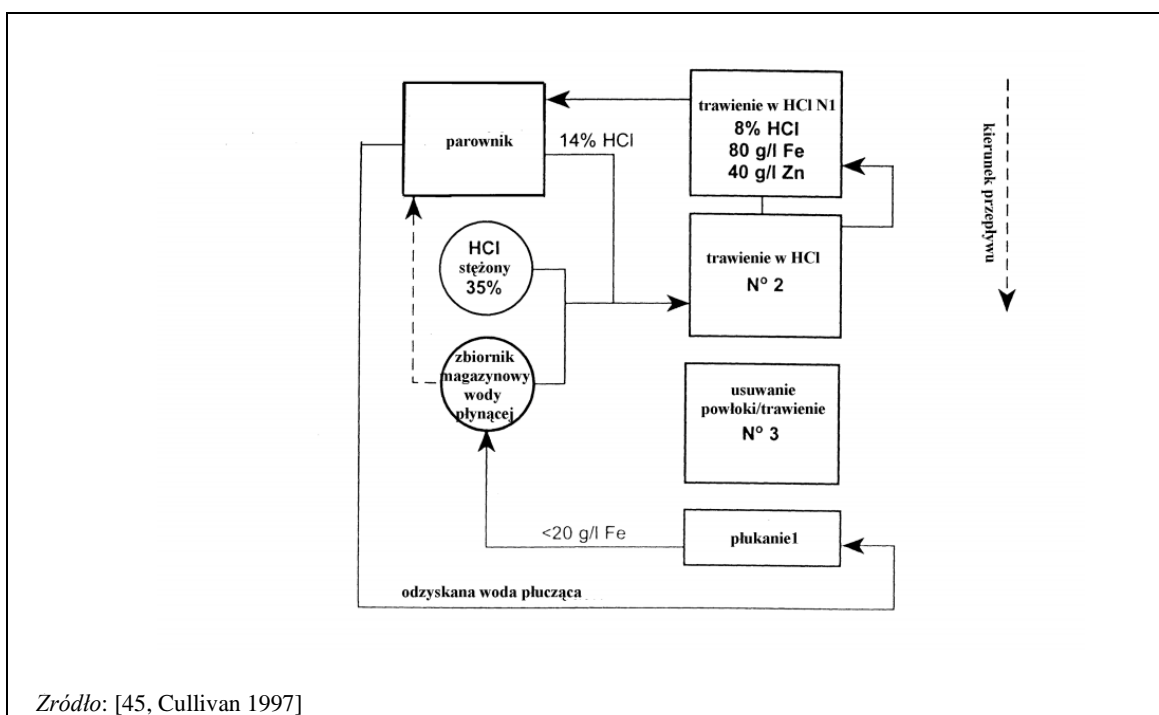
Zob, sekcja 8.6.5.

#### Korzyści dla środowiska

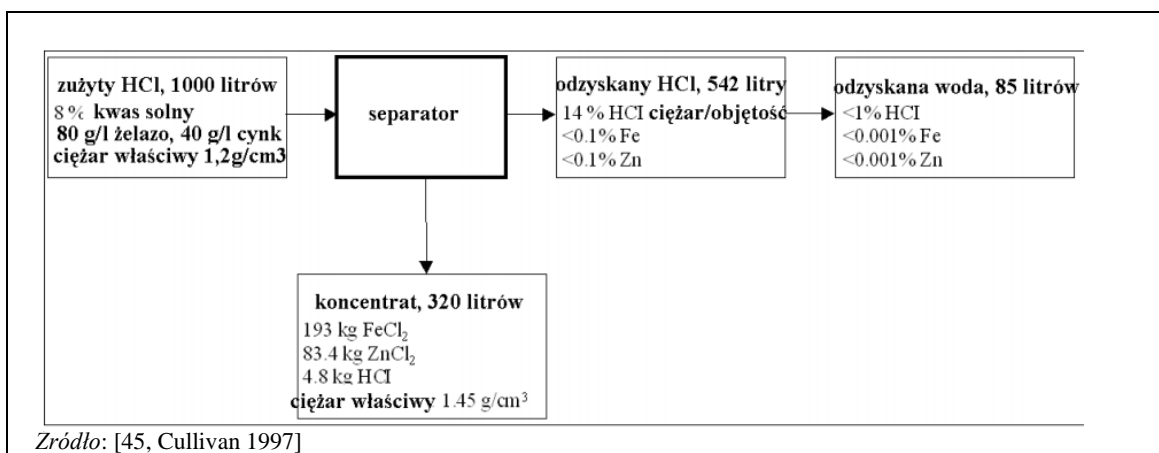
Zob, sekcja 8.6.5.

#### Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

Na rysunkach 6.25 i 6.26 przedstawiono schemat przepływu i bilans masowy dla przykładowej cynkowni.



Rysunek 6.25: Przykładowy schemat technologiczny instalacji wyparkowego odzysku HCl dla cynkowni.



Rysunek 6.26: Bilans masy przy odzysku przez odparowanie (przykład)

Odzyskany kwas może być zawrócony do zbiornika trawiącego. Dodatkowy świeży kwas dodany do zbiornika wytrawiającego uzupełni straty objętościowe powstałe w wyniku usunięcia roztworu chlorku żelaza i wody. Odzyskana woda może trafić do zbiornika płuczającego, zbiorników trawiących lub do kąpieli topnikowej. [45, Cullivan 1997]

Zużycie energii dla całej instalacji wynosi 230 kWh/m<sup>3</sup> poddawanej obróbce, przy czym odzysk energii netto wynosi 150 kW dzięki zastosowaniu specjalnego wymiennika ciepła. [34, EGGA 2000].

#### **Efekty krzyżowe**

- Wysokie zużycie energii [28, DE, TWG member, 2000].
- Wytworzenie stężonego roztworu chlorku żelaza (koncentratu), który może nie nadawać się do recyklingu.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Zob, sekcja 8.6.5.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Zob, sekcja 8.6.5.

#### **Przykładowe zakłady**

[61] [62] [295] [296] [150, FMP TWG 2018]

#### **Bibliografia**

[150, FMP TWG 2018] [45, Cullivan 1997] [34, EGGA 2000] [28, DE, TWG member, 2000]

### **6.4.2.3 Usuwanie cynku poprzez wymianę jonową**

#### **Opis**

Oczyszczony kwas może być stosowany w trawieniu, natomiast roztwór zawierający ZnCl<sub>2</sub>- i NH<sub>4</sub>Cl powstały w wyniku usuwania żywicy jonowymiennej może być stosowany do topnikowania.

#### **Opis techniczny**

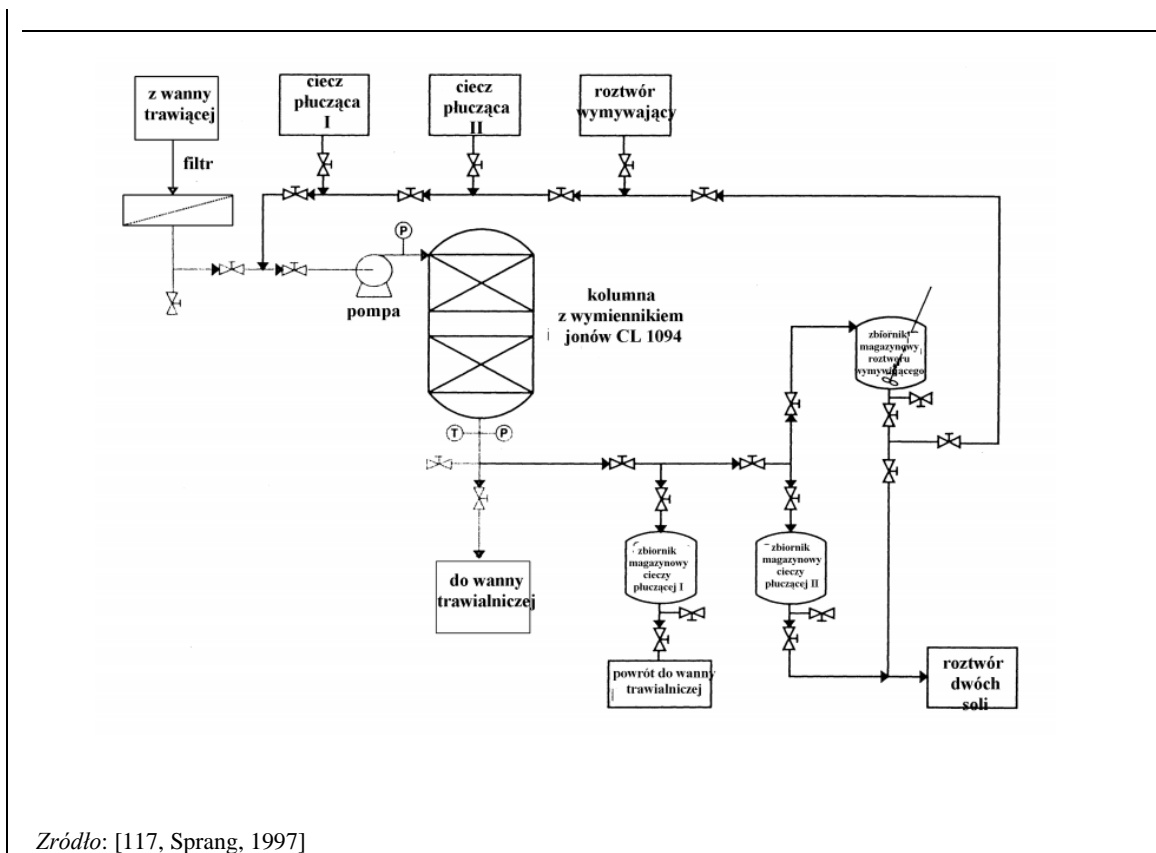
Proces (patrz rysunek 6.27) dzieli się na cztery etapy, a mianowicie:

- usuwanie cynku;
- płukanie I (elucja 1);
- odpędzanie i regeneracja;
- płukanie II.

Proces ten może odbywać się na miejscu lub poza nim.

Kwas wytrawiający jest wypompowywany z kąpieli przez filtr płytowy w celu usunięcia wszelkich cząstek stałych. Czysta ciecz przepływa następnie przez kolumnę. W kolumnie cynk jest usuwany z kwasu wytrawiającego i wiązany z materiałem jonowymiennym. Po opuszczeniu kolumny, pozbawiona cynku ciecz jest pompowana z powrotem do kąpieli trawiącej. W ten sposób system poddaje kwas recyklingowi. Jednakże kwas nie musi być recykulowany i może być przetwarzany, a następnie przechowywany w zbiorniku (proces jednorazowy) lub wypompowany do innego zbiornika, przepuszczony przez kolumnę i przechowywany w trzecim zbiorniku (proces wsadowy).





Rysunek 6.27: Schemat procesu usuwania cynku z kąpeli trawiących.

Ciecz płuczająca jest następnie pompowana ze zbiornika magazynującego przez kolumnę do oddzielnego zbiornika magazynującego. Uzyskany w wyniku tego roztwór jest roztworem HCl, który może być wykorzystany do korekty stężenia roztworu trawiącego. Stopień trzeci to usuwanie roztworem alkalicznym cynku z materiału, w którym nastąpiła wymiana jonów. Jeśli drugi stopień płukania nie jest stosowany, wytrąca się wodorotlenek żelaza zakłócający proces. Roztwór usuwający jest wykorzystywany wielokrotnie, aż osiągnie odpowiednie stężenie. Gdy roztwór ten zostanie nasycony może być wykorzystany do korekty składu kąpeli topnika. Roztwór wymywający zawiera tylko  $ZnCl_2$  i  $NH_4Cl$ . Kiedy materiał wymieniający jony zostanie oczyszczony i zregenerowany resztki roztworu wymywającego muszą zostać usunięte. Odbywa się to w czwartym stopniu procesu przez płukanie świeżą wodą. Jeżeli nie wykonano by płukania, kwas trawiący byłby zanieczyszczony  $NH_4^+$ , choć rozwiązany byłby początkowy problem zanieczyszczenia cynkiem, powstałby nowy problem (zanieczyszczenia  $NH_4^+$ ).

Ważne jest, aby odróżnić roztwór do usuwania powłok w ramach rysunku 6.27, które powstają podczas procesu odzyskiwania, od zużytego roztworu do usuwania powłok, które powstają w samym procesie cynkowania.

#### Korzyści dla środowiska

- Zwiększona efektywność materiałowa.
- Zmniejszenie ilości kwasu wysyłanego do utylizacji.

#### Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

Brak informacji.

4

#### Efekty krzyżowe

Zwiększone zużycie chemikaliów.

#### Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń dla stosowania tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

Technika ta wymaga znaczących kosztów inwestycyjnych i kosztów eksploatacyjnych oraz że wskaźniki ekonomiczne są decydujące i mogą być nieosiągalne dla ocynkowni typowej wielkości.  
[Com2 UK Galv]

### **Cel wdrożenia**

Obniżenie kosztów dzięki zwiększonej wydajności materiałowej.

### **Przykładowe zakłady**

[165] [150, FMP TWG 2018]

### **Bibliografia**

[Com2 UK Galv] [150, FMP TWG 2018]

## **6.4.2.4 Usuwanie żelaza poprzez utlenianie i strącanie**

### **Opis**

Powstała ciecz może być wykorzystana do topnikowania.

### **Opis techniczny**

Zużyty kwas solny z połączonego trawienia i usuwania powłok o wysokim stężeniu żelaza i cynku może być przetwarzany i odzyskiwany jako kąpiel topnikowa.

Zob, sekcja 8.6.3,3.

### **Korzyści dla środowiska**

- Zwiększona efektywność materiałowa.
- Zmniejszenie ilości kwasu wysłanego do utylizacji.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

### **Efekty krzyżowe**

Zwiększone zużycie chemikaliów.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń dla stosowania tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Obniżenie kosztów dzięki zwiększonej wydajności materiałowej.

### **Przykładowe zakłady**

Brak informacji.

### **Bibliografia**

[32, DK, TWG member, 1999]

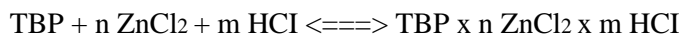
#### 6.4.2.5 Usuwanie cynku przez ekstrakcję rozpuszczalnikami

##### Opis

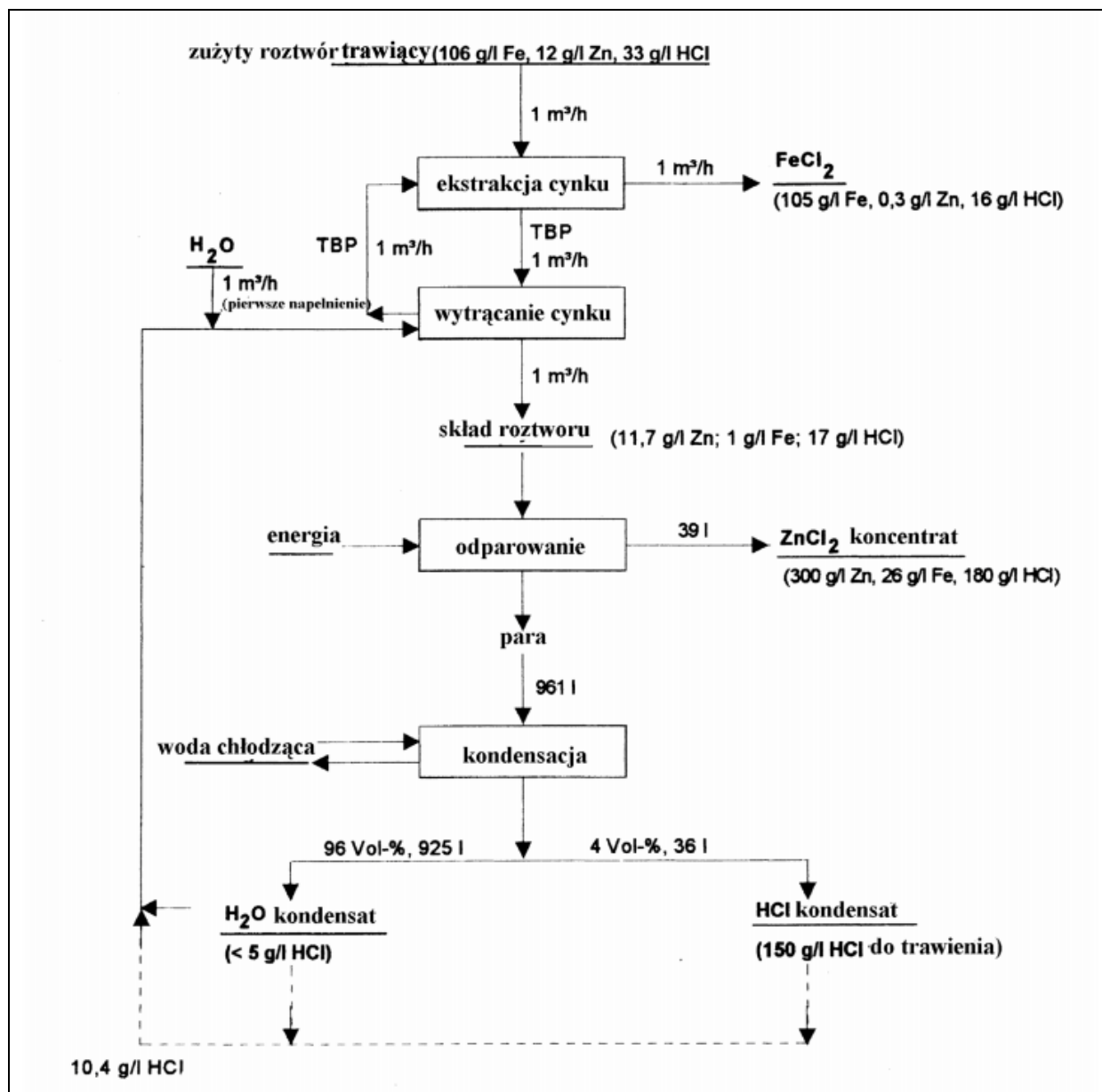
Oczyszczony kwas może być wykorzystany do trawienia, natomiast koncentrat zawierający cynk powstały w wyniku odpędzania i odparowania może być wykorzystany do innych celów.

##### Opis techniczny

W procesie selektywnej ekstrakcji cynku ze zużytych kąpielii trawiących HCl jako ekstrahent wykorzystywany jest fosforan trójbutylowy (TBP). Proces ten opiera się na przedstawionej poniżej uproszczonej reakcji:



ZnCl<sub>2</sub>, łącznie z HCl, tworzy kompleks chlorkowy [ZnCl<sub>4</sub>] z roztworu wodnego wiązany przez organiczny roztwór ekstrahujący w związek, który ma mniejszą gęstość niż faza wodna. Stąd może być on oddzielony przez dekantację. Gdy nasycony roztwór ekstrahujący ma intensywny kontakt z nową fazą wodną, kompleksowa reakcja zostaje odwrócona (następuje re-ekstrakcja), a wytracony organiczny roztwór ekstrahujący może być recyklingowany i powstaje wodny roztwór ZnCl<sub>2</sub>. Roztwór ZnCl<sub>2</sub> jest zagęszczany w celu podwyższenia stężenia cynku przez odparowanie. Kondensat jest recyklingowany do ponownej ekstrakcji, a koncentrat sprzedawany. Rysunek 6.28 przedstawia schematycznie cały proces. Ważne jest rozróżnienie pomiędzy roztworem do usuwania pasków powstałym na etapie usuwania cynku na rysunku 6.28, który powstaje podczas procesu ekstrakcji rozpuszczalnika, a zużytym roztworem do usuwania pasków, który powstaje w samym procesie cynkowania.



Rysunek 6.28: Schemat procesu ekstrakcji rozpuszczalnikiem

Zużyty kwas magazynowany w specjalnym zbiorniku lub w wannie trawialniczej przepuszczany jest przez filtr zatrzymujący zawieszynę stałą w postaci metalowych wiórow, tlenków stanowiących zgorzelinę, nierozpuszczalnych olei, brudu, niedopałków papierosów itp. Przesącz przechodzi poprzez zbiornik wyrównawczy do pierwszego z trzech mieszalników- osadników, w których następuje ekstrakcja cynku przez fosforan trójbutylowy. Cynk jest ekstrahowany łącznie z pewną ilością wolnego HCl i FeCl<sub>3</sub>

Związek organiczny zawierający cynk ulega ekstrakcji po przejściu przez trzy kontakty w przeciwnym kierunku do zużytego kwasu. W zależności od stężenia cynku możliwe jest stosowanie mniejszej lub większej ilości mieszalników. Organiczny roztwór ekstrakcyjny, który jest lżejszy od wody wypływa z osadnika przez odpowiednio ustawiony przelew do rozdzielonych faz: wodnej i nasyconej organicznej.

Wolny od cynku opadły na dno rafinat FeCl<sub>2</sub> odprowadzany jest z dna trzeciego mieszalnika (trzeci stopień ekstrakcji) i wprowadzany do koagulatora w celu usunięcia pozostałości substancji organicznej. Rafinat przepompowywany jest do zbiornika magazynującego znajdującego się w zakładzie. Zbiornik

ten może być zbiornikiem stałym lub przewodnym. Nasycona cynkiem faza organiczna wchodzi do sekcji składającej się z trzech dalszych mieszalników -osadników, w której następuje re-ekstrakcja. Tu styka się z dodawaną wodą i kondensatem z parownika. Następnie następuje wymywanie z roztworu ekstrakcyjnego śladów  $ZnCl_2$ ,  $FeCl_3$  i  $HCl$  zwracanego następnie do mieszalnika, w którym następuje ekstrakcja. Roztwór wodny (oddzielony) ponownie przechodzi przez koagulator, skąd jest przepompowywany do parownika.

Oddzielony roztwór wodny zawiera bardzo mało cynku i zazwyczaj nie nadaje się do dalszego wykorzystania. Z tego względu jest on zagęszczany do stężenia około 300g cynku na litr. W razie potrzeby można otrzymać każdą inną wielkość stężenia.

Odparowywanie odbywa się w ogrzewanym parą parowniku wykonanym z PVDF.

Stężenie cynku w wyjściowym roztworze zużytego kwasu ma mniejsze znaczenie dla procesu ekstrakcji. Idealnie byłoby, gdyby zawierał on około 30 g/l cynku. Im niższa jest zawartość cynku w zużytym kwasie, tym większy będzie musiał być jego przerób ze względu na wyższy stosunek fazy wodnej do organicznej. Jednak wyższa zawartość cynku na wejściu prowadzić będzie do wyższych kosztów przerobu.

Para przechodzi przez skraplacz chłodzony w obiegu zamkniętym wolną od soli wodą wodociągową. W ten sposób możliwy jest całkowity odzysk odparowanej wody i  $HCl$  w chłodni kominowej.

Kondensacja pary może być prowadzona dwustopniowo. Najpierw jest wychwytywana para z niską zawartością wolnego  $HCl$  (<5 g/l w całej objętości). Ta frakcja stanowi około 85 do 95% całego kondensatu. Wówczas następuje zmiana zbiornika i napełnianie go pozostałym kondensatem bogatym w kwas. Powinno być możliwe otrzymanie końcowego stężenia 15 - 18%, które jest odpowiednie do procesu trawienia. Kwas może być ponownie wykorzystany na miejscu w zakładzie. Ze względu na problemy techniczne selektywny odzysk  $HCl$  był niemożliwy w okresie opracowywania projektu.

Odparowanie może być prowadzone w sposób mniej lub bardziej ciągły. Odparowanie jest ukończone, gdy stężenie cynku w parowniku osiąga 300 g/l. Stężenie końcowe może ulegać wahaniom w zależności od wymagań klienta.

### **Korzyści dla środowiska**

- Zwiększona efektywność materiałowa.
- Zmniejszenie ilości kwasu wysyłanego do utylizacji.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Niektóre dane operacyjne przedstawiono na rysunku 6.28.

### **Efekty krzyżowe**

- Zwiększone zużycie chemikaliów.
- Zwiększone zużycie energii

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń dla stosowania tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Obniżenie kosztów dzięki zwiększonej wydajności materiałowej.

### **Przykładowe zakłady**

Zakład ekstrakcji cieczerw-cieczerwowej do odzysku kwasów zawierających cynk i żelazo jest

eksploatowany przez Norsk Hydro w Oberhausen w Niemczech.

Próby i badania przeprowadzono w mobilnej instalacji w Berliner Grossverzinker/Metaleurop. W międzyczasie mobilna jednostka została przekształcona w instalację stacjonarną. [28, DE, TWG member, 2000]

### **Bibliografia**

[28, DE, TWG member, 2000]

#### **6.4.2.6 Ograniczony zakres pracy otwartych kąpielii trawiących z kwasem solnym**

##### **Opis**

Kąpiele w kwasie solnym eksploatuje się ściśle w zakresie temperatury i stężenia HCl określonym następującymi warunkami:

- a)  $4\text{ }^{\circ}\text{C} < T < (80 - 4w)\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- b)  $2\text{ wt-}\% < w < (20 - T/4)\text{ wt-}\%$ ,

gdzie T oznacza temperaturę kwasu trawiącego wyrażoną w  $^{\circ}\text{C}$ , a w stężenie HCl wyrażone w wt-%. Temperaturę kąpielii mierzy się co najmniej raz dziennie. Stężenie HCl w kąpielii jest mierzone przy każdym uzupełnianiu świeżego kwasu, a w każdym razie co najmniej raz w tygodniu. W celu ograniczenia parowania ogranicza się do minimum ruch powietrza po powierzchni kąpielii (np. w wyniku wentylacji).

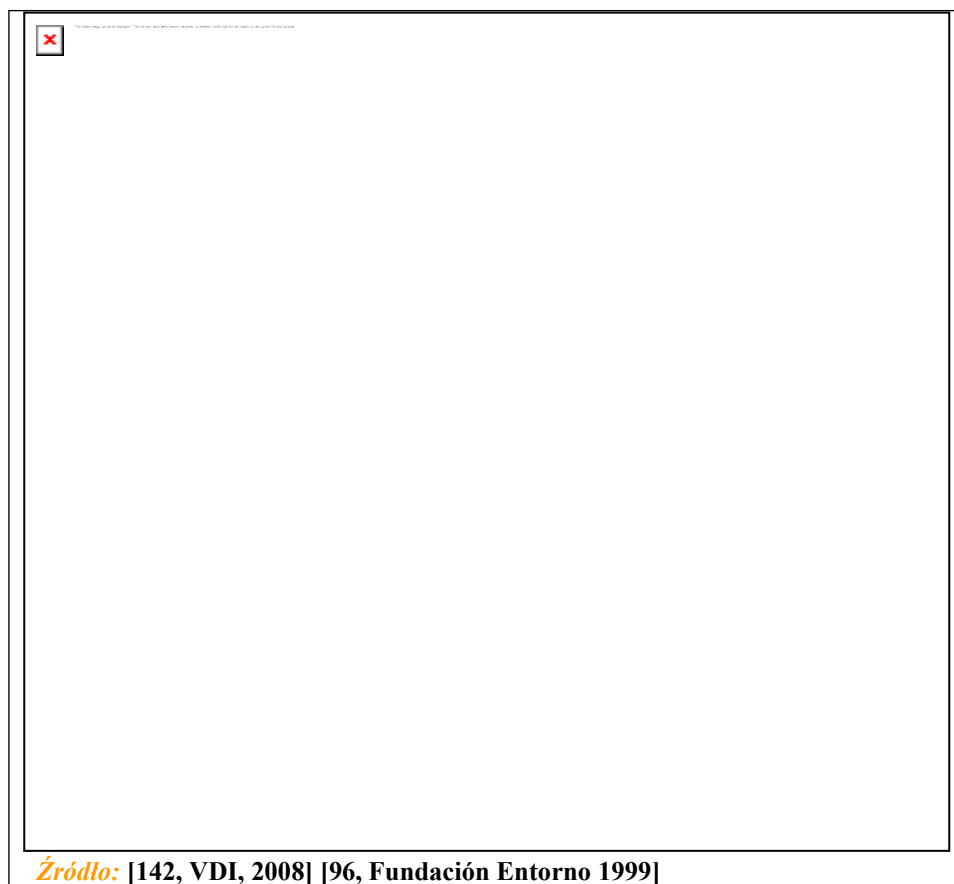
##### **Opis techniczny**

Emisja oparów kwasu do powietrza jest ograniczona poprzez utrzymywanie temperatury i stężenia kąpielii kwasowej w określonym zakresie. Dla każdego stężenia kwasu maksymalna dopuszczalna temperatura kąpielii i dla każdej temperatury kąpielii kwasowej maksymalne dopuszczalne stężenie kwasu są określone przez równowagę termodynamiczną i ciśnienie pary kwasu.

Zawartość chlorowodoru w fazie gazowej nad kąpielią trawiącą w kwasie solnym zależy w dużym stopniu od temperatury i stężenia kąpielii i jest określona przez równowagę termodynamiczną i ciśnienie pary kwasu.

Na rysunku 6.29 przedstawiono (uproszczoną) krzywą graniczną dla działania otwartych kąpielii trawiących HCl podaną w [142, VDI, 2008].<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Wytyczne kontroli emisji dla zakładów cynkowania na gorąco Związku Inżynierów Niemieckich, (Verein Deutscher Ingenieure)



Rysunek 6.29: Krzywa graniczna dla pracy otwartych kąpielii trawiących w HCl.

Podane w opisie równanie odpowiada zacienionemu obszarowi wykresu.

### **Korzyści dla środowiska**

Ograniczenie emisji kwasów do powietrza

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Emisje z kąpielii trawiących są - zgodnie z wytyczną VDI 2579 - uważane za mniejsze niż 10 mg/m<sup>3</sup>, gdy punkt roboczy (temperatura i stężenie HCl) kąpielii znajduje się w zacienionym obszarze tego wykresu. [142, VDI, 2008]

Dzięki ścisłej kontroli parametrów procesu (temperatura, stężenie) oraz zapewnieniu, że warunki eksploatacji kąpielii mieszczą się w podanych granicach, systemy ekstrakcji oparów i późniejsze techniki ograniczania emisji mogą stać się zbędne.

Nie przedstawiono informacji na temat praktyk monitorowania parametrów kąpielii kwasowej: temperatury i stężenia kwasu (tj. metod/norm pomiarowych, częstotliwości monitorowania), ani na temat działań naprawczych stosowanych w przypadku, gdy parametry kąpielii trawiącej znajdują się poza zakresem opisanym w opisie (zastrzeżenia a) i b)).

Podczas pracy wzrasta stężenie chlorku żelaza w kąpielach trawiących. Powoduje to zwiększenie efektu trawienia. Jednocześnie chlorek żelaza w kwasie solnym wpływa na ciśnienie pary kwasu w taki sam sposób, jak w przypadku zwiększenia stężenia kwasu: ciśnienie pary wzrasta. Porównując likier piklowy z 1% HCl i 6% żelaza w temperaturze 140 °F (60 °C) z prostym 10% roztworem kwasu, ciśnienie pary wzrasta pięciokrotnie. [69, Stone, 1997]

Tak więc, przy określaniu optymalnego zakresu pracy w odniesieniu do redukcji emisji, należy wziąć pod uwagę zawartość chlorku żelaza.

Kolejnym aspektem wpływającym na ilość emitowanych par kwasu jest natężenie przepływu powietrza nad wanną trawiącą. Zakładając całkowicie nieruchomą atmosferę nad wanną, odparowywanie kwasu uległoby zatrzymaniu po osiągnięciu równowagi, określonej przez ciśnienie pary. Mniej lub bardziej silny i stały przepływ powietrza nad wanną do wytrawiania zmiata opary kwasu i podtrzymuje proces odparowywania. Skutkiem tego jest nie tylko zwiększone zużycie kwasu, ale również wyższa emisja kwasu. Ruch powietrza oraz - w przypadku systemów odciągowych - szybkość odciągania powinny być utrzymywane na możliwie niskim poziomie.

### **Efekty krzyżowe**

Stężenie kwasu wybrane zgodnie z wytyczną VDI jest niższe niż typowo stosowane w przypadku trawienia walcówki. Skutkuje to następująco:

- Mniejsza konwersja kwasu z HCl do FeCl<sub>2</sub>, co wiąże się z większym zużyciem świeżego HCl. [20, Gielen, 2000].
- Ponowne wykorzystanie zużytego kwasu jako surowca wtórnego staje się bardzo trudne. Do ponownego wykorzystania do produkcji FeCl<sub>3</sub> wymagane jest minimalne stężenie 10 % Fe; tak wysokie stężenie Fe można osiągnąć tylko przy wysokiej konwersji HCl i przy wysokim stężeniu początkowym HCl. [20, Gielen, 2000].
- Wydłużony czas trawienia, co wiąże się z inwestycją w większą ilość i/lub większe zbiorniki do trawienia. Zwiększona powierzchnia kąpeli prowadzi do większego odparowania g/h HCl. [20, Gielen, 2000]

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Zasadniczo nie istnieją żadne ograniczenia techniczne dotyczące możliwości zastosowania tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Minimalizacja kosztów redukcji emisji.

### **Przykładowe zakłady**

Brak informacji.

### **Bibliografia**

[142, VDI, 2008] [69, Stone, 1997] [96, Fundación Entorno 1999][20, Gielen, 2000]

## **6.4.2.7 Ekstrakcja przez wyciąg boczny lub wyciąg szczękowy**

### **Opis**

Opary kwasów ze zbiorników do trawienia są odciągane za pomocą bocznych kapturew lub odciągu wargowego na krawędzi zbiorników do trawienia. Może to również obejmować emisje ze zbiorników odtłuszczania. Zebrane emisje są oczyszczane przez płuczkę mokrą, po której następuje demister (patrz punkt 8.8.4.3).

### **Opis techniczny**

W celu odprowadzenia emisji do powietrza z wytrawiania i/lub innych kąpeli procesowych, dostępnych jest wiele różnych konstrukcji i technik. Rysunek 8.46 przedstawia schematy systemów odciągów wargowych i bocznych w konwencjonalnych operacjach w otwartych zbiornikach trawiących.





Zródło: [120, Stone 1998]

Rysunek 6.30: Systemy odciągowe (wyciągi szczękowe i boczne) stosowane w otwartych zbiornikach trawiących

### Korzyści dla środowiska

Redukcja emisji pyłu, kwasów (HCl, HF, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) i SO<sub>2</sub>.

### Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

Wargowe wyciągi i wyciągi boczne są tak skonstruowane, że odciągają tylko emisje z otoczenia wanny trawiącej, dzięki czemu powstające strumienie objętości są znacznie mniejsze.

### Galwanizernia wsadowa (trawienie HCl)

W tabeli 6.5 zestawiono emisje HCl z instalacji do wytrawiania galwanicznego w trybie wsadowym ze zbioru danych FMP, wyposażonych w odciąg powietrza jak najbliżej źródła i instalacje redukcji emisji. W przypadku tych zakładów temperatura kąpeli kwasowej wynosiła od 11°C do 35°C, a natężenie przepływu spalin wynosiło od 30 Nm<sup>3</sup>/h do 210 200 Nm<sup>3</sup>/h.

Tabela 6.5: Stężenia emisji HCl z galwanizerni wsadowych wyposażonych w odciąg powietrza jak najbliżej źródła (odciąg wargowy i boczny kapturowy) oraz abatement (skruber)

Substancja	Stężenia zgłoszone w okresie 3 lat - (mg/Nm <sup>3</sup> )					Liczba zakładów / liczba pomiarów
	Średnia	Mediana	90. percentyl	Min.	Maks.	
HCl	1.6	0.6	3.1	0.004	11.3	16 / 49
Źródło: [150, FMP TWG 2018]						

### Efekty krzyżowe

Brak.

### Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania

Możliwość zastosowania w istniejących zakładach może być ograniczona przez brak miejsca.

### Aspekty ekonomiczne

Brak informacji.

### Cel wdrożenia

Prawodawstwo środowiskowe.

### Przykładowe zakłady

Cynkownie wsadowe: [75] [162] [166] [161] [84] [168] [226] [187] [191] [285] [167] [164] [71] [190] [189] [103]

### Bibliografia

[69, Stone, 1997]

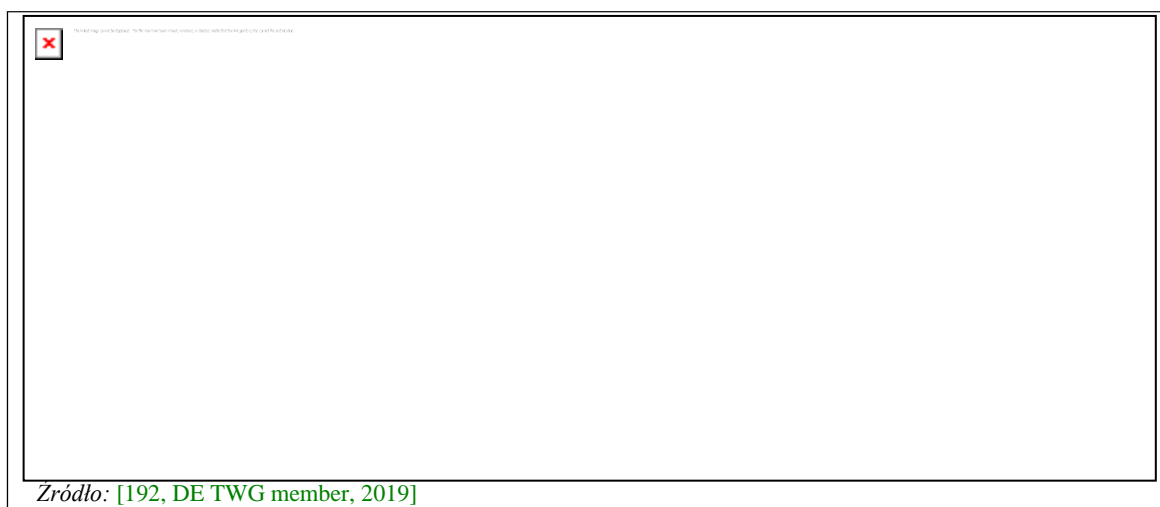
## 6.4.2.8 Zamknięta sekcja obróbki wstępnej z odciążeniem

### Opis

Cała sekcja obróbki wstępnej (np. odtłuszczanie, trawienie, topnikowanie) jest zamknięta, a opary są odprowadzane z obudowy.

### Opis techniczny

Cała sekcja obróbki wstępnej (odtłuszczanie, trawienie, topnikowanie) jest zamknięta (patrz Rysunek 6.31 poniżej).



Rysunek 6.31: Schemat zamkniętej sekcji obróbki wstępnej w cynkowaniu okresowym

Obudowa wykonana jest z paneli kwasoodpornych zamontowanych na podbudowie stalowej lub drewnianej. W celu zapewnienia przepływu materiału znajdują się zamykane śluzy powietrzne dostępu i wyjścia. Suwnice zazwyczaj biegną poza obszarem zamkniętym, a liny lub łańcuchy wchodzą przez szczelne otwory w suficie. Inną możliwością jest umieszczenie dźwigów wewnątrz obudowy. Operatorzy pozostają na zewnątrz zamkniętej części i obserwują proces przez okna.

Zbiorniki są połączone i otoczone kwasoodpornymi panelami podłogowymi, aby utrzymać chemikalia lub agresywne opary poza obszarem piwnicy lub podłogi. Dlatego też cała sekcja obróbki wstępnej

podzielona jest na górną, moką część emisyjną i suchą część podłogową.

Opary są stale odsysane przez kanał odciągowy i podawane do jednostki płuczącej na mokro w celu oczyszczenia. Woda z płuczki zawiera kwas solny, który jest ponownie wykorzystywany w procesie trawienia.

System odciągowy został zaprojektowany w taki sposób, aby wewnątrz obudowy wytworzyć atmosferę podciśnienia, co gwarantuje, że opary nie mogą się wydostać. Przepływ powietrza nawiewanego jest regulowany. Przepływ powietrza wylotowego zależy od rzeczywistych warunków ciśnienia różnicowego i jest sterowany przez wentylator wyciągowy z przemianą częstotliwości. Otwarte bramy transportowe powodują wzrost mocy wentylatora, a przy zamkniętych wszystkich bramach następuje zmniejszenie mocy wentylatora i przepływu powietrza. [192, DE TWG member, 2019]

### Korzyści dla środowiska

- Znacznie zmniejszona emisja kwasu solnego do środowiska.
- Ochrona zasobów - cała instalacja BG jest chroniona przed korozją przez atak kwasu.
- Ponowne wykorzystanie HCl w wodzie do szorowania, a tym samym oszczędność zasobów poprzez zmniejszenie wkładu świeżego HCl [192, członek DE TWG, 2019].

### Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

W sumie 23 zakłady BG w zbiorze danych FMP zgłosiły wykorzystanie zamkniętej sekcji obróbki wstępnej z abatementem. W tabeli 6.6 zestawiono emisje HCl uzyskane w tych zakładach w okresie 3 lat uwzględnionych w zbiorze danych FMP. W tych zakładach temperatura kąpieli kwasowej wynosiła zazwyczaj od 10°C do 30°C, a natężenie przepływu spalin wahało się od 1 298 Nm<sup>3</sup>/h do 70 000 Nm<sup>3</sup>/h.

Tabela 6.6: Emisje HCl z galwanizerni wsadowych wyposażonych w zamkniętą sekcję obróbki wstępnej i redukcji (płuczka mokra)

Substancja	Stężenia zgłoszone w okresie 3 lat - (mg/Nm <sup>3</sup> )					Liczba zakładów / liczba pomiarów
	Średnia	Mediana	90. percentyl	Min.	Max.	
HCl	3.2	1.2	8.0	0.5	8.9	23 / 35

Źródło: [150, FMP TWG 2018]

### Efekty krzyżowe

Nakłady energetyczne dla systemu ekstrakcji. [192, DE TWG member, 2019]

### Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania

Dotyczy tylko nowych zakładów i dużych modernizacji zakładów.

### Aspekty ekonomiczne

Koszty mogą się różnić w zależności od konkretnych warunków panujących w zakładzie. [192, DE TWG member, 2019]

### Cel wdrożenia

- Prawodawstwo środowiskowe.
- Zmniejszona ekspozycja operatorów na opary kwasów w miejscu pracy.
- Mniejsze koszty konserwacji. [192, DE TWG member, 2019]

### Przykładowe zakłady

**Ze zbioru danych FMP:**

[224] [51] [296] [7] [2] [186] [185] [51] [53] [5] [185] [61] [284] [262] [52] [295] [169] [6] [1] [4] [184] [63] [3]

W Europie i na świecie istnieje szereg zakładów (nowych lub istniejących po doposażeniu), które wyposażone są w obudowane sekcje oczyszczania wstępnego z redukcją zanieczyszczeń. Zakłady te przedstawiono w tabeli 6.7.

Tabela 6.7: Wytrawialnie BG (nowe lub istniejące po doposażeniu) wyposażone w zamkniętą instalację do obróbki wstępnej i oczyszczania.

Firma	Doposażeni e istniejące go zakładu	Nowy zakład
Seppeler Gruppe Feuerverzinkung Bremen	x	
Seppeler Gruppe Feuerverzinkung Osnabrück	x	
Seppeler Gruppe Feuerverzinkung Lennestadt	x	
Wiegel Zebrak Zarove Zinkovani s. r.o.	x	
Wiegel Velke Mezirici Zarove Zinkovani s.r.o.		x
Wiegel Kittlitz Feuerverzinken GmbH	x	
Wiegel Lauchhammer Feuerverzinken GmbH	x	
Wiegel Grüna Feuerverzinken GmbH		x
Wiegel Jena Feuerverzinken GmbH		x
Wiegel Neuwied Feuerverzinken GmbH & Co KG		x
Wiegel Großostheim Feuerverzinken GmbH	x	
Wiegel Höchstadt Feuerverzinken GmbH & Co KG		x
Wiegel Plankstadt Feuerverzinken GmbH & Co KG		x
Wiegel Trusetal Feuerverzinken GmbH		x
Wiegel Ichtershausen Feuerverzinken GmbH	x	
Wiegel Denkendorf Feuerverzinken GmbH		x
Wiegel Bodelshausen Feuerverzinken GmbH	x	
Wiegel Aitrach Feuerverzinken GmbH		x
Wiegel Feldkirch Feuerverzinken GmbH	x	
Wiegel Rheinau Feuerverzinken GmbH & Co KG		x
Wiegel Essenbach Feuerzinken GmbH		x
Wiegel Bopfingen Feuerverzinken GmbH	x	
Wiegel Günzburg Feuerverzinken GmbH & Co KG		x
Wiegel Sered		x
Wiegel CZ zarove zinkovani s.r.o. Werk Hradec Kralove	x	
Wiegel Pravcice zarove zinkovani		x
Zinkpower Vorchdorf, AT		x
Zinkpower Sinabelkirchen, AT		x
Zinkpower Hamburg, DE		x
Zinkpower Berlin, DE		x
Zinkpower Lahr, DE	x	
Zinkpower Meckenheim, DE		x
Zinkpower Neumünster, DE	x	
Zinkpower Radebeul, DE	x	
Zinkpower Rostock, DE		x
Zinkpower Schönberg, DE		x
Zinkpower Schörg, DE		x
Zinkpower Krieger, DE		x
Zinkpower Ostrava, CZ		x
Zinkpower Roudnice, CZ		x
Zinkpower Promptus, CZ		x
Zinkpower Malacky, SK		x
Zinkpower Martin, SK		x
Zinkpower Moson, HU		x
Zinkpower Buk, PL		x

Zinkpower Wielkopolska, PL		x
Zinkpower Wschod, PL		x
Zinkpower Monterrey, MEX		x
Zinkpower Sao Paulo, BR		x
Zinkpower Middle East, ARE		x
Zinkpower Austrindo, IDN		x
Zródło: [192, DE TWG member, 2019]		

## **Bibliografia**

[192, DE TWG member, 2019]

### **6.4.3 Płukanie**

Zob. informacje w sekcjach 8.6.3.1 oraz 8.7.6.

### **6.4.4 Topnikowanie**

Zob. informacje w sekcjach 8.6.3.2, 8.6.3.3 oraz 8.6.3.4.

### **6.4.5 Cynkowanie ogniowe**

#### **6.4.5.1 Optymalizacja czasu zanurzenia**

##### **Opis**

Czas zanurzenia jest ograniczony do czasu wymaganego do osiągnięcia specyfikacji grubości powłoki.

##### **Opis techniczny**

Brak informacji.

##### **Korzyści dla środowiska**

Zwiększona efektywność materiałowa.

##### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

##### **Efekty krzyżowe**

Brak.

##### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń dla stosowania tej techniki.

##### **Aspekty ekonomiczne**

Oszczędności wynikają z mniejszego zużycia cynku.

##### **Cel wdrożenia**

Obniżenie kosztów dzięki zwiększonej wydajności materiałowej.

##### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowane.

## **Bibliografia**

Nie przedstawiono literatury źródłowej.

#### 6.4.5.2 Powolne wyjmowanie elementów z kąpeli

##### Opis

Dzięki powolnemu wyjmowaniu ocynkowanych detali z kotła galwanizacyjnego poprawia się odpływ wody.

##### Opis techniczny

Brak informacji.

##### Korzyści dla środowiska

Zwiększona efektywność materiałowa.

##### Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

Brak informacji.

##### Efekty krzyżowe

Brak.

##### Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń dla stosowania tej techniki.

##### Aspekty ekonomiczne

Oszczędności wynikają z mniejszego zużycia cynku.

##### Cel wdrożenia

Obniżenie kosztów dzięki zwiększonej wydajności materiałowej.

##### Przykładowe zakłady

1, 2, 4, 5, 6, 7, 54, 61, 62, 63, 64, 72, 74, 75, 76, 85, 103, 224, 226, 234, 235, 259, 260, 261, 262, 277, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 292, 293, 294 [150, FMP TWG 2018]

##### Bibliografia

[150, FMP TWG 2018]

#### 6.4.5.3 Zmodyfikowany roztwór topnika w celu zwiększenia zawartości aluminium w kąpeli

##### Opis

Za pomocą zmodyfikowanego roztworu topnika można zwiększyć zawartość aluminium w kąpeli cynkowej do 0,03-0,05 wt-%. Zapewnia to jaśniejsze wykończenie powierzchni, a powłoka zmniejsza reaktywność stali reaktywnych wykazujących wysoką zawartość krzemu i/lub fosforu. [191, IT 18-4-17, 2017]

##### Opis techniczny

Większość galwanizerni dodaje aluminium do stopionej kąpeli cynkowej na poziomie 0,002-0,006 wt-% w celu uzyskania lepszej płynności i jaśniejszego wyglądu ocynkowanej powłoki. Ponadto dodatek aluminium pozwala lepiej kontrolować grubość powłoki, gdyż zmniejsza reaktywność tzw. stali reaktywnych (tj. stali o wysokiej zawartości krzemu i/lub fosforu). [191, IT 18-4-17, 2017]

Ilość aluminium, które można dodać do kąpeli jest jednak ograniczona, ponieważ aluminium może reagować z chlorkiem cynkowo-amonowym z roztworu topnika, powodując wady takie jak gołe/czarne plamy w powłokach. [AGA 30-9-2015]

Za pomocą zmodyfikowanego (opatentowanego) składu roztworu topnika możliwe jest zwiększenie zawartości aluminium w kąpeli do 0,03-0,05 wt-%. Zwiększa to płynność kąpeli cynkowej i co

ważniejsze zmniejsza szybkość reakcji cynk-żelazo, szczególnie w przypadku tzw. stali reaktywnych. W konsekwencji prowadzi to do zmniejszenia zużycia cynku. [191, IT 18-4-17, 2017]

#### **Korzyści dla środowiska**

Zwiększona efektywność materiałowa.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Zgłoszone dane dotyczące wydajności wskazują, że dodatki aluminium do 0,03 wt-% mogą zmniejszyć grubość powłoki na tak zwanej stali hipersandałowej (tj. stali o wysokiej zawartości krzemu) o około 20%, ale nie powodują żadnego zmniejszenia grubości na stali hipo-sandałowej (tj. stali o niskiej zawartości krzemu), gdzie zmniejszenie nie byłoby pożądane. W przypadku dodania 0,05 wt-% niklu (pierwiastka częściej stosowanego do kontroli reaktywności stali reaktywnych) odnotowano, że uzyskana redukcja grubości wynosi tylko 5 %. [191, IT 18-4-17, 2017]

#### **Efekty krzyżowe**

Zużywa się dodatkowo trochę aluminium ze względu na jego większą zawartość w kąpielu.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Brak informacji.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Oszczędności wynikają z mniejszego zużycia cynku.

#### **Cel wdrożenia**

Obniżenie kosztów dzięki zwiększonej wydajności materiałowej.

#### **Przykładowe zakłady**

W wielu zakładach BG odnotowano stosowanie dodatków Al w celu kontroli reaktywności stali: 1, 2, 4, 5, 6, 7, 54, 61, 62, 63, 64, 72, 74, 75, 76, 85, 103, 185, 188, 224, 226, 234, 235, 236, 259, 260, 261, 262, 277, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 292, 293, 294. [150, FMP TWG 2018]

Nie wiadomo jednak, czy którykolwiek z tych zakładów stosuje konkretną technikę opisaną w tym rozdziale. W istocie technika ta jest wysoce specjalistyczna i stosowana jest na ogół w bardzo niewielu zakładach BG.

#### **Bibliografia**

[150, FMP TWG 2018], [191, IT 18-4-17, 2017]

### **6.4.5.4 Odzysk i wykorzystanie cząstek zawierających cynk z wydmuchiwania pary (wykańczanie rur)**

#### **Opis**

Odzyskuje się cząstki zawierające cynk z wydmuchiwania nadmiaru cynku z ocynkowanych rur. Są one ponownie wykorzystywane w kotle galwanizacyjnym lub przekazywane do odzysku cynku.

#### **Opis techniczny**

Cząstki zawierające cynk pochodzące z wydmuchiwania pary z rur ocynkowanych są zbierane. Mogą one zostać zwrócone do kotła galwanizacyjnego. Alternatywnie, cząstki te mogą być wykorzystane w przemyśle cynku wtórnego.

#### **Korzyści dla środowiska**

- Zwiększona efektywność materiałowa.
- Zmniejszenie ilości odpadów wysyłanych do utylizacji.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń dla stosowania tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Oszczędności wynikają z ponownego wykorzystania cząstek zawierających cynk w kotle galwanizacyjnym lub ze sprzedaży ich do przemysłu cynku wtórnego.

#### **Cel wdrożenia**

Obniżenie kosztów dzięki zwiększonej wydajności materiałowej.

#### **Przykładowe zakłady**

Brak informacji.

#### **Bibliografia**

Nie przedstawiono literatury źródłowej.

### **6.4.6 Emisja do wody**

#### **6.4.6.1 Odprowadzanie ścieków przy cynkowaniu partiami**

##### **Opis**

W procesie cynkowania partiami nie są odprowadzane żadne ścieki.

##### **Opis techniczny**

Powstają tylko płynne pozostałości (np. zużyty kwas trawiący, zużyte roztwory odtłuszczające i zużyte roztwory topników). Pozostałości te są zbierane. Są one odpowiednio przetwarzane w celu recyklingu lub odzysku i/lub przekazywane do unieszkodliwienia (patrz sekcja 8.6.5 i sekcje 6.4.2.3 do 6.4.2.5).

### **6.6 Nowe się techniki cynkowania partiami**

Nie zgłoszono żadnych technik.



## 7. OBECNE POZIOMY ZUŻYCIA I EMISJI DLA PROCESÓW WSPÓLNYCH DLA WIĘCEJ NIŻ JEDNEGO SEKTORA

### 7.1 Odzyskiwanie kwasu

Wszystkie wykresy i dane liczbowe dotyczące emisji do powietrza z odzysku kwasu składają się z trzech części. W górnej części przedstawiono maksymalne stężenia emisji dla każdego z trzech lat sprawozdawczych oraz średnią wartość uzyskaną w okresie sprawozdawczym. Poniżej osi x, w środkowej części wykresu, zamieszczono informacje kontekstowe, takie jak rodzaj techniki odzyskiwania kwasu, rodzaj stosowanego kwasu, zgłoszona zmierzona wartość O<sub>2</sub> odpowiadająca maksymalnemu stężeniu w ciągu trzech lat sprawozdawczych oraz zastosowane kandydatury BAT. Wreszcie w dolnej części wykresu przedstawiono wartości przepływu masy, odpowiadające maksymalnemu stężeniu uzyskanemu w okresie sprawozdawczym lub średniemu przepływowi masy w ciągu trzech lat sprawozdawczych. Wszystkie liczby są posortowane w porządku rosnącym maksymalnych wartości stężenia dla trzech lat operacyjnych.

#### 7.1.1 Emisje do powietrza

Przeważająca większość zakładów walcowania na zimno zgłosiła w zbiorze danych FMP, że operacje odzyskiwania kwasu były przeprowadzane na miejscu. W sumie 44 linie walcowania na zimno (39 zakładów) zgłosiły dane podczas wymiany informacji. Spośród 39 zakładów tylko 7 zakładów (w tym 4 zakłady w Niemczech i 3 zakłady w Szwecji - 8 linii) zgłosiło, że odzysk kwasu prowadzony był poza zakładem. W przypadku tych zakładów obowiązkiem operatora zakładu jest zapewnienie, że pozostałości kwasowe są wysyłane do odpowiedniego odzysku do strony trzeciej.

##### Emisje pyłu

Zgłoszone dane dotyczące emisji pyłu do powietrza z odzysku kwasu przedstawiono na rys. 7.1 do rys. 7.5 (wartości podano jako zmierzone, bez przeliczania na referencyjne stężenie tlenu). Rysunek obejmuje 5 punktów emisji z zakładów walcowania na gorąco i 21 punktów emisji z zakładów walcowania na zimno. Stężenia emisji wynoszą od 1,0 mg/Nm<sup>3</sup> do 137 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 3,7 g/h do 1 047 g/h.

##### Emisje HCl

Zgłoszone dane dotyczące emisji HCl do powietrza z odzysku kwasu przedstawiono na rysunku 7.1 do rysunku 7.5 (wartości podano jako zmierzone, bez przeliczania na referencyjne stężenie tlenu). Rysunek obejmuje 5 punktów emisji z zakładów walcowania na gorąco i 17 punktów emisji z zakładów walcowania na zimno. Stężenia emisji wynoszą od 0,6 mg/Nm<sup>3</sup> do 226 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 12,3 g/h do 1 450 g/h.

##### Emisje SO<sub>x</sub>

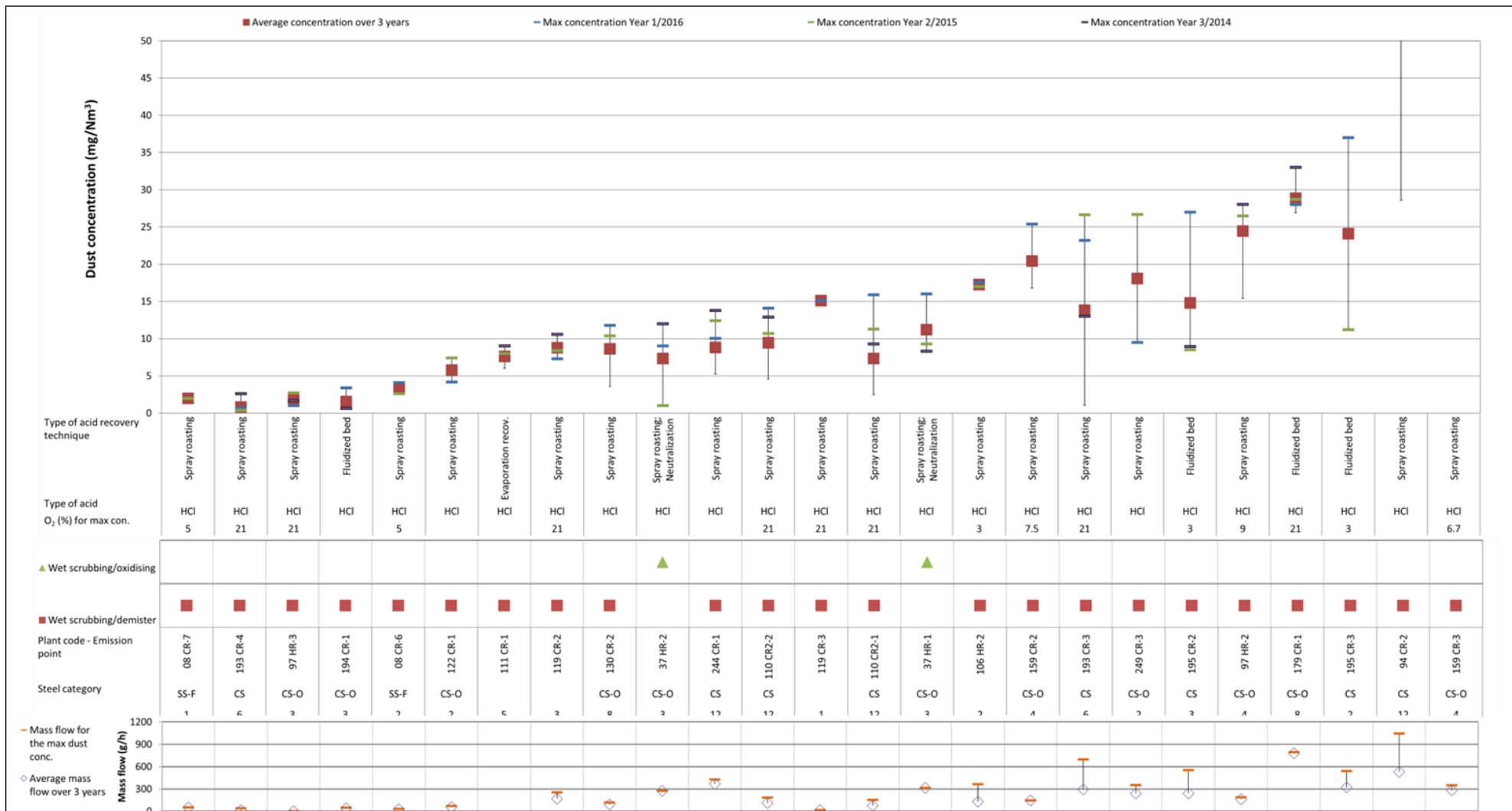
Zgłoszone dane dotyczące emisji SO<sub>x</sub> do powietrza z odzysku kwasu przedstawiono na rysunku 7.1 do rysunku 7.5 (wartości podano w postaci zgłoszonej, bez przeliczania na referencyjne stężenie tlenu). Rysunek obejmuje 2 punkty emisji z zakładów walcowania na gorąco i 9 punktów emisji z zakładów walcowania na zimno. Stężenia emisji wynoszą od 0,4 mg/Nm<sup>3</sup> do 34,9 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 1,0 g/h do 447 g/h.

##### Emisje NO<sub>x</sub>

Zgłoszone dane dotyczące emisji NO<sub>x</sub> do powietrza z odzysku kwasu przedstawiono na rysunku 7.1 do rysunku 7.5 (wartości podano jako zmierzone, bez przeliczania na referencyjne stężenie tlenu) Rysunek obejmuje 3 punkty emisji z zakładów walcowania na gorąco (HR w kodzie zakładu) i 18 punktów emisji z zakładów walcowania na zimno (CR w kodzie zakładu). Stężenia wahają się od 0,6 mg/Nm<sup>3</sup> do 230 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki od 0,6 g/h do 15 300 g/h.

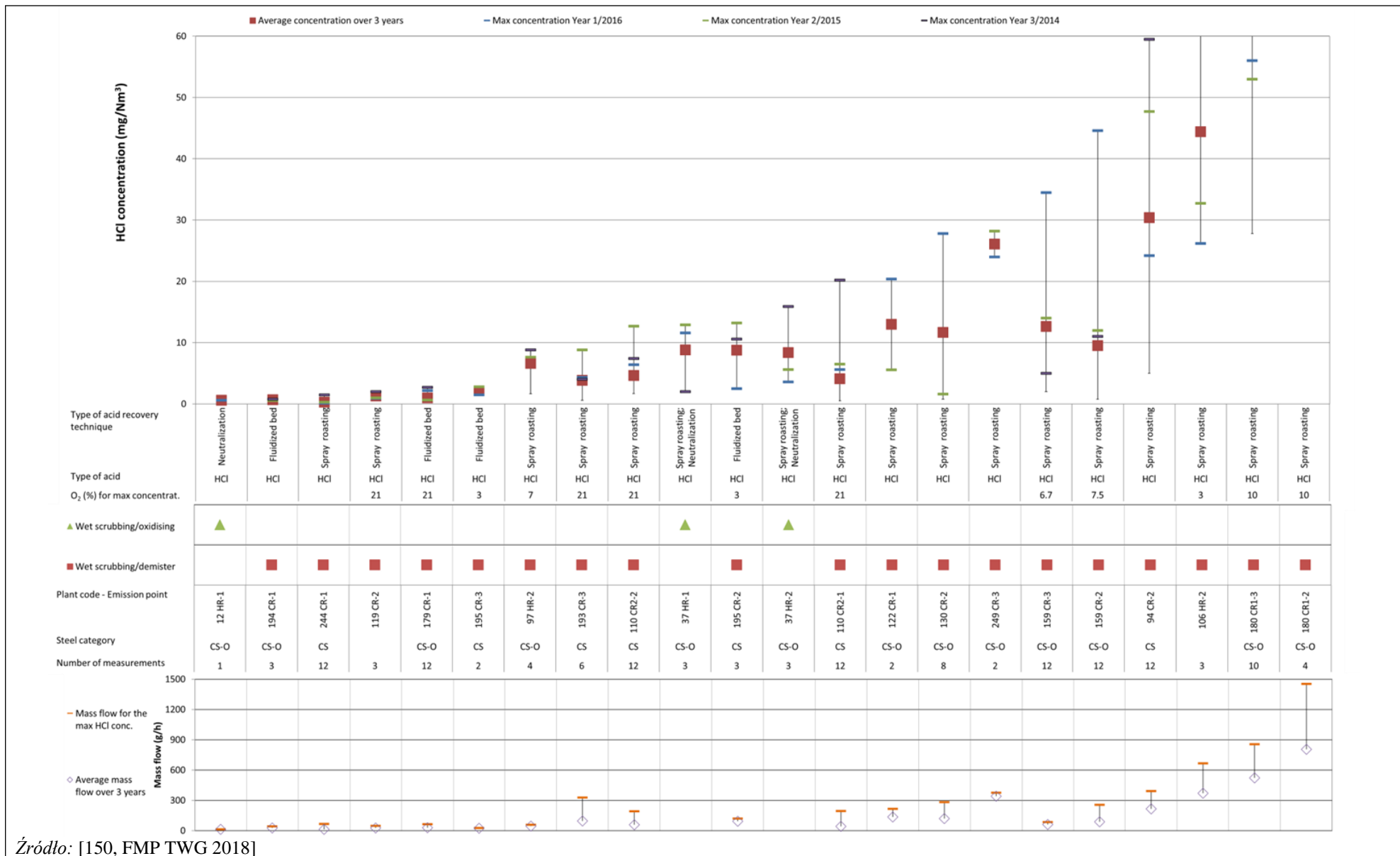
##### Emisje HF

Zgłoszone dane dotyczące emisji HF do powietrza z odzysku kwasu przedstawiono na rysunku 7.1 do rysunku 7.5 (wartości podano jako zmierzone, bez przeliczania na referencyjne stężenie tlenu). Rysunek obejmuje 1 punkt emisji z zakładu walcowania na gorąco i 2 punkty emisji z zakładów walcowania na zimno. Stężenia emisji wynoszą od 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> do 0,4 mg/Nm<sup>3</sup>, a ładunki emisji od 0,3 g/h do 4,0 g/h.



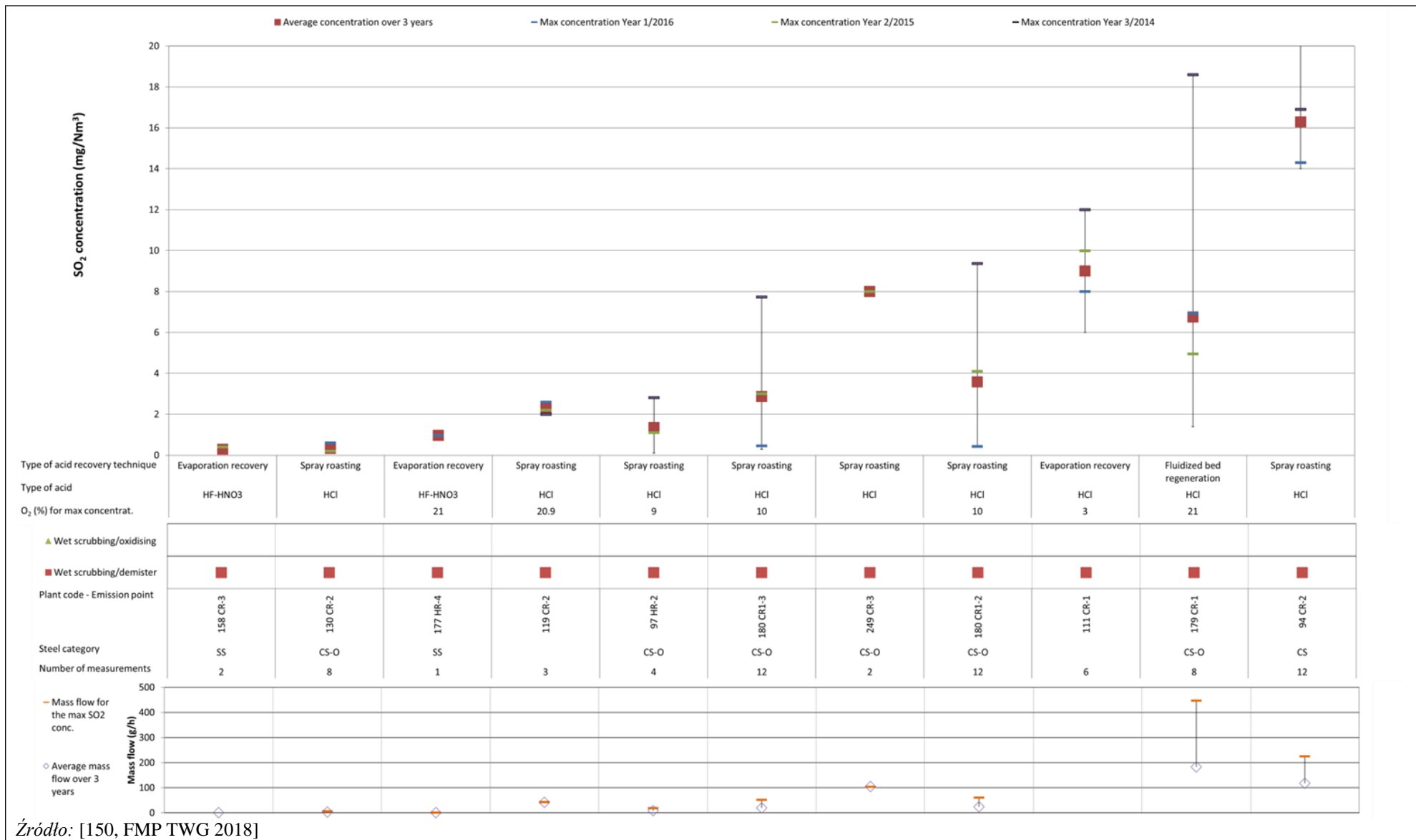
Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 7.1: Emisje pyłu z odzysku kwasu (w mg/Nm3)



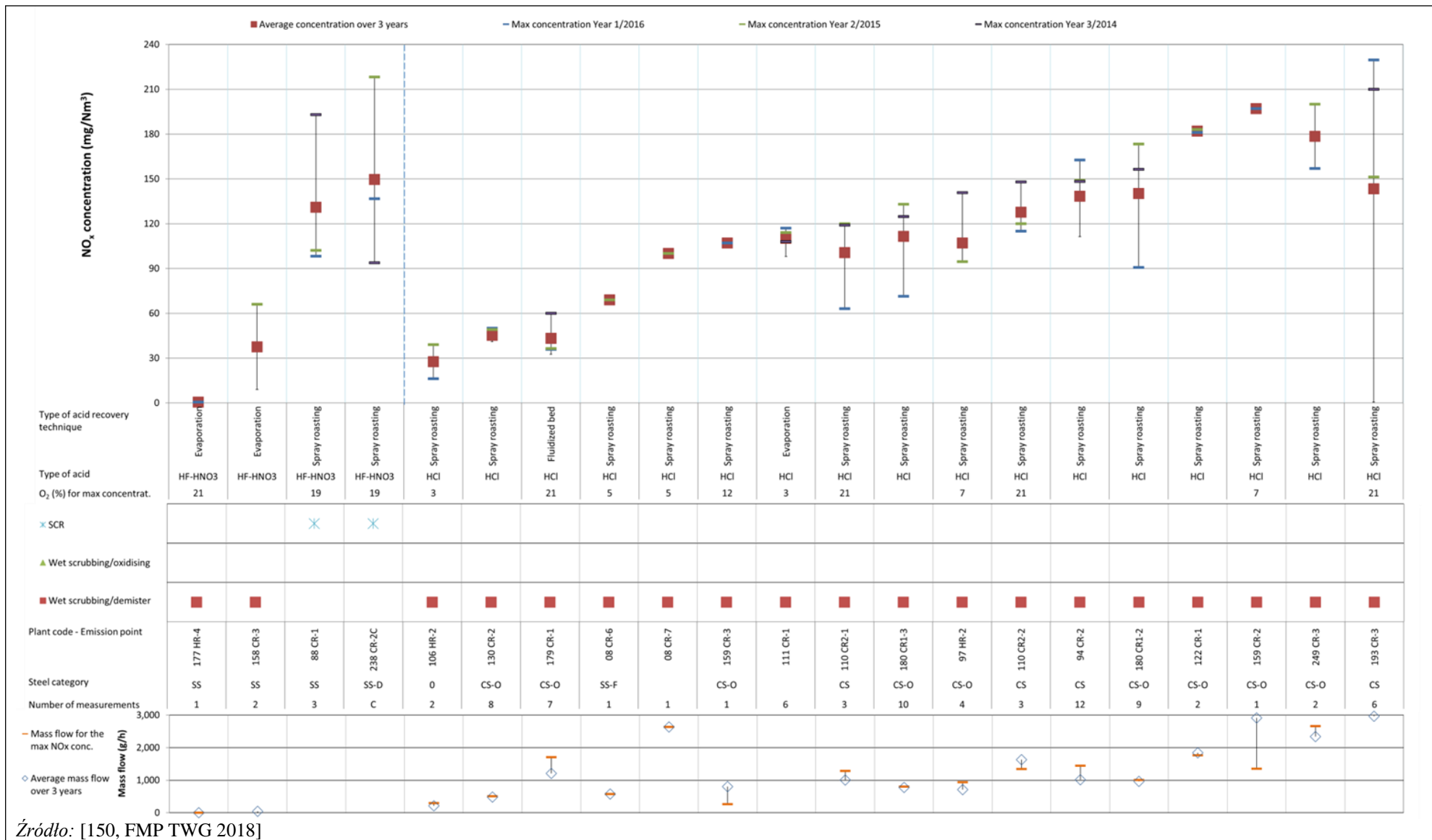
Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 7.2: Emisje HCl z odzysku kwasu (w mg/Nm<sup>3</sup>)

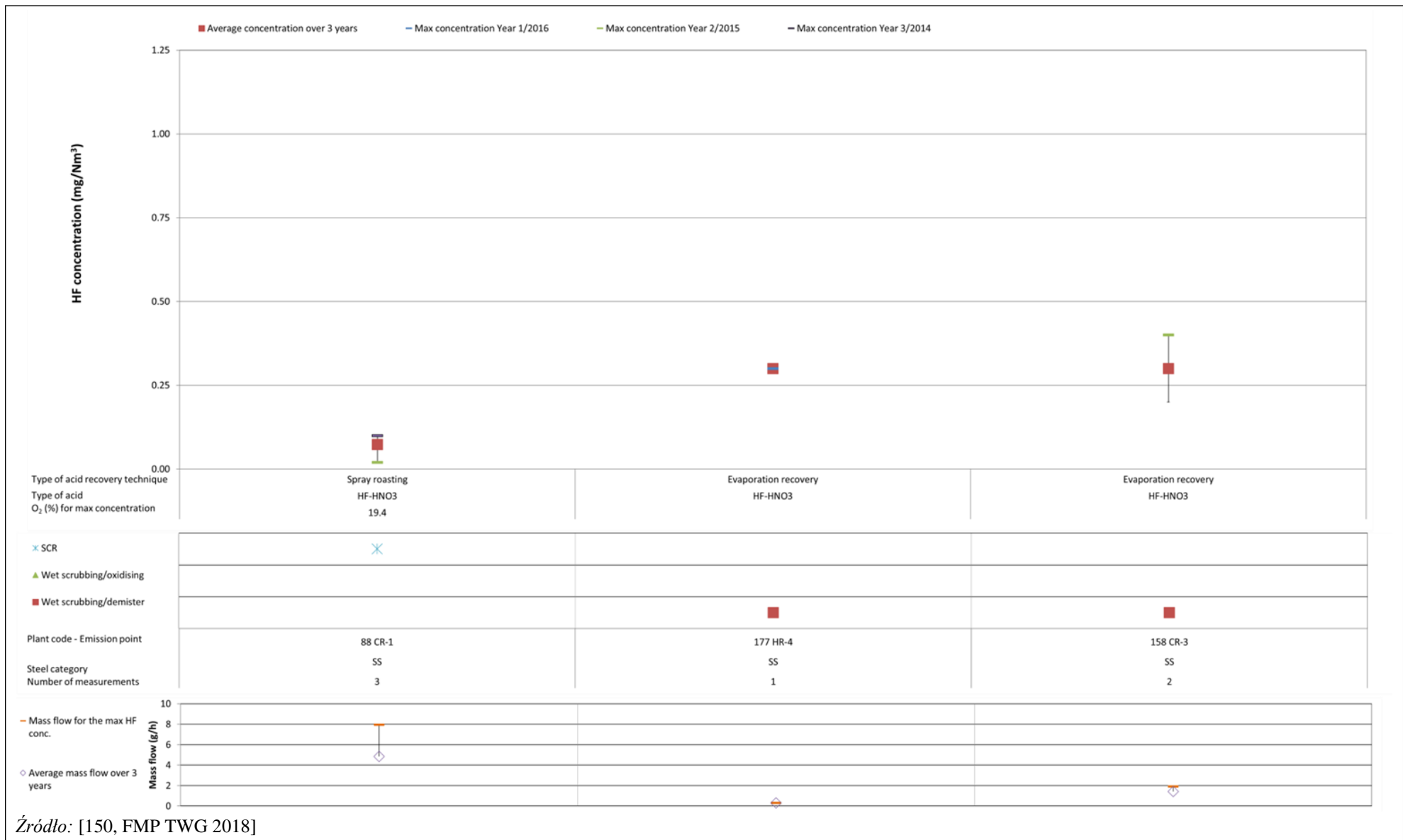


Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 7.3: Emisje SO<sub>2</sub> z odzysku kwasu (w mg/Nm<sup>3</sup>)



Rysunek 7.4: Emisje NO<sub>x</sub> z odzysku kwasu (w mg/Nm<sup>3</sup>)



Rysunek 7.5: Emisje HF z odzysku kwasu (w mg/Nm<sup>3</sup>)

## **7.2 Oczyszczanie ścieków pochodzących z więcej niż jednego sektora**

### **7.2.1 Emisje do wody**

Ten rozdział zawiera informacje na temat emisji do wody z oczyszczalni przetwarzających ścieki pochodzące z jednego sektora FMP lub pochodzące z więcej niż jednego sektora FMP (wspólne oczyszczalnie ścieków). Inne strumienie z sektorów innych niż FMP mogą być oczyszczane razem, ale w tym dokumencie uwzględniono to tylko wtedy, gdy ponad 50% strumieni objętości pochodzi z procesów FMP.

Dane liczbowe dotyczące emisji do wody składają się z trzech części. W górnej części przedstawiono maksymalne stężenie z każdego z trzech lat sprawozdawczych oraz średnią wartość uzyskaną w okresie sprawozdawczym. Poniżej osi x zamieszczono takie informacje jak punkt uwolnienia, sektor FMP oraz liczbę zgłoszonych pomiarów. W przypadku, gdy zrzut ścieków zawierał inne ścieki z sektorów innych niż FMP, jest to również zaznaczone na wykresie. Dla punktów zrzutu należących do sektora FMP, podaje się kategorię stali. Dla punktów zrzutu należących do CWWTP, punkty zrzutu z mniej niż 50% udziałem sektora FMP nie były brane pod uwagę. Na poniższym wykresie przedstawiono również średnie wartości przepływu masy, zarówno dla maksymalnego stężenia uzyskanego w okresie sprawozdawczym, jak i średnią dla roku, w którym uzyskano maksymalne stężenie. Dolna część wykresu zawiera informacje o zastosowanych kandydatach na BAT. Wszystkie dane są posortowane w kolejności rosnącej wartości maksymalnego stężenia dla trzech lat eksploatacji.



Tabela 7.1: Bezpośrednie emisje do wody z zakładów walcowania na gorąco (HR), walcowania na zimno (CR), ciągnięcia drutu (WD), powlekania na gorąco (HDC) oraz ze wspólnych oczyszczalni ścieków

		HR		CR		WD		HDC		CWWTP	
Substancja/Parametr		Liczba punktów w emisji	Zakres stężeń (mg/l) <sup>1</sup>	Liczba punktów emisji	Zakres stężeń (mg/l) <sup>1</sup>	Liczba punktów emisji	Zakres stężeń (mg/l) <sup>1</sup>	Liczba punktów emisji	Zakres stężeń (mg/l) <sup>1</sup>	Liczba punktów emisji	Zakres stężeń (mg/l) <sup>1</sup>
Zawieszone cząstki stałe ogółem (TSS)		29	2.3-200	1 2	2.3-27.4	3	6.0-14.7	4	2.2-15.4	8	1.3-51.5
Całkowity węgiel organiczny (TOC)		11	1.6-8.9	2	8.3-9.9	NI	NI	1	0.04	2	7.3-8.5
Chemiczne zapotrzebowanie na tlen (ChZT)		28	4.7-130	1 0	11.7-178	NI	NI	7	11.7-117	1 2	8.9-194
Wskaźnik oleju węglowodorowego (HOI)		18	0.1-2.7	8	0.09-11.6	NI	NI	1	0.5	5	0.1-3.3
Metale	Cd	25	0.1-15 µg/l	5	0.2-5 µg/l	NI	NI	2	0.3-5 µg/l	8	0.1-10 µg/l
	Cr	40	0.002-0.15	1 6	0.002-0.10	NI	NI	8	0.002-0.07	1 3	0.001-1.4
	Cr(VI)	10	2.8-50 µg/l	9	1.0-86.7 µg/l	1	0.01 µg/l	6	1.0-24.2 µg/l	7	5.7-358 µg/l
	Fe	38	0.01-9.9	1 8	0.01-43.6	NI	NI	10	0.1-2.2	1 2	0.1-6.7
	Hg	16	0.01-10 µg/l	3	0.07-0.3 µg/l	NI	NI	2	0.1-0.7 µg/l	3	1.0-1.5 µg/l
	Ni	41	0.01-1.1	1 5	0.004-0.2	NI	NI	6	0.004-0.02	1 3	0.001-0.4
	Pb	29	0.1-42.7 µg/l	7	0.2-8.7 µg/l	2	1.0-5.7 µg/l	3	3.5-10.0 µg/l	1 3	0.6-67.2 µg/l
	Sn	NI	NI	NI	NI	NI	NI	1	0.0001	3	0.07-0.1
	Zn	4	0.02-0.2	1	0.02	NI	NI	NI	NI	NI	NI
Fosfor całkowity (P)		18	0.06-3.0	NI	NI	NI	NI	NI	NI	1 1	0.03-5.7
Fluorki (F <sup>-</sup> )		9	0.1-26.7	3	4.3-8.6	NI	NI	NI	NI	6	0.5-8.0

<sup>1</sup>Z wyjątkiem przypadków, gdy określono, że stężenie jest wyrażone w µg/l.  
Źródło: [150, FMP TWG 2018]

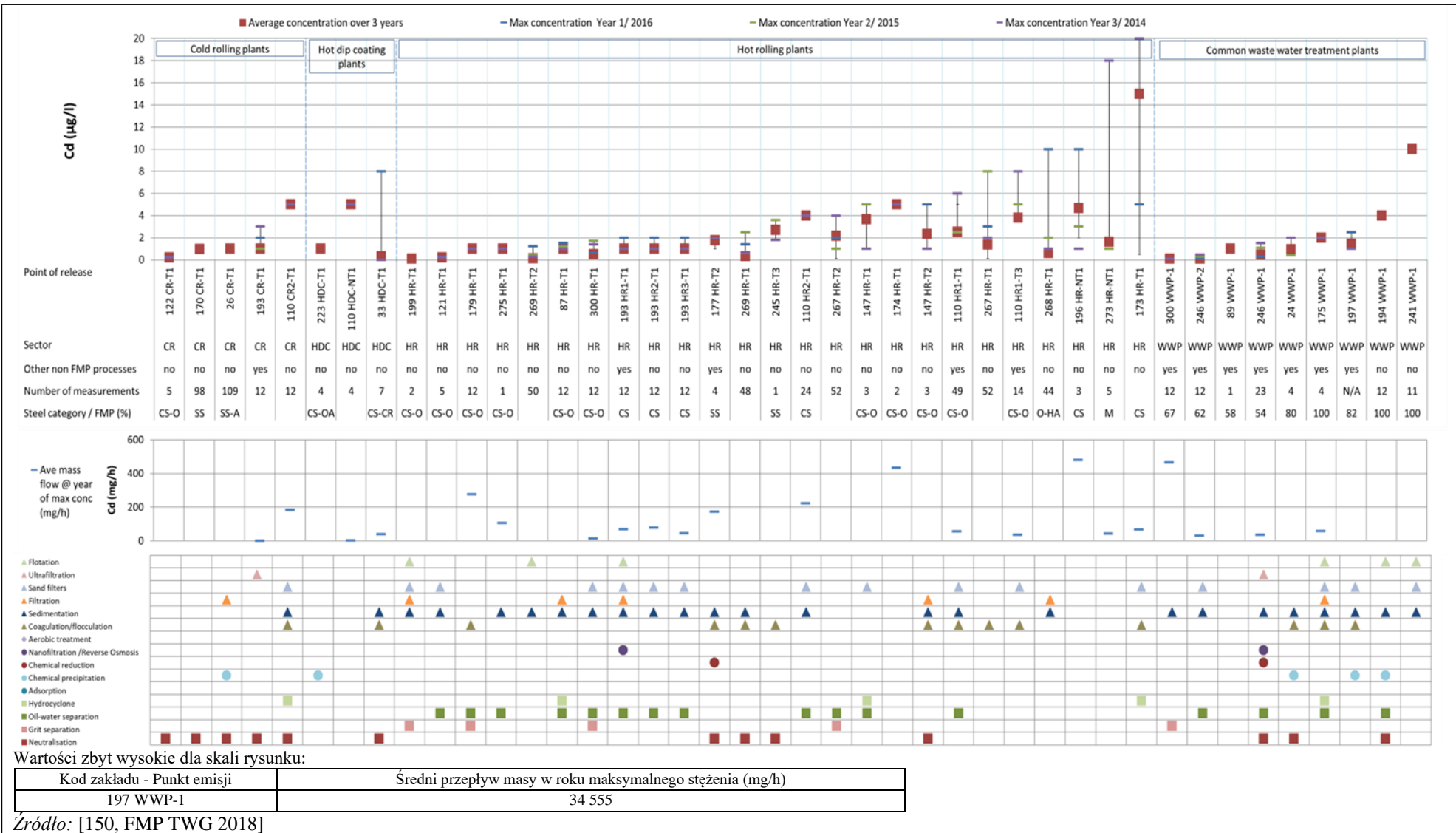
Tabela 7.2: Pośrednie emisje do wody z zakładów walcowania na gorąco (HR), walcowania na zimno (CR), ciągnięcia drutu (WD), powlekania na gorąco (HDC) oraz ze wspólnych oczyszczalni ścieków

Substancja/Parametr	H R		C R		W D		H D C		CWWTP		
	Liczb a punkt ów emisji	Zakres stężeń (mg/l) <sup>1</sup>	Liczb a punkt ów emisji	Zakres stężeń (mg/l) <sup>1</sup>	Liczb a punkt ów emisji	Zakres stężeń (mg/l) <sup>1</sup>	Liczba punktó w emisji	Zakres stężeń (mg/l) <sup>1</sup>	Liczb a punkt ów emisji	Zakres stężeń (mg/l) <sup>1</sup>	
Zawieszone cząstki stałe ogółem (TSS)	13	8.0-374	7	4.0-437	1	3.0-62	6	7.0-79	4	27.0-88	
Całkowity węgiel organiczny (TOC)	7	3.1-18.4	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	
Chemiczne zapotrzebowanie na tlen (ChZT)	12	13.0-546	2	28.0-546	NI	NI	NI	NI	2	110-1 580	
Wskaźnik oleju węglowodorowego (HOI)	11	0.07-3.6	2	1.7-5.5	NI	NI	6	0.1-6.5	4	0.2-2.0	
Met ale	Cd	8	0.2-10.0 µg/l	1	20.0 µg/l	NI	NI	2	2-7.1 µg/l	4	0.3-8.7 µg/l
	Cr	21	0.0004-2.4	7	0.02-0.3	NI	NI	2	0.2-0.3	7	0.001-0.03
	Cr(VI)	2	5.0-7.0 µg/l	6	10.0-100 µg/l	2	0.01-156 µg/l	NI	NI	2	10 µg/l
	Fe	17	0.1-15.4	7	0.2-4.7	NI	NI	1	5.8	5	0.03-3.2
	Hg	12	0.02-10 µg/l	1	25 µg/l	NI	NI	1	1.0 µg/l	4	0.1-10.0 µg/l
	Ni	22	0.0004-2.2	6	0.08-0.6	NI	NI	2	0.02-0.08	7	0.01-0.1
	Pb	17	4.8-270 µg/l	2	100-123 µg/l	NI	NI	2	23.0-53.3 µg/l	5	0.3-69.1 µg/l
	Sn	NI	NI	NI	NI	NI	NI	1	0.1	2	0.01-0.2
Zn	21	0.01-345	6	0.05-0.4	NI	NI	6	0.7-1.5	7	0.001-0.9	
Fosfor całkowity (P)	11	0.08-5.2	NI	NI	NI	NI	NI	NI	2	0.4-3.5	
Fluorki (F <sup>-</sup> )	4	0.4-4.7	1	14.5	NI	NI	NI	NI	2	0.08-4.7	

<sup>1</sup>Z wyjątkiem przypadków, gdy określono, że stężenie jest  
wyrażone w  $\mu\text{g/l}$ . NI: Brak informacji.  
*Źródło:* [150, FMP TWG 2018]

Rysunki od 7.6 do 7.43 pokazują zgłoszone dane dotyczące emisji do wody, dla zrzutów bezpośrednich i pośrednich, dla każdego zanieczyszczenia.

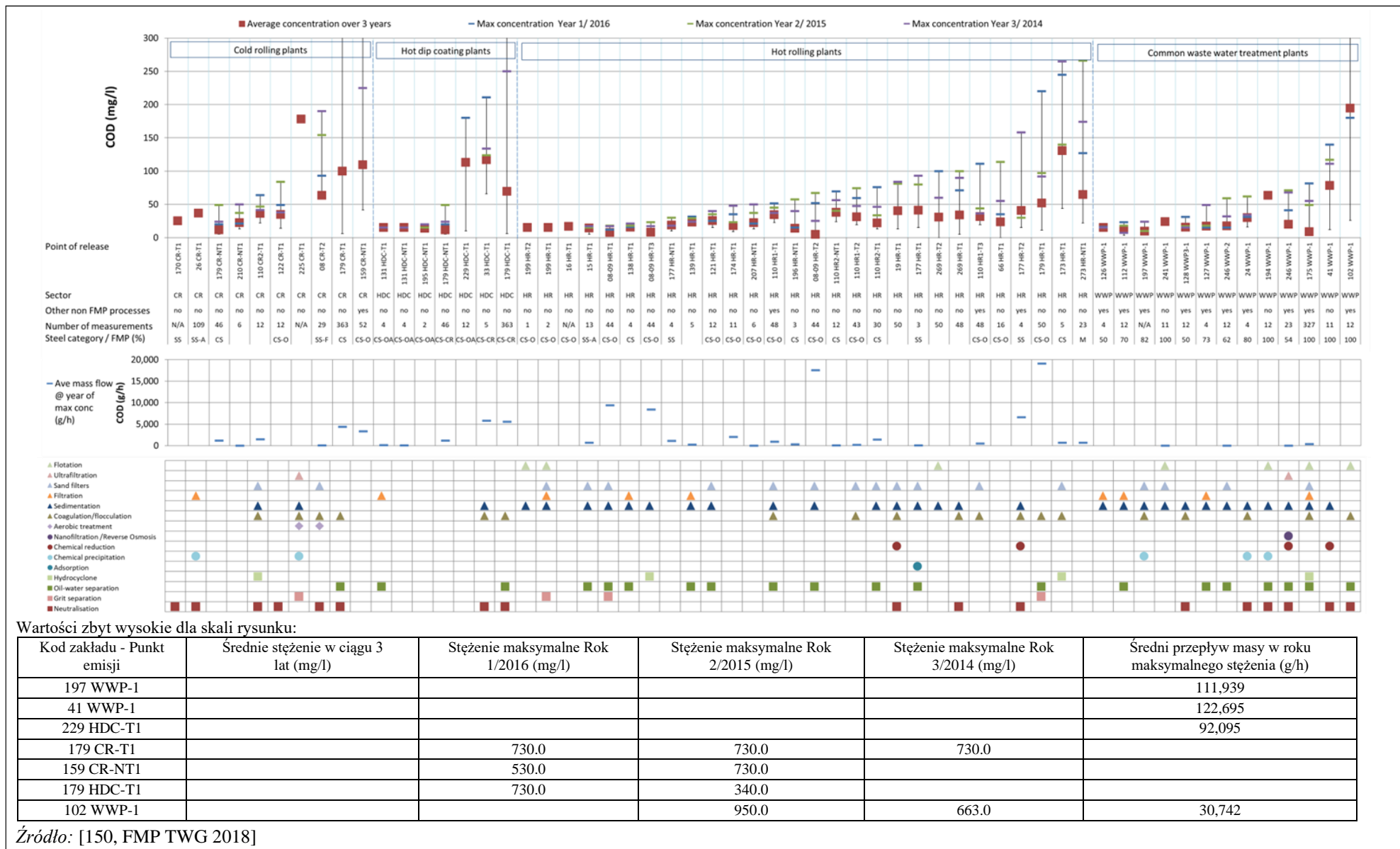
Schemat pokazujący przykłady bezpośrednich i pośrednich zrzutów w ogólnym systemie ściekowym przedstawiono na Rysunku 11.1. Różne układy linii oczyszczania w zwykłej oczyszczalni ścieków pokazano na schemacie na rysunku 11.2. Skróty użyte na rysunkach można znaleźć w sekcji V glosariusza.



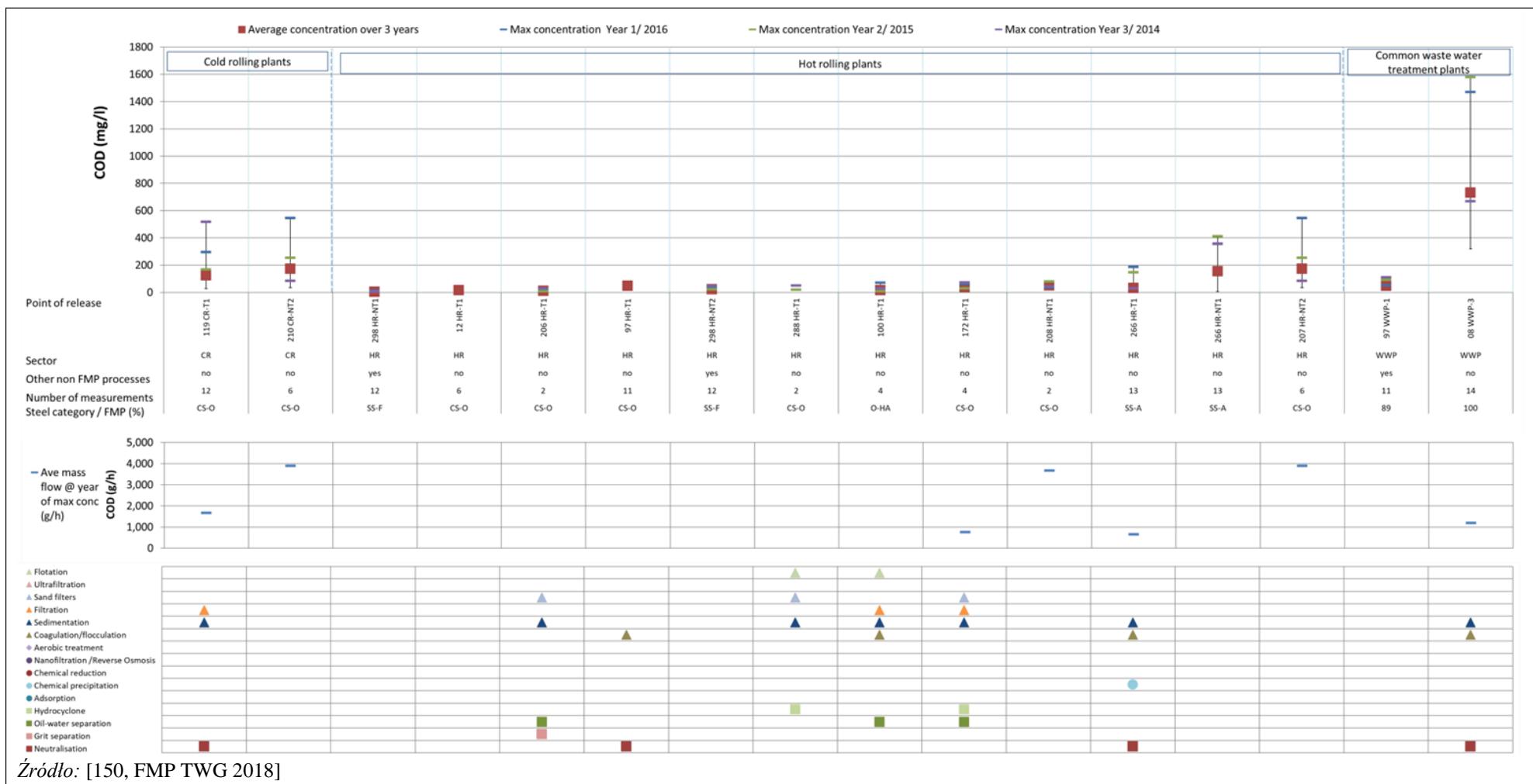
Rysunek 7.6: Emisje kadmu (w µg/l) dla zrzutów bezpośrednich



Rysunek 7.7: Emisje kadmu (w µg/l) dla zrzutów pośrednich

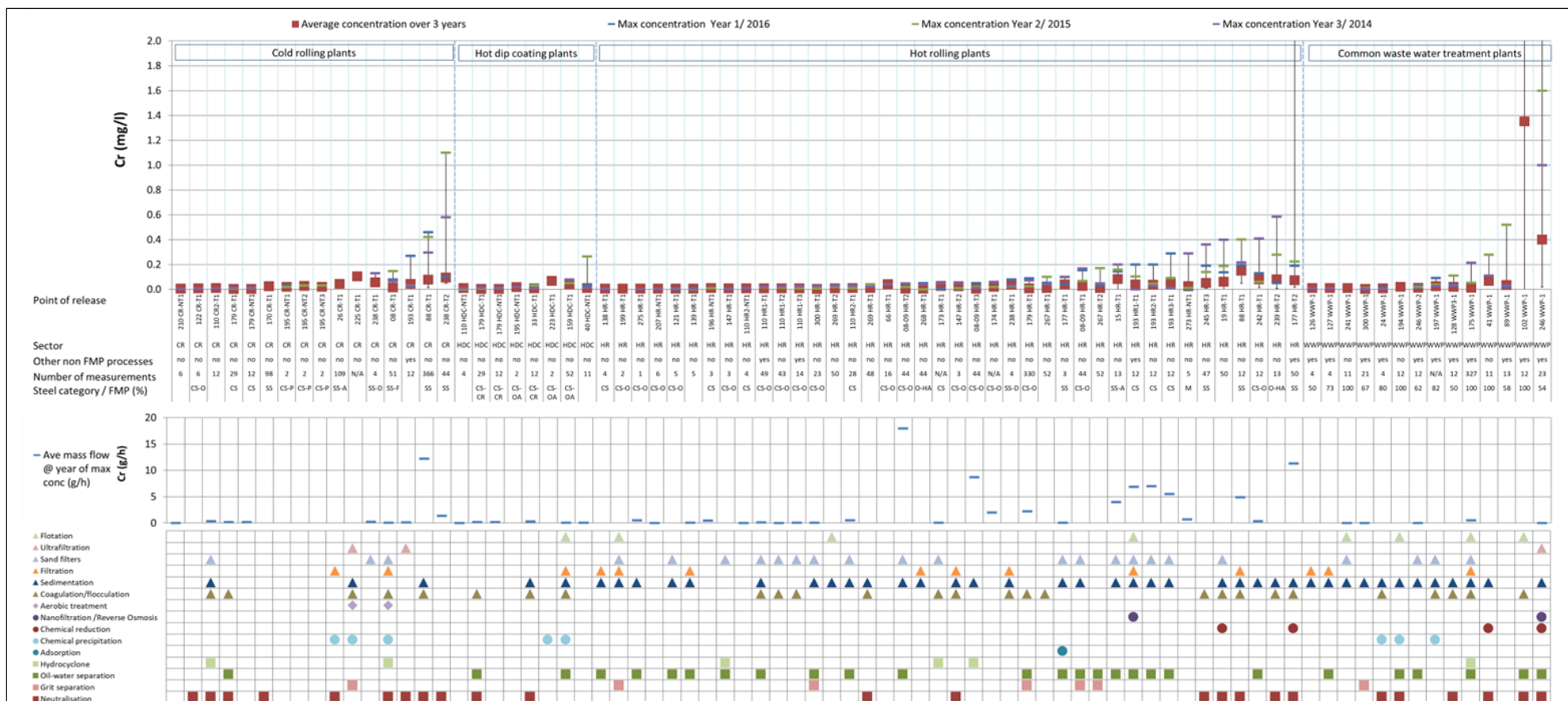


Rysunek 7.8: Emisje ChZT (w  $\mu\text{g/l}$ ) dla zrzutów bezpośrednich



Rysunek 7.9: Emisje ChZT (w  $\mu\text{g/l}$ ) dla zrzutów pośrednich



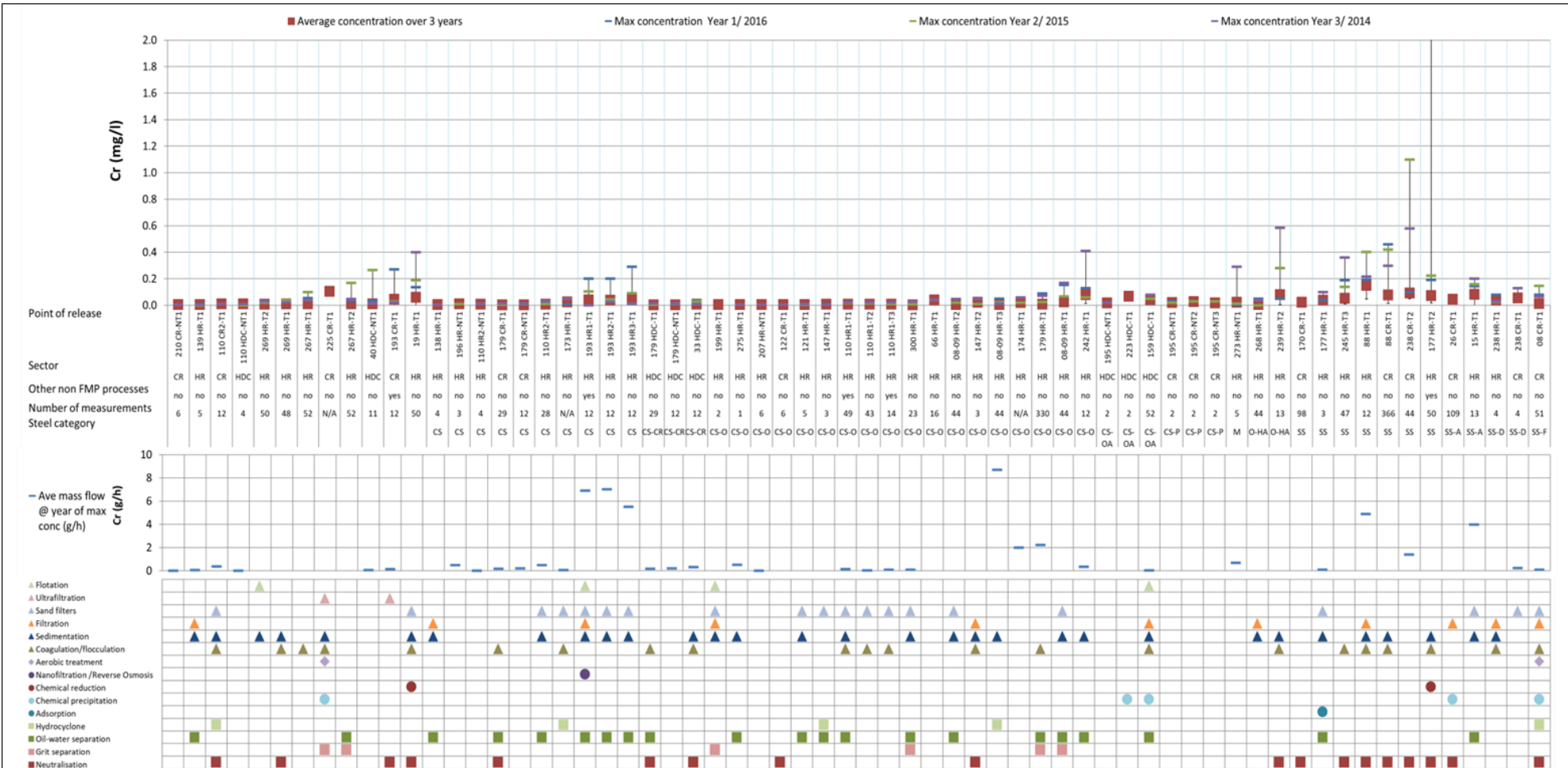


Wartości zbyt wysokie dla skali rysunku:

Kod zakładu - Punkt emisji	Średnie stężenie w ciągu 3 lat (mg/l)	Stężenie maksymalne Rok 1/2016 (mg/l)	Stężenie maksymalne Rok 2/2015 (mg/l)	Stężenie maksymalne Rok 3/2014 (mg/l)	Średni przepływ masy w roku maksymalnego stężenia (g/h)
197 WWP-1					488.0
08-09 HR-T1					42.5
41 WWP-1					116.0
245 HR-T3					105.0
177 HR-T2				3.1	
102 WWP-1		4.1	7.8	2.4	366.0
246 WWP-1		8.3			

Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 7.10: Emisje chromu (w µg/l) dla zrzutów bezpośrednich

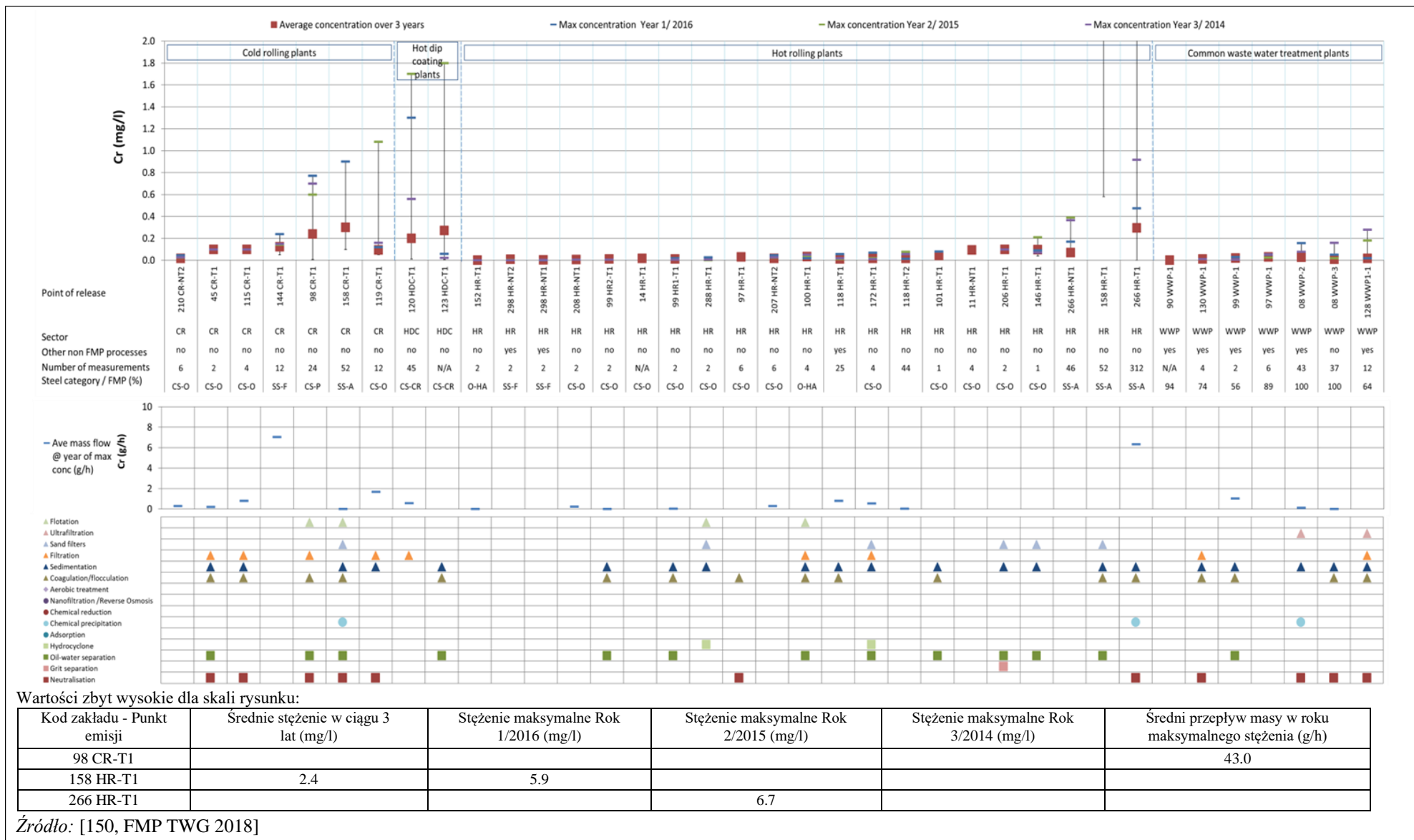


Wartości zbyt wysokie dla skali rysunku:

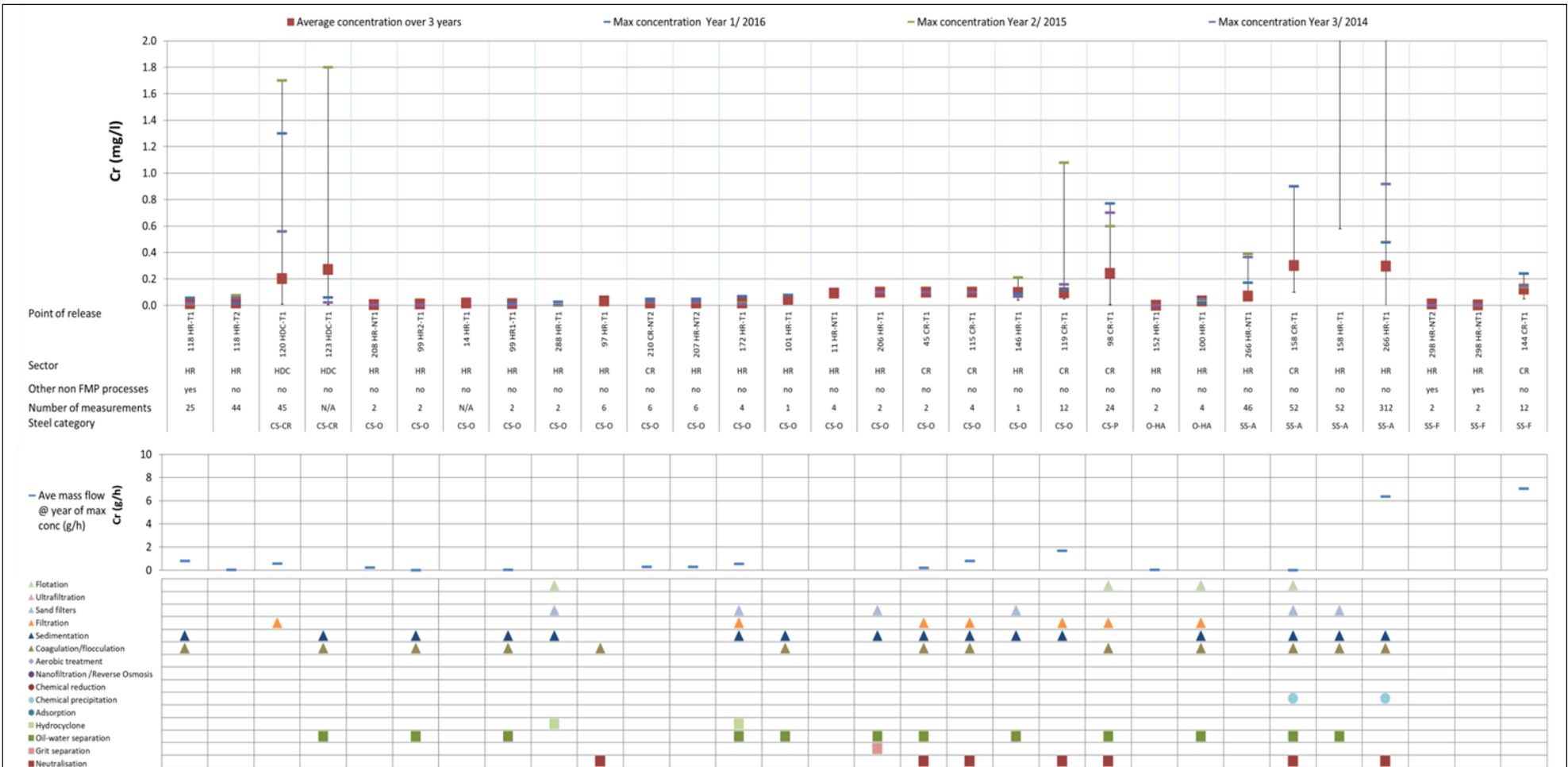
Kod zakładu - Punkt emisji	Średnie stężenie w ciągu 3 lat (mg/l)	Stężenie maksymalne Rok 1/2016 (mg/l)	Stężenie maksymalne Rok 2/2015 (mg/l)	Stężenie maksymalne Rok 3/2014 (mg/l)	Średni przepływ masy w roku maksymalnego stężenia (g/h)
08-09 HR-T1					42.5
177 HR-T2				3.1	
245 HR-T3					105.0

Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 7.11: Emisje chromu (w µg/l) dla zrzutów bezpośrednich (wg. rodzaju stali)



Rysunek 7.12: Emisje chromu (w  $\mu\text{g/l}$ ) dla zrzutów pośrednich

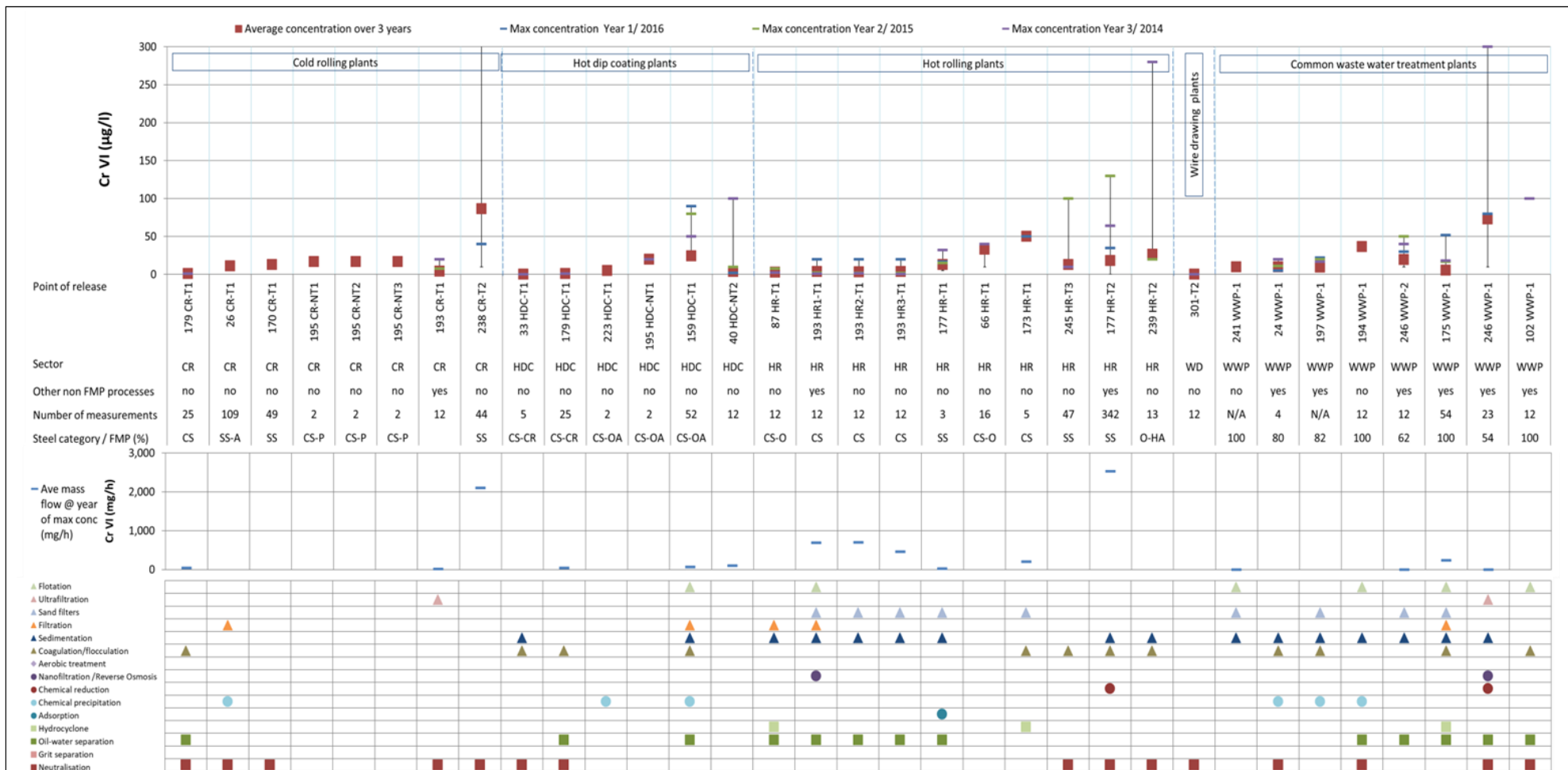


Wartości zbyt wysokie dla skali rysunku:

Kod zakładu - Punkt emisji	Średnie stężenie w ciągu 3 lat (mg/l)	Stężenie maksymalne Rok 1/2016 (mg/l)	Stężenie maksymalne Rok 2/2015 (mg/l)	Stężenie maksymalne Rok 3/2014 (mg/l)	Średni przepływ masy w roku maksymalnego stężenia (g/h)
98 CR-T1					43.0
158 HR-T1	2.4	5.9			
266 HR-T1			6.7		

Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 7.13: Emisje chromu (w  $\mu\text{g/l}$ ) dla zrzutów pośrednich (wg. rodzaju stali)

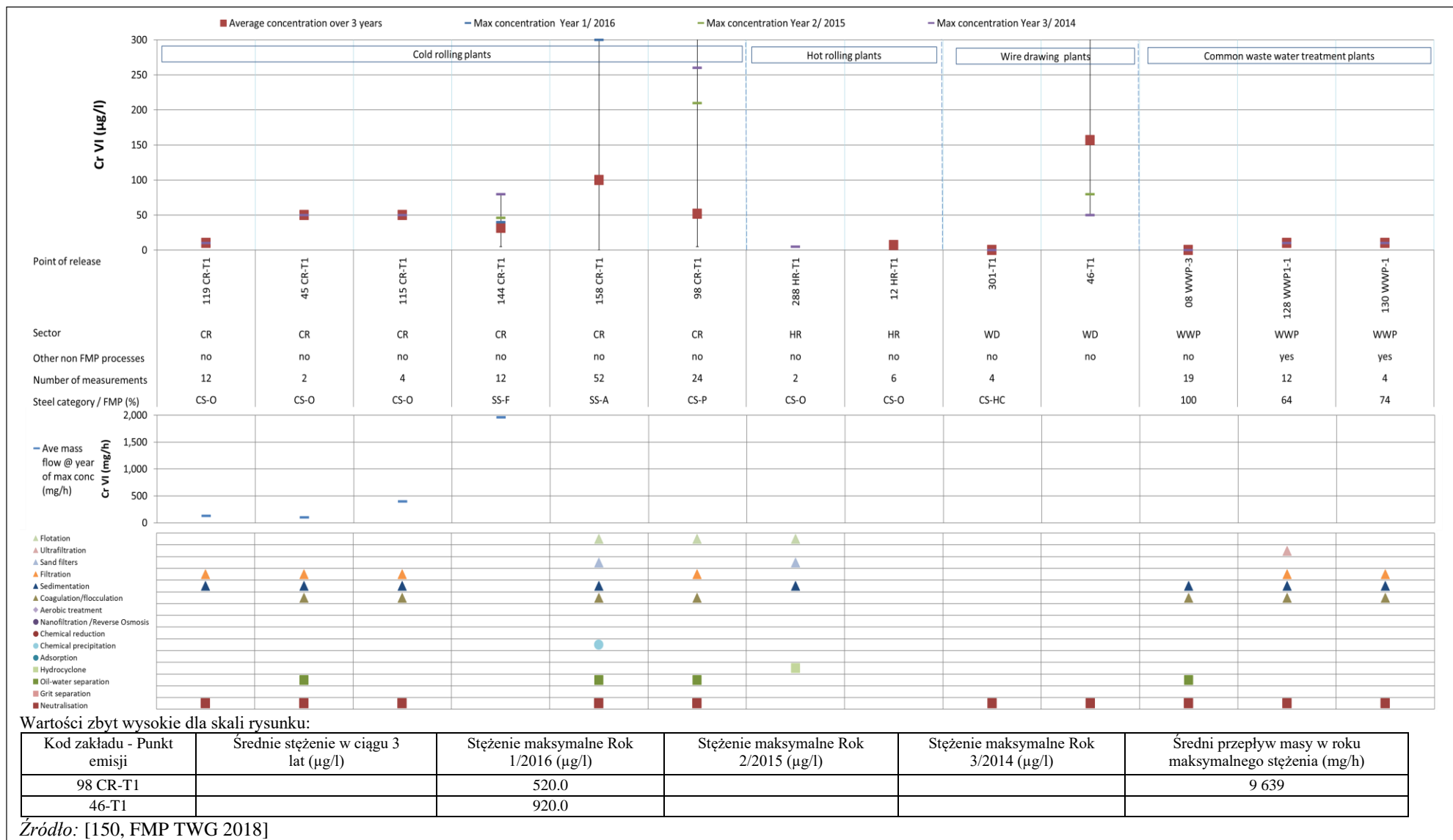


Wartości zbyt wysokie dla skali rysunku:

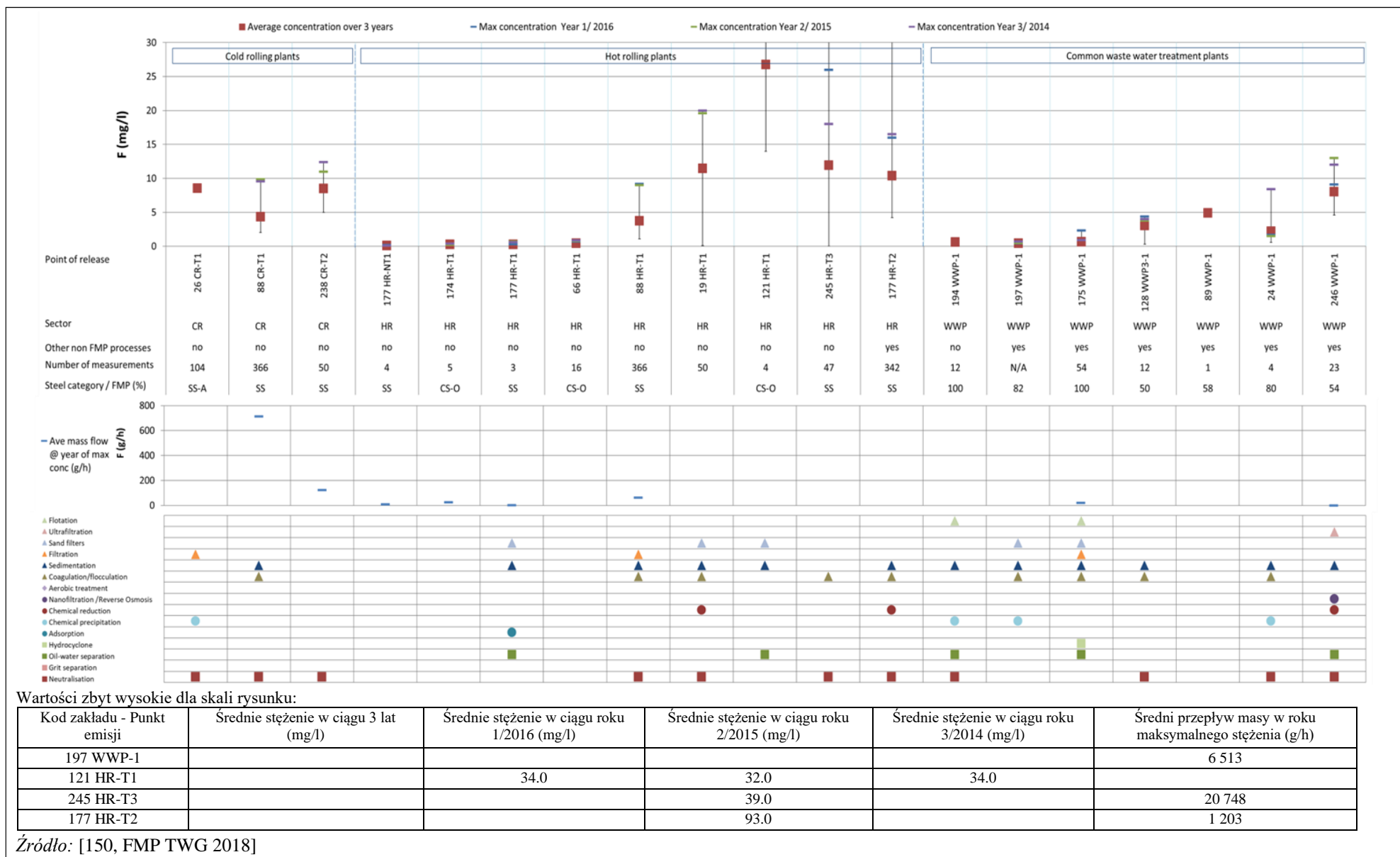
Kod zakładu Punkt emisji	Średnie stężenie w ciągu 3 lat (µg/l)	Stężenie maksymalne Rok 1/2016 (µg/l)	Stężenie maksymalne Rok 2/2015 (µg/l)	Stężenie maksymalne Rok 3/2014 (µg/l)	Średni przepływ masy w roku maksymalnego stężenia (mg/h)
197 WWP-1					180 286
245 HR-T3					30 324
238 CR-T2			2,800	930.0	
102 WWP-1	358.7	2,955	4,715		134 324

Źródło: [150, FMP TWG 2018]

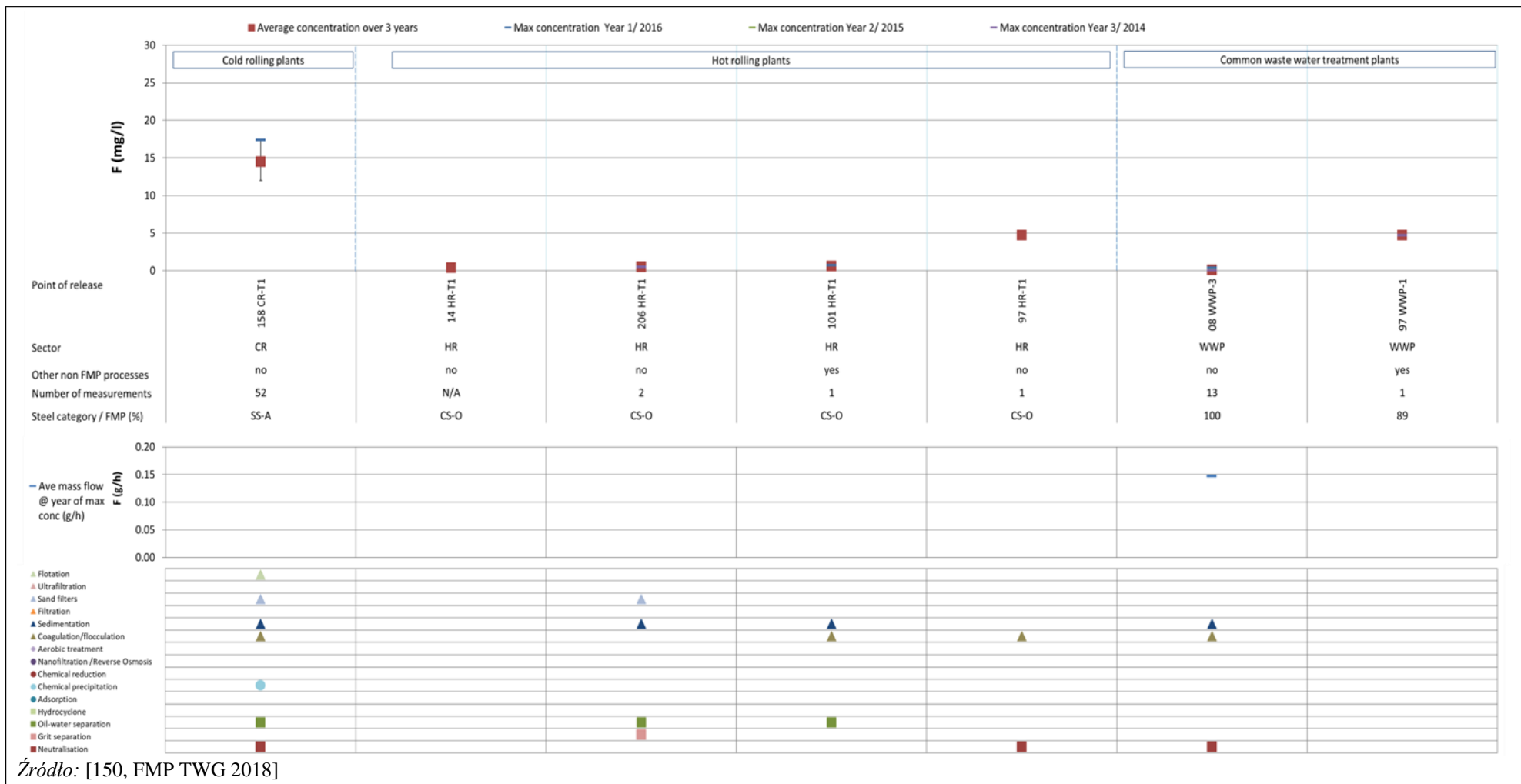
Rysunek 7.14: Emisje VI (w µg/l) dla zrzutów bezpośrednich



Rysunek 7.15: Emisje VI (w µg/l) dla zrzutów pośrednich

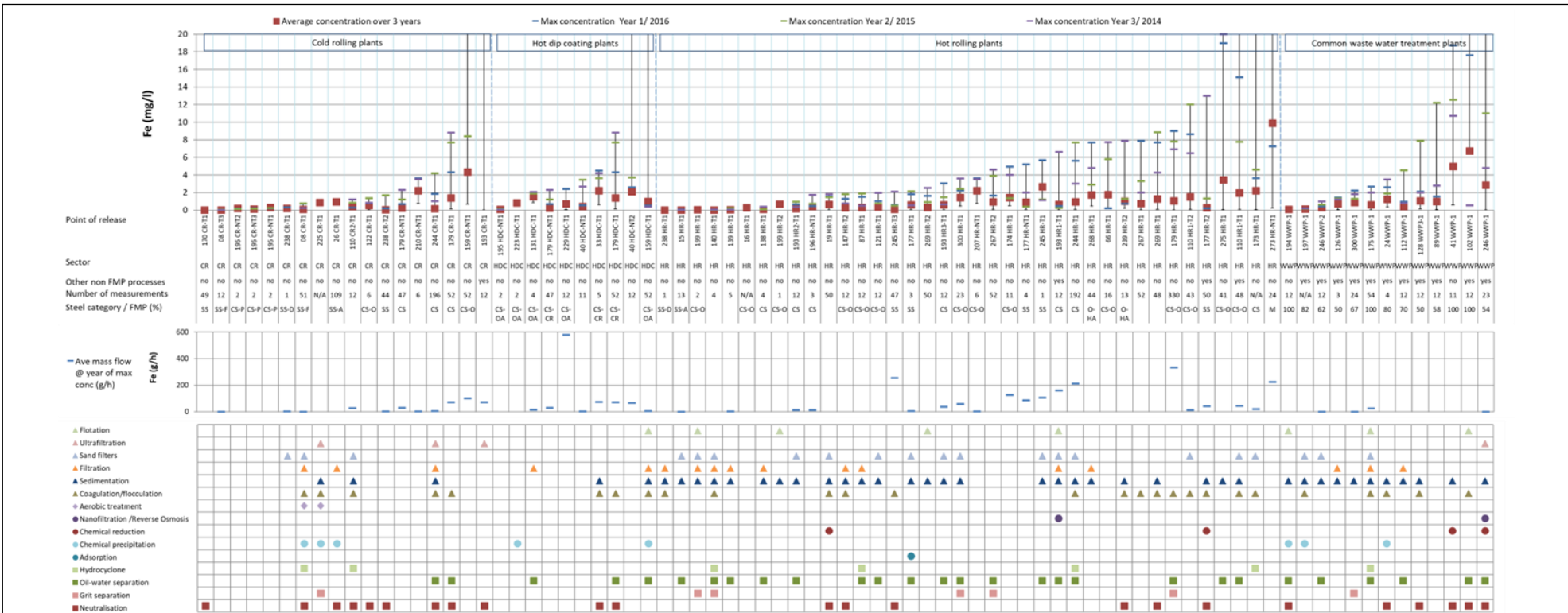


Rysunek 7.16: Emisje fluoru (w mg/l) dla zrzutów bezpośrednich



Rysunek 7.17: Emisje fluoru (w mg/l) dla zrzutów pośrednich



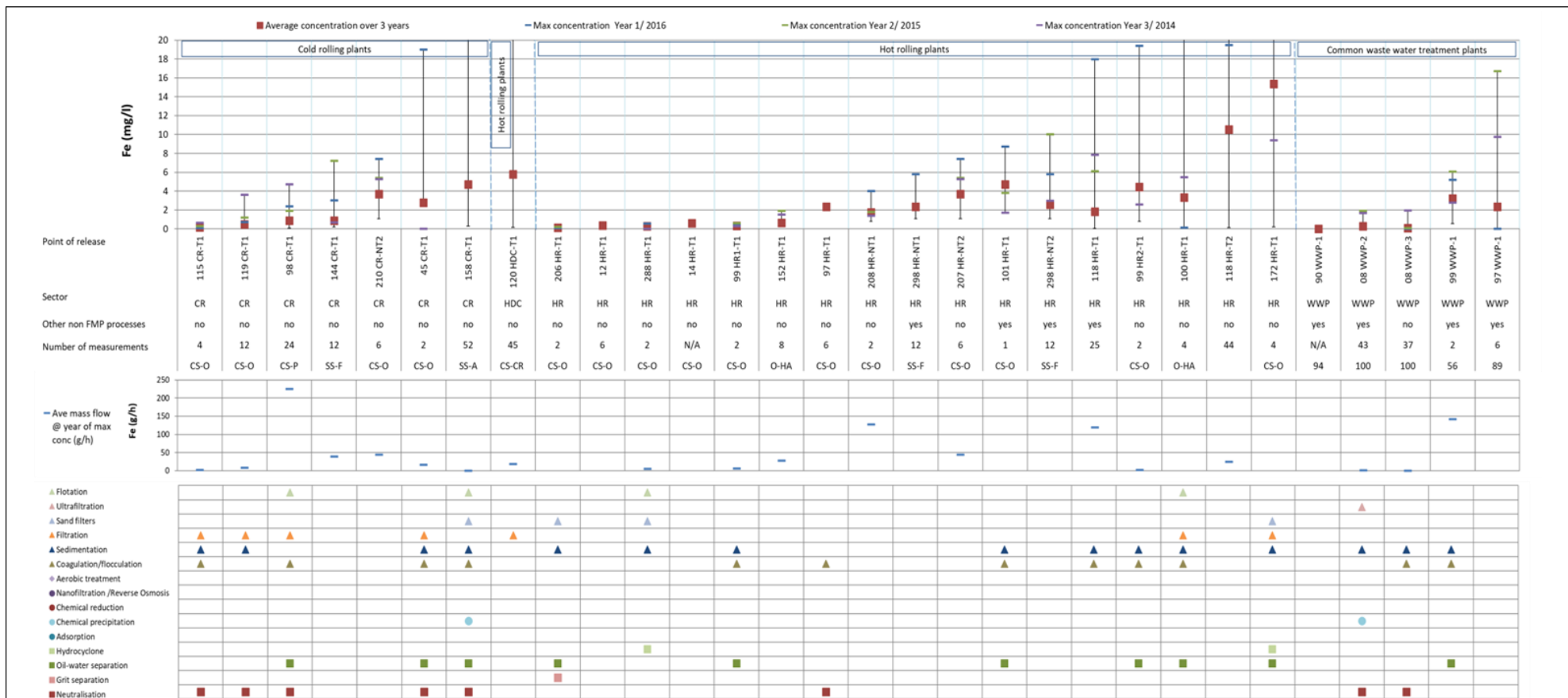


Wartości zbyt wysokie dla skali rysunku:

Kod zakładu - Punkt emisji	Średnie stężenie w ciągu 3 lat (mg/l)	Średnie stężenie w ciągu roku 1/2016 (mg/l)	Średnie stężenie w ciągu roku 2/2015 (mg/l)	Średnie stężenie w ciągu roku 3/2014 (mg/l)	Średni przepływ masy w roku maksymalnego stężenia (g/h)
197 WWP-1					2 554
41 WWP-1					8 464
110 HR1-T1				20.4	
173 HR-T1				22.4	
40 HDC-NT2				32.8	
159 CR-NT1		43.6		23.8	
102 WWP-1			52.5		1 914
273 HR-NT1			84.0	99.7	
246 WWP-1		100.0			
159 HDC-T1			120.0		
193 CR-T1	43.6	96.4	98.8	156.0	

Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 7.18: Emisje żelaza (w mg/l) dla zrzutów bezpośrednich

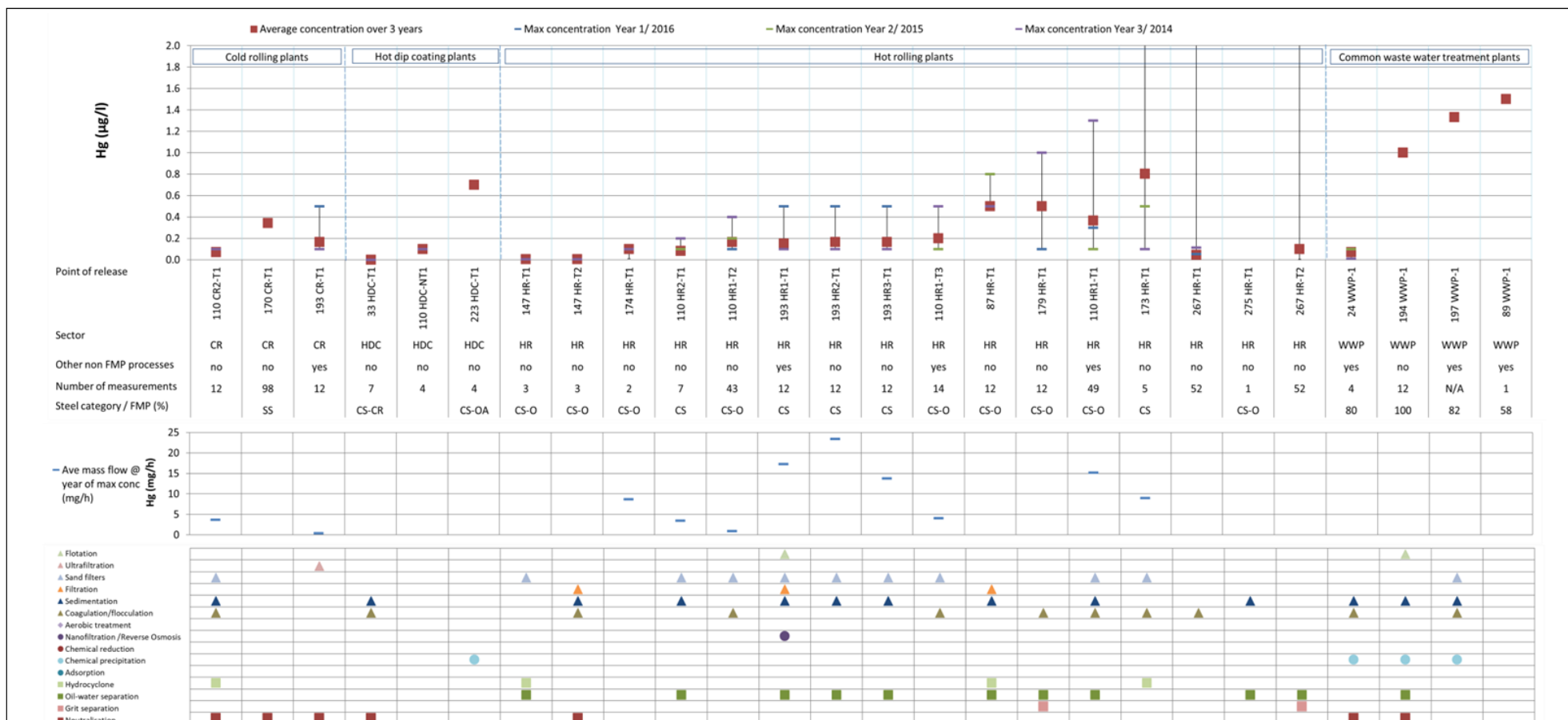


Wartości zbyt wysokie dla skali rysunku:

Kod zakładu - Punkt emisji	Srednie stężenie w ciągu 3 lat (mg/l)	Stężenie maksymalne Rok 1/2016 (mg/l)	Stężenie maksymalne Rok 2/2015 (mg/l)	Stężenie maksymalne Rok 3/2014 (mg/l)	Średni przepływ masy w roku maksymalnego stężenia (g/h)
100 HR-T1			23.3		
120 HDC-T1		20.3	37.8	21.8	
158 CR-T1		81.2			
118 HR-T2			99.5		
172 HR-T1		116.0	21.9		695

Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 7.19: Emisje żelaza (w mg/l) dla zrzutów pośrednich

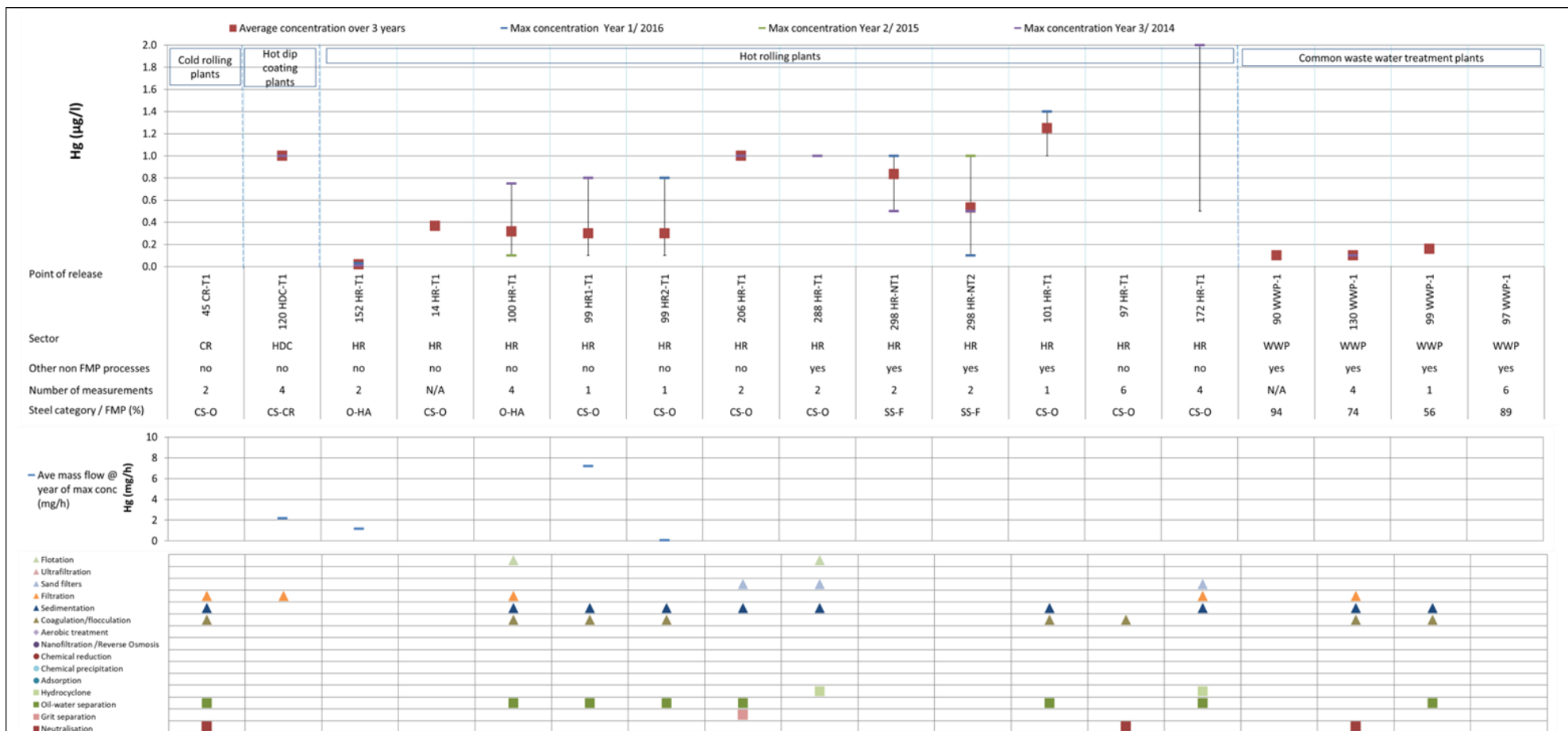


Wartości zbyt wysokie dla skali rysunku:

Kod zakładu Punkt emisji	Średnie stężenie w ciągu 3 lat ( $\mu\text{g/l}$ )	Średnie stężenie w ciągu roku 1/2016 ( $\mu\text{g/l}$ )	Średnie stężenie w ciągu roku 2/2015 ( $\mu\text{g/l}$ )	Średnie stężenie w ciągu roku 3/2014 ( $\mu\text{g/l}$ )	Średni przepływ masy w roku maksymalnego stężenia (mg/h)
179 HR-T1					300.0
173 HR-T1		2.3			
267 HR-T1			2.5		
275 HR-T1	10.0	10.0	10.0	10.0	1 062
267 HR-T2		6.1	3.5	10.0	

Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 7.20: Emisje rtęci (w  $\mu\text{g/l}$ ) dla zrzutów bezpośrednich

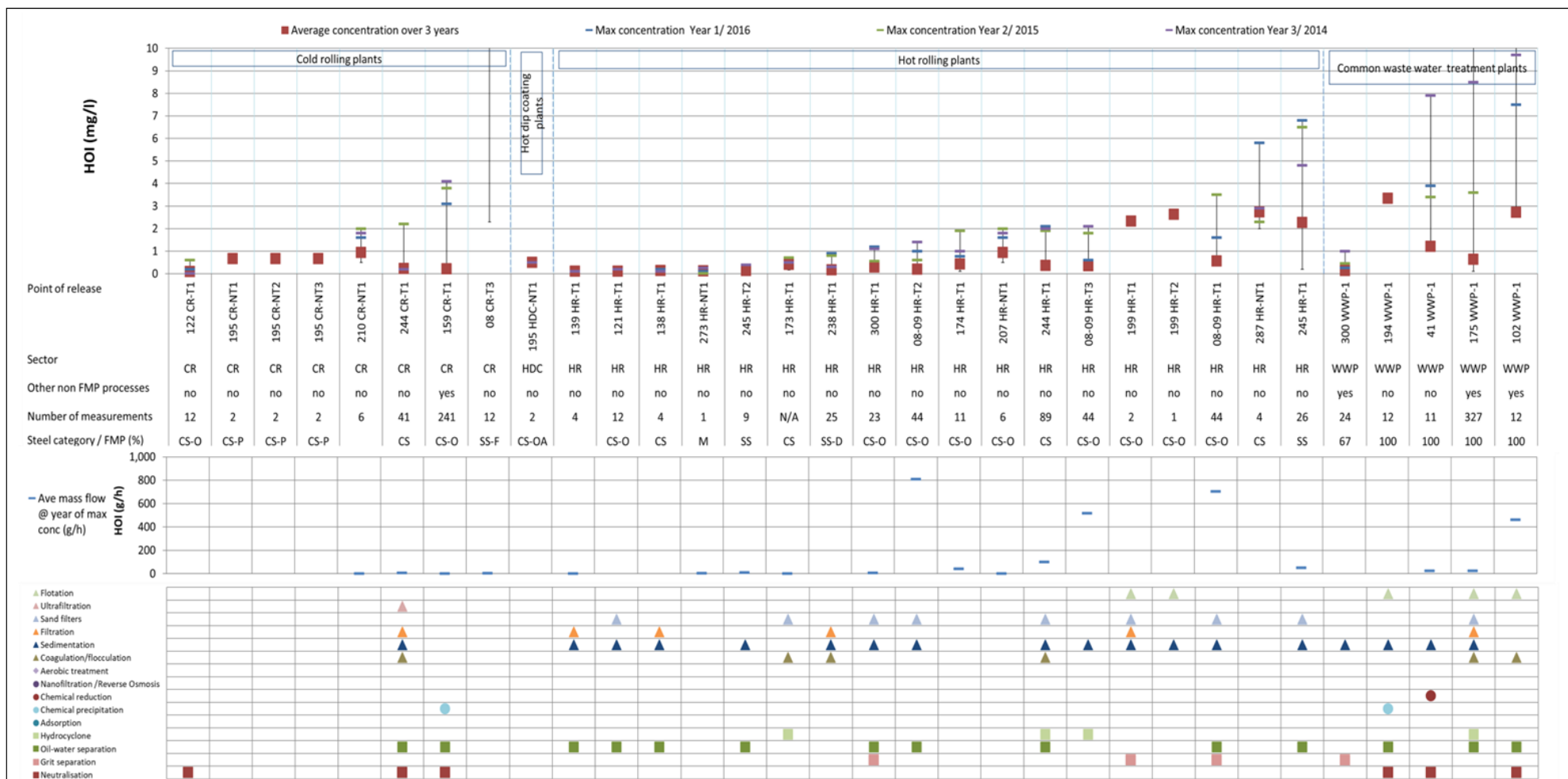


Wartości zbyt wysokie dla skali rysunku:

Kod zakładu - Punkt emisji	Średnie stężenie w ciągu 3 lat (µg/l)	Średnie stężenie w ciągu roku 1/2016 (µg/l)	Średnie stężenie w ciągu roku 2/2015 (µg/l)	Średnie stężenie w ciągu roku 3/2014 (µg/l)	Średni przepływ masy w roku maksymalnego stężenia (mg/h)
97 HR-T1	10.0				
97 WWP-1	10.0		10.0	10.0	
172 HR-T1	5.5	5.0	20.0		90.0
45 CR-T1	25.0	25.0	25.0	25.0	50.0

Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 7.21: Emisje rtęci (w µg/l) dla zrzutów pośrednich



Wartości zbyt wysokie dla skali rysunku:

Kod zakładu - Punkt emisji	Średnie stężenie w ciągu 3 lat (mg/l)	Średnie stężenie w ciągu roku 1/2016 (mg/l)	Średnie stężenie w ciągu roku 2/2015 (mg/l)	Średnie stężenie w ciągu roku 3/2014 (mg/l)
102 WWP-1			18.5	
175 WWP-1		11.6		
08 HR-T3	11.6	16.1	19.3	18.0

Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 7.22: Emisje wskaźnika oleju węglowodorowego (w mg/l) dla zrzutów bezpośrednich

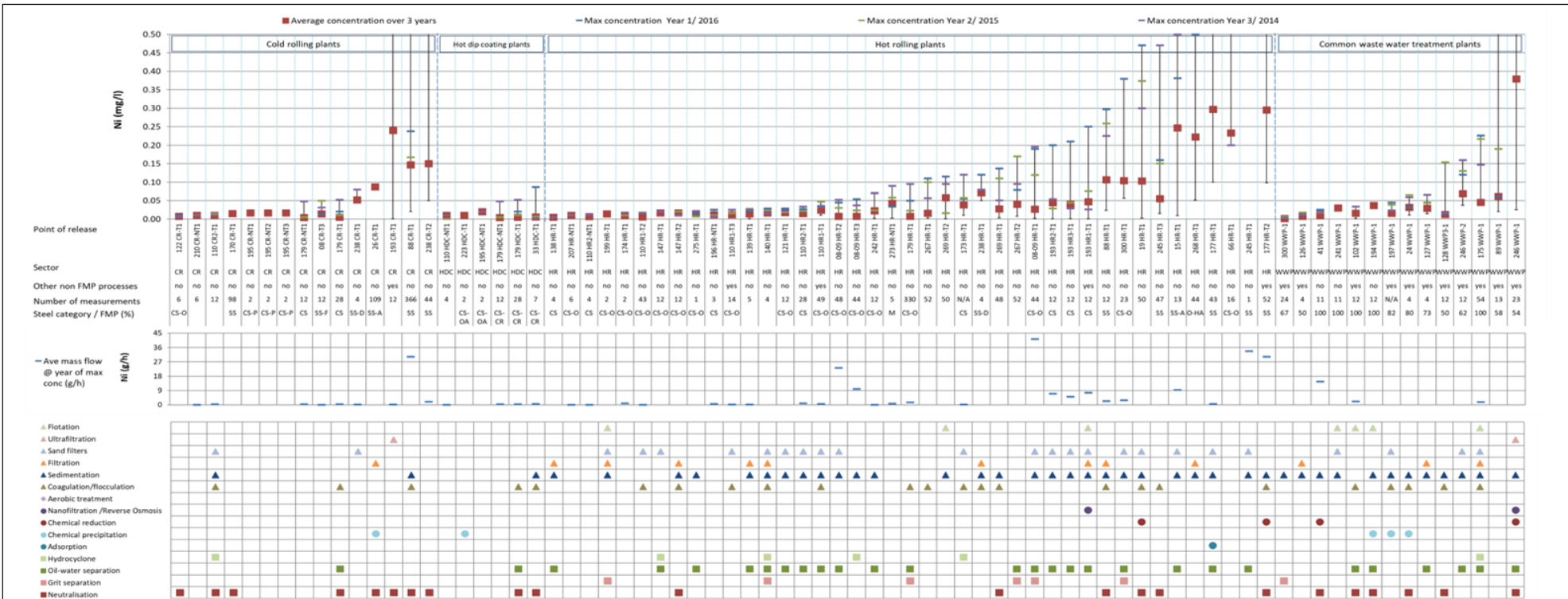


Wartości zbyt wysokie dla skali rysunku:

Kod zakładu - Punkt emisji	Średnie stężenie w ciągu 3 lat (mg/l)	Stężenie maksymalne Rok 1/2016 (mg/l)	Stężenie maksymalne Rok 2/2015 (mg/l)	Stężenie maksymalne Rok 3/2014 (mg/l)	Średni przepływ masy w roku maksymalnego stężenia (g/h)
156 HR-T2					504
120 HDC-T1				14.0	
98 CR-T1			39.0		1 307
118 HR-T2		24.8	82.0		

Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 7.23: Emisje wskaźnika oleju węglowodorowego (w mg/l) dla zrzutów pośrednich

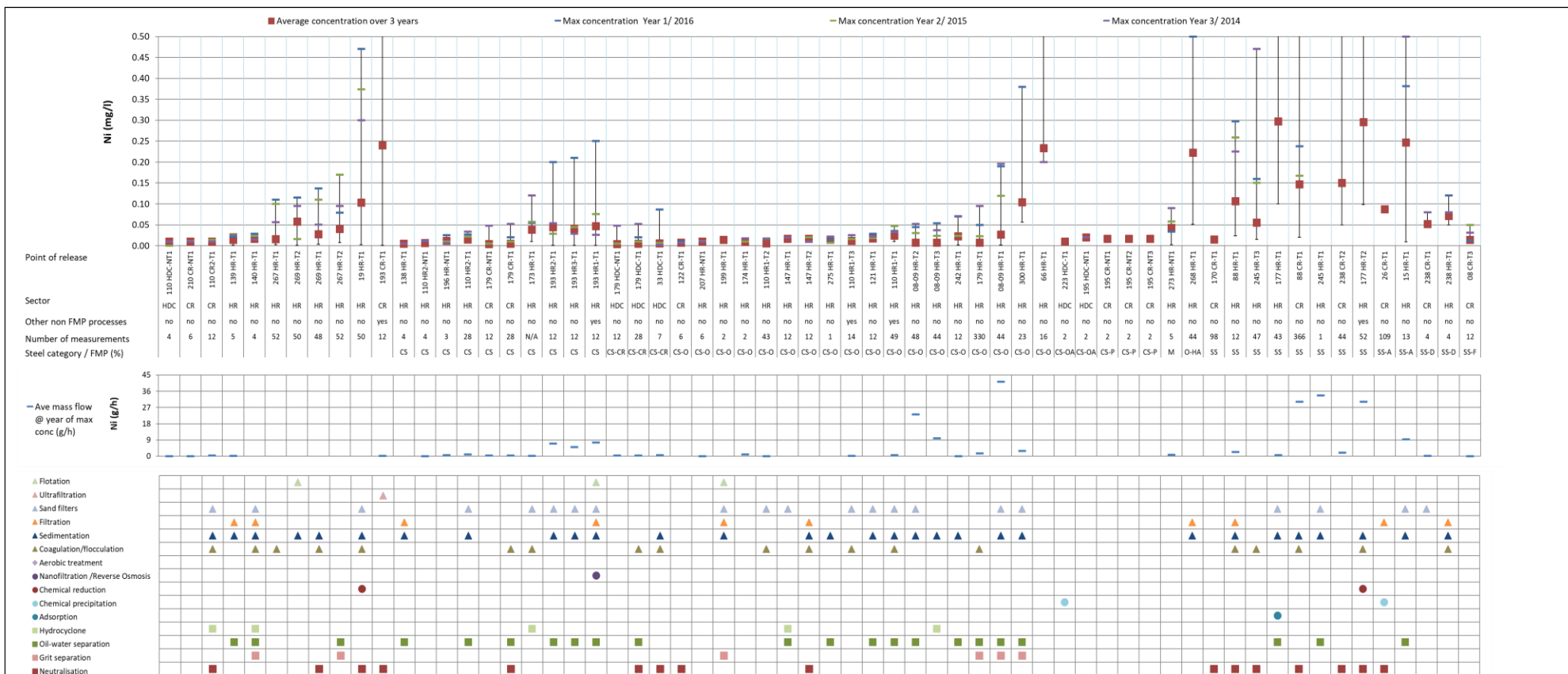


Wartości zbyt wysokie dla skali rysunku:

Kod zakładu - Punkt emisji	Średnie stężenie w ciągu 3 lat (mg/l)	Średnie stężenie w ciągu roku 1/2016 (mg/l)	Średnie stężenie w ciągu roku 2/2015 (mg/l)	Średnie stężenie w ciągu roku 3/2014 (mg/l)	Średni przepływ masy w roku maksymalnego stężenia (g/h)
197 WWP-1					300.0
245 HR-T3					147.0
89 WWP-1				0.7	
193 CR-T1		0.7	0.8	0.7	
268 HR-T1			0.6	0.8	
177 HR-T1		0.7	0.7	0.9	
88 CR-T1				0.9	
66 HR-T1		1.6			
245 HR-T1	1.1	1.8	0.8	0.6	
238 CR-T2		1.6	3.2	1.0	
177 HR-T2		0.7	0.9	4.2	
246 WWP-1		5.1	1.2	1.2	

Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 7.24: Emisje niklu (w mg/l) dla zrzutów bezpośrednich



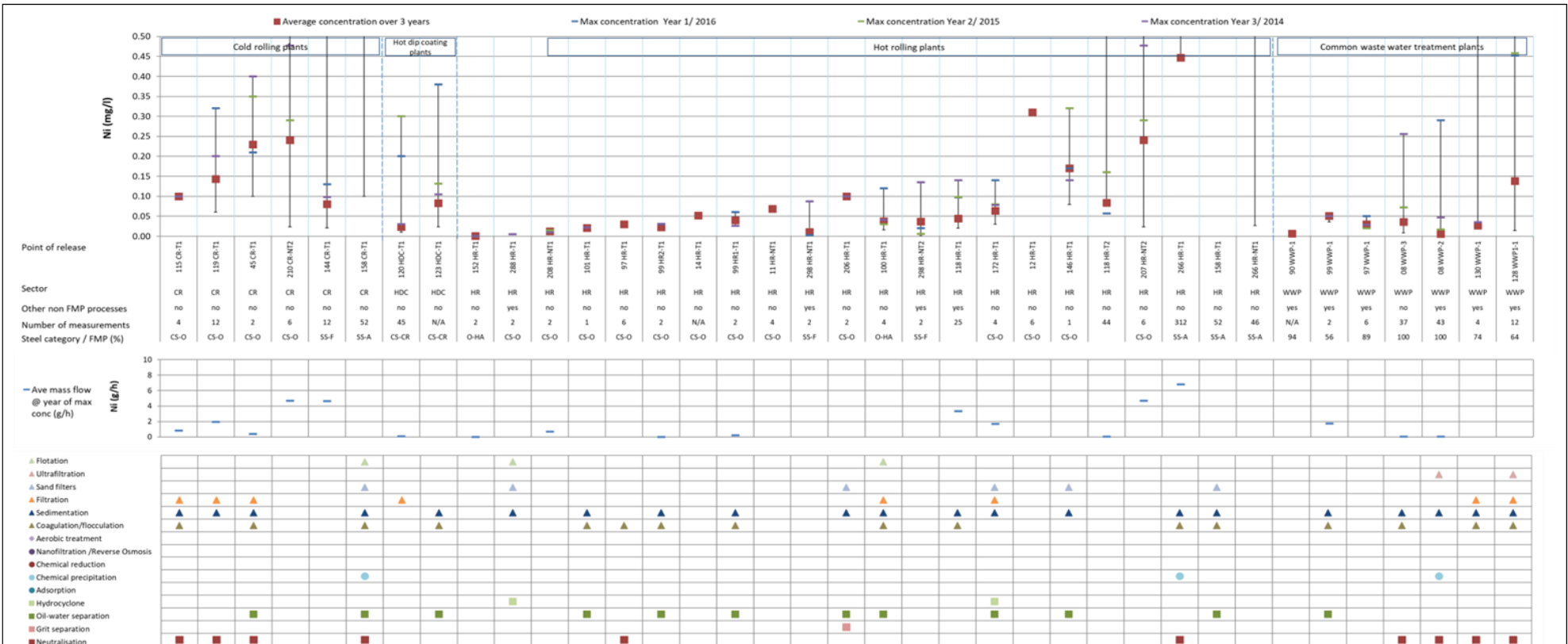
Wartości zbyt wysokie dla skali rysunku:

Kod zakładu - Punkt emisji	Średnie stężenie w ciągu 3 lat (mg/l)	Średnie stężenie w ciągu roku 1/2016 (mg/l)	Średnie stężenie w ciągu roku 2/2015 (mg/l)	Średnie stężenie w ciągu roku 3/2014 (mg/l)	Średni przepływ masy w roku maksymalnego stężenia (g/h)
245 HR-T3					147.0
193 CR-T1		0.8	0.8	0.7	
268 HR-T1			0.6	0.8	
177 HR-T1		0.7	0.7	0.9	
88 CR-T1				0.9	
66 HR-T1		1.6			
245 HR-T1	1.1	1.8	0.8	0.6	
238 CR-T2		1.6	3.2	1.0	
177 HR-T2		0.7	0.9	4.2	

Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 7.25: Emisje niklu (w mg/l) dla zrzutów bezpośrednich (wg. rodzaju stali)



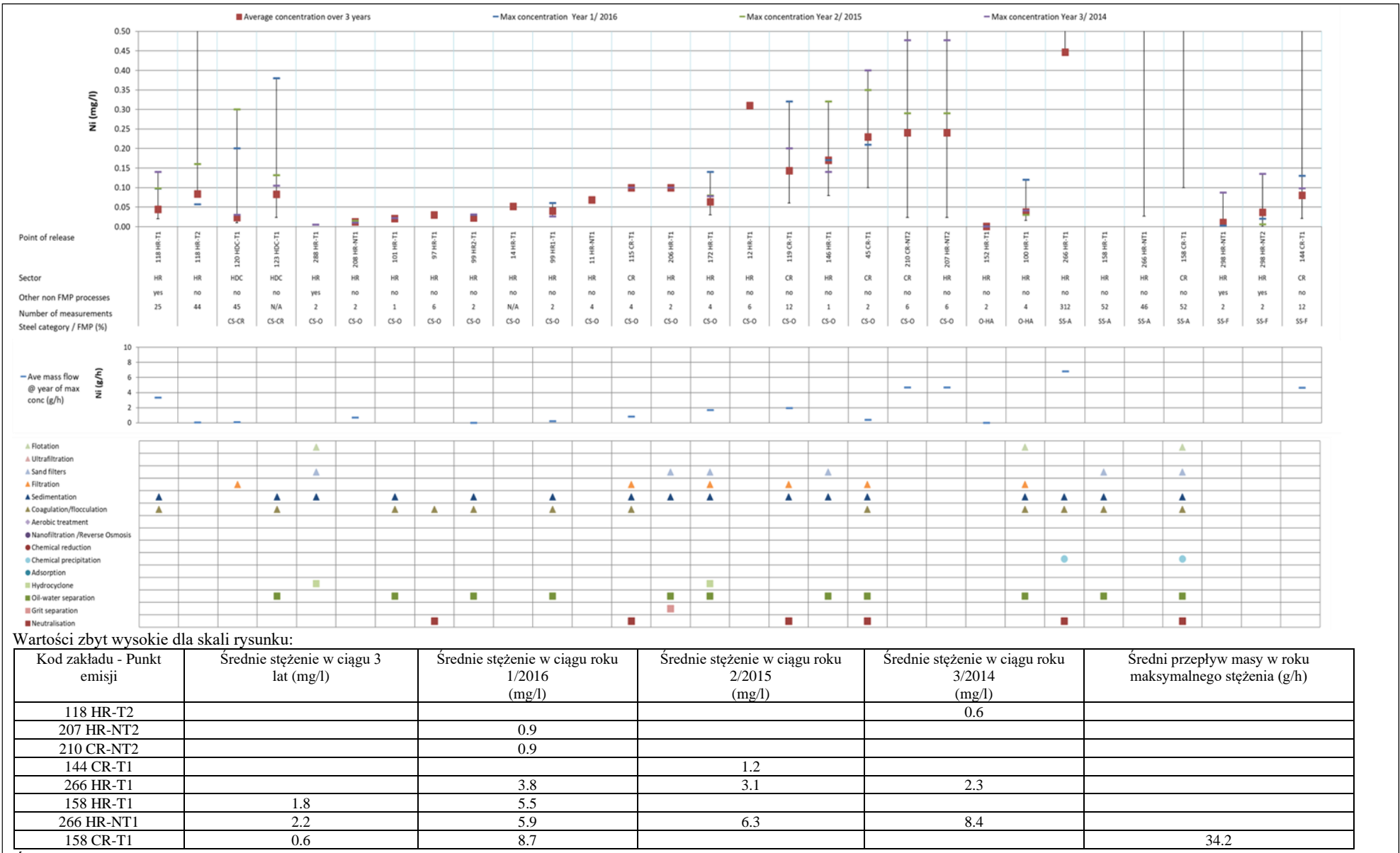


Wartości zbyt wysokie dla skali rysunku:

Kod zakładu - Punkt emisji	Średnie stężenie w ciągu 3 lat (mg/l)	Średnie stężenie w ciągu roku 1/2016 (mg/l)	Średnie stężenie w ciągu roku 2/2015 (mg/l)	Średnie stężenie w ciągu roku 3/2014 (mg/l)	Średni przepływ masy w roku maksymalnego stężenia (g/h)
118 HR-T2				0.6	
130 WWP-1		0.6			
128 WWP1-1				0.8	
207 HR-NT2		0.9			
210 CR-NT2		0.8			
144 CR-T1			1.2		
266 HR-T1		3.9	3.0	2.3	
158 HR-T1	1.8	5.5			
266 HR-NT1	2.2	5.9	6.3	8.4	
158 CR-T1	0.6	8.7			34.2

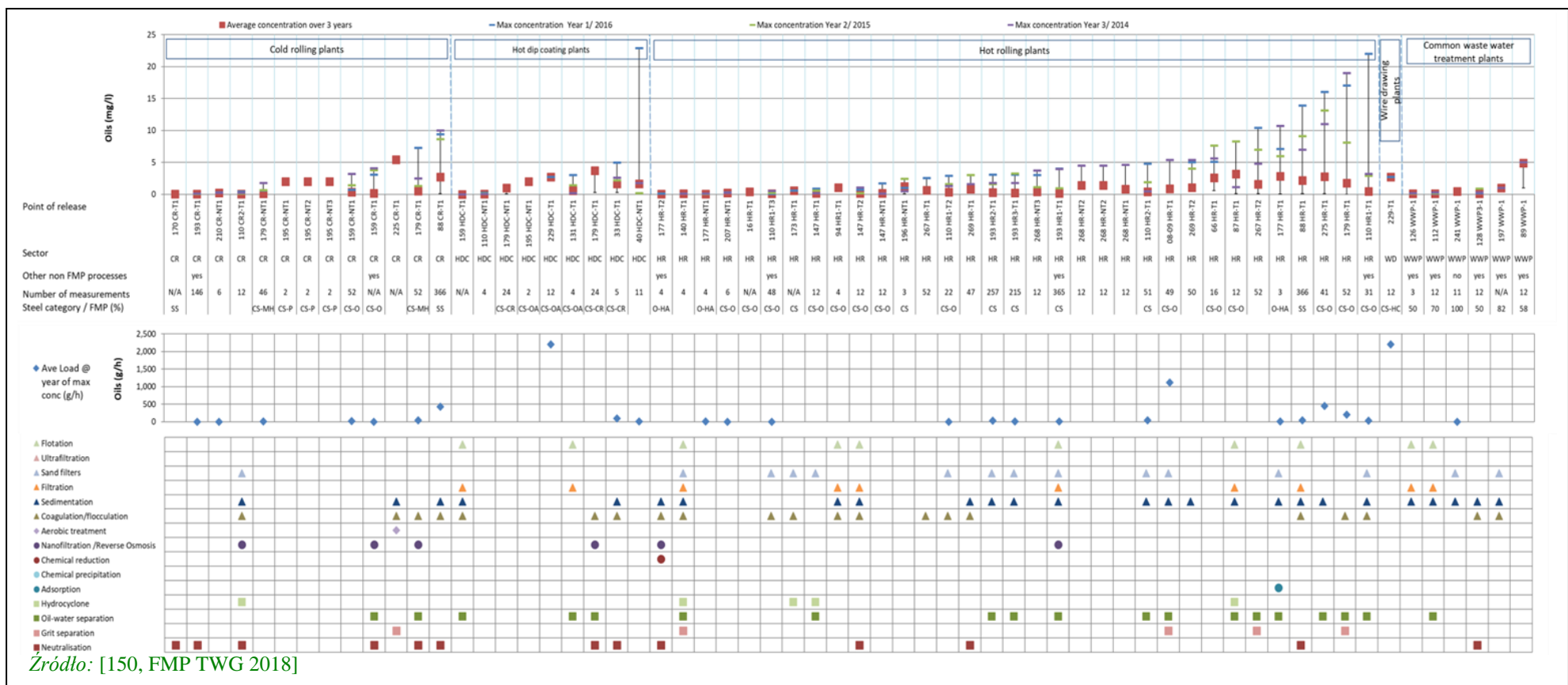
Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 7.26: Emisje niklu (w mg/l) dla zrzutów pośrednich



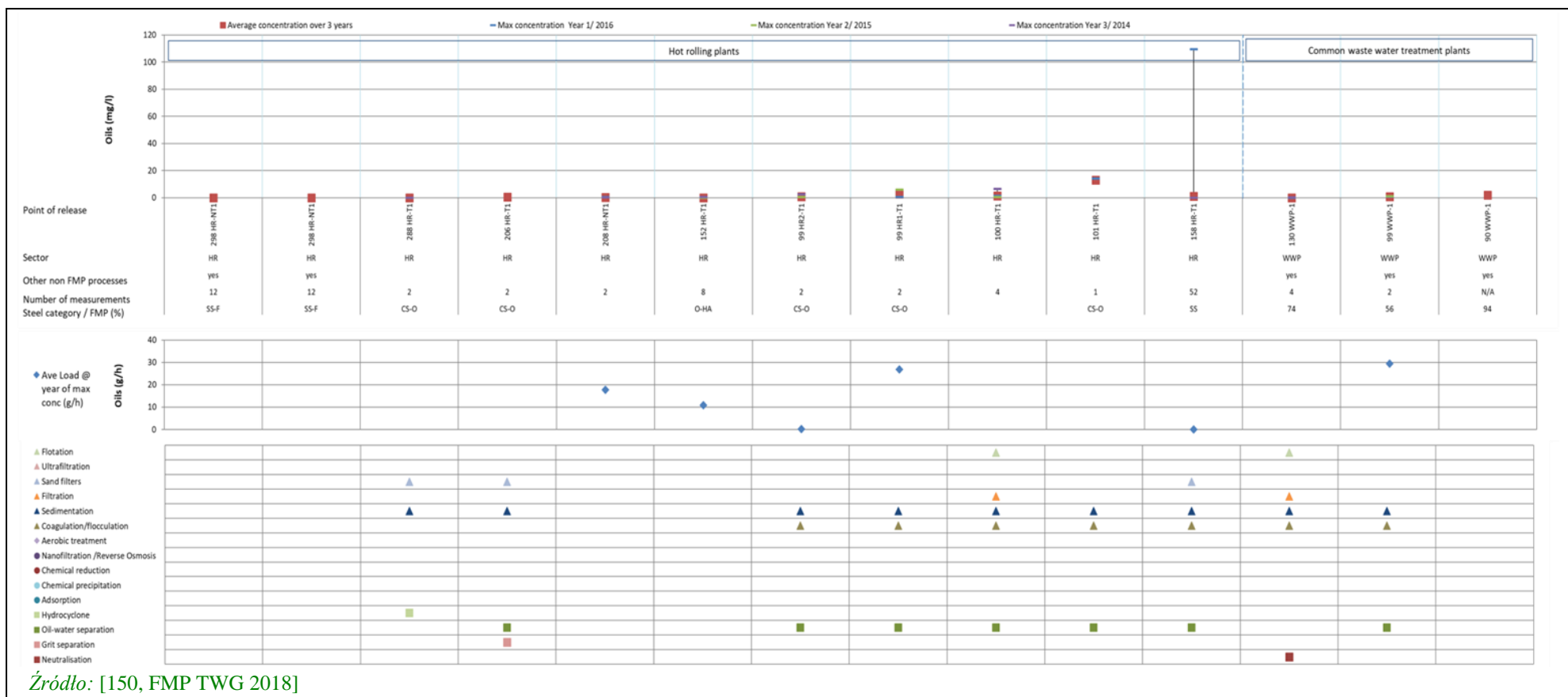
Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 7.27: Emisje niklu (w mg/l) dla zrzutów pośrednich (wg. rodzaju stali)



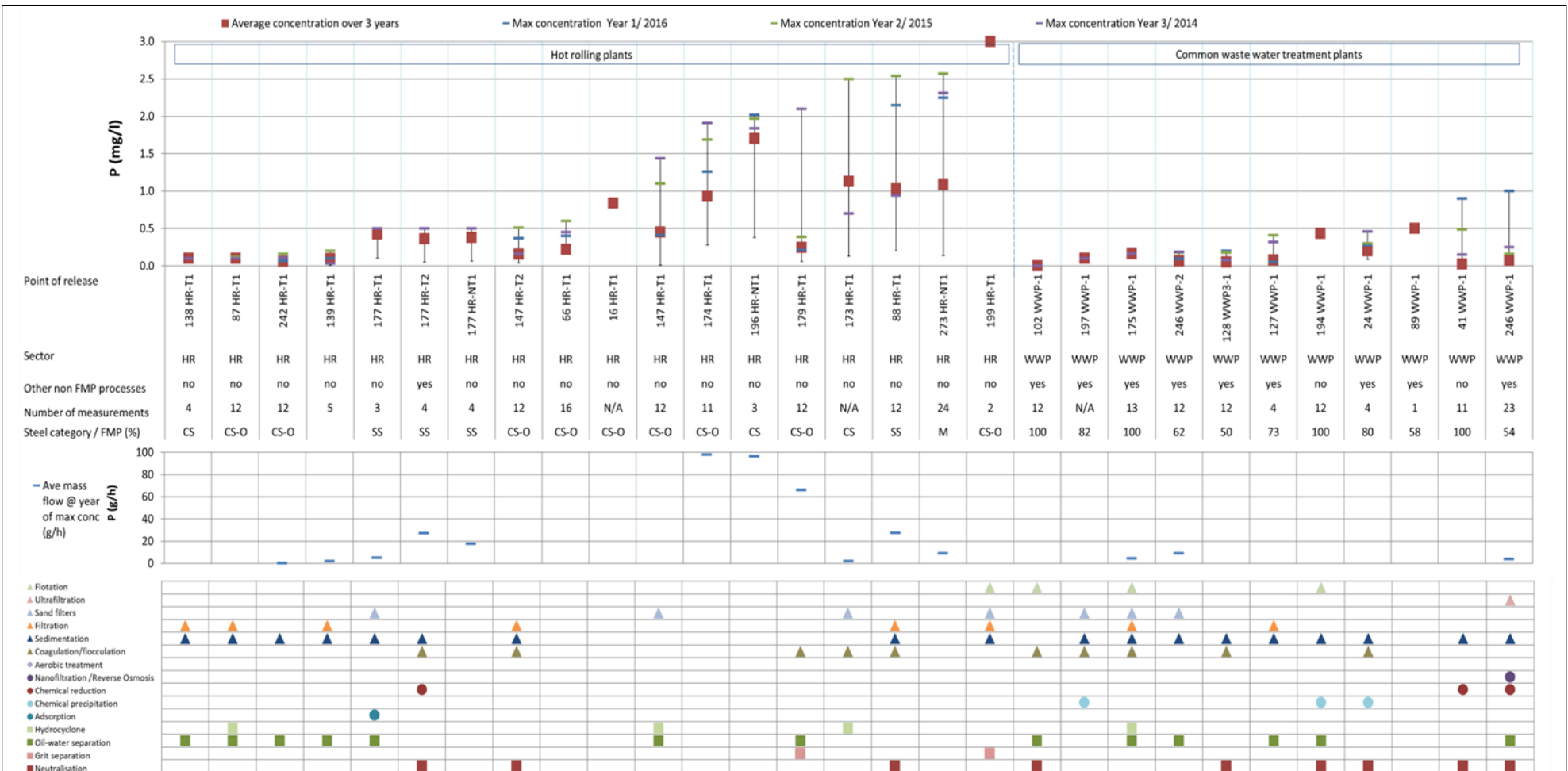
Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 7.28: Emisje oleju (w mg/l) dla zrzutów bezpośrednich



Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 7.29: Emisje oleju (w mg/l) dla zrzutów pośrednich

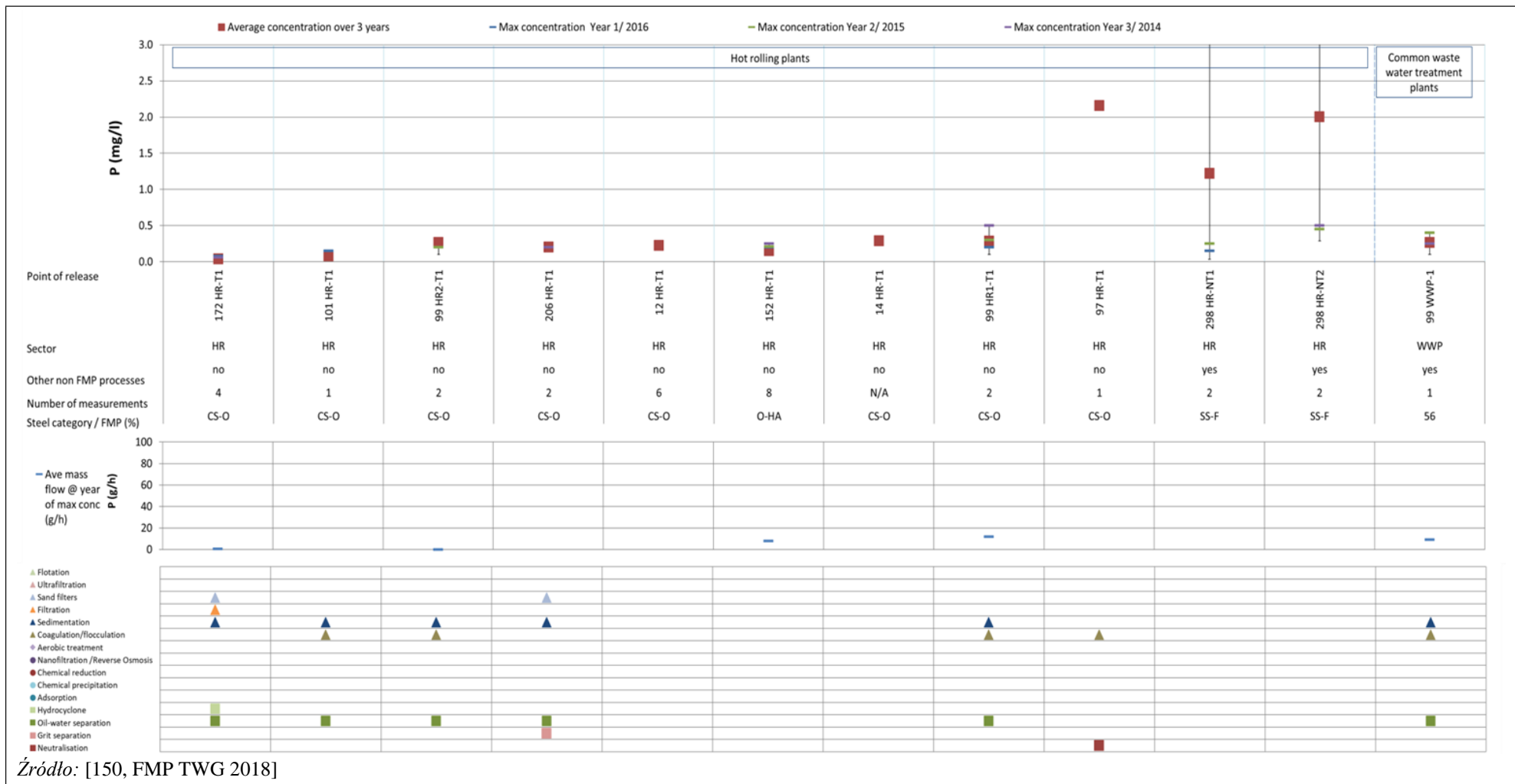


Wartości zbyt wysokie dla skali rysunku:

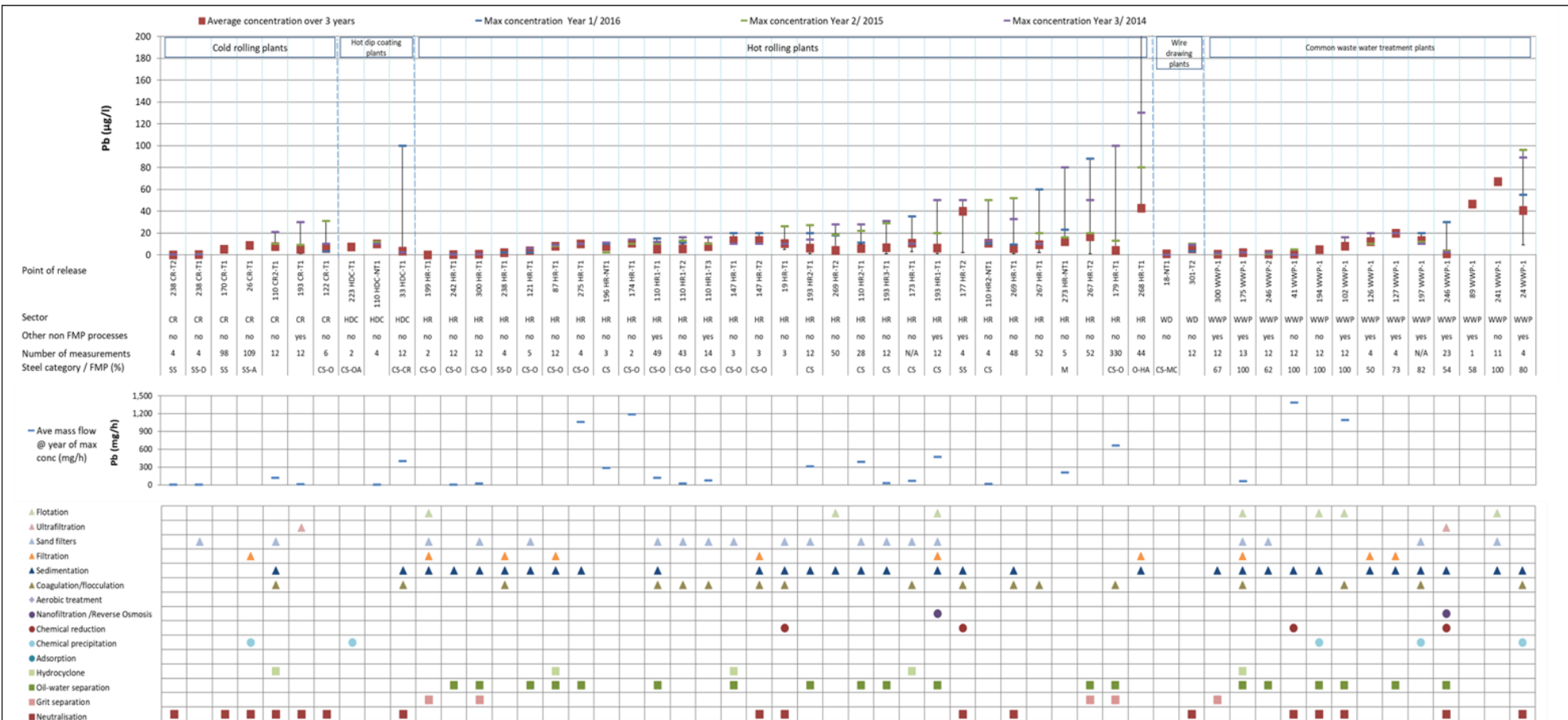
Kod zakładu - Punkt emisji	Średnie stężenie w ciągu 3 lat (mg/l)	Stężenie maksymalne Rok 1/2016 (mg/l)	Stężenie maksymalne Rok 2/2015 (mg/l)	Stężenie maksymalne Rok 3/2014 (mg/l)	Średni przepływ masy w roku maksymalnego stężenia (g/h)
197 WWP-1					1 502.0

Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 7.30: Emisje fosforu (w mg/l) dla zrzutów bezpośrednich



Rysunek 7.31: Emisje fosforu (w mg/l) dla zrzutów pośrednich

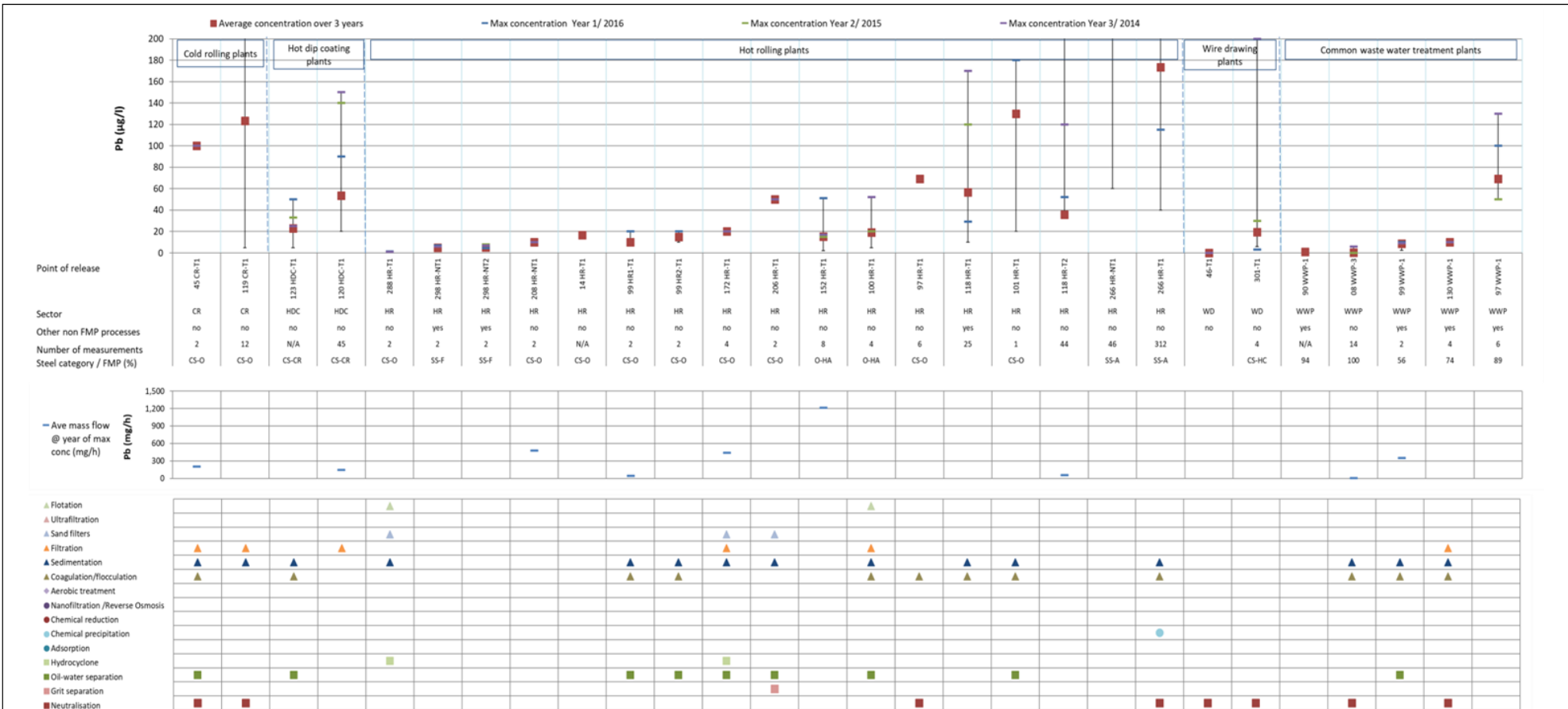


Wartości zbyt wysokie dla skali rysunku:

Kod zakładu - Punkt emisji	Średnie stężenie w ciągu 3 lat (µg/l)	Stężenie maksymalne Rok 1/2016 (µg/l)	Stężenie maksymalne Rok 2/2015 (µg/l)	Stężenie maksymalne Rok 3/2014 (µg/l)	Średni przepływ masy w roku maksymalnego stężenia (mg/h)
197 WWP-1					300 477
177 HR-T2					29 000
268 HR-T1		590.0			

Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 7.32: Emisje ołowiu (w µg/l) dla zrzutów bezpośrednich



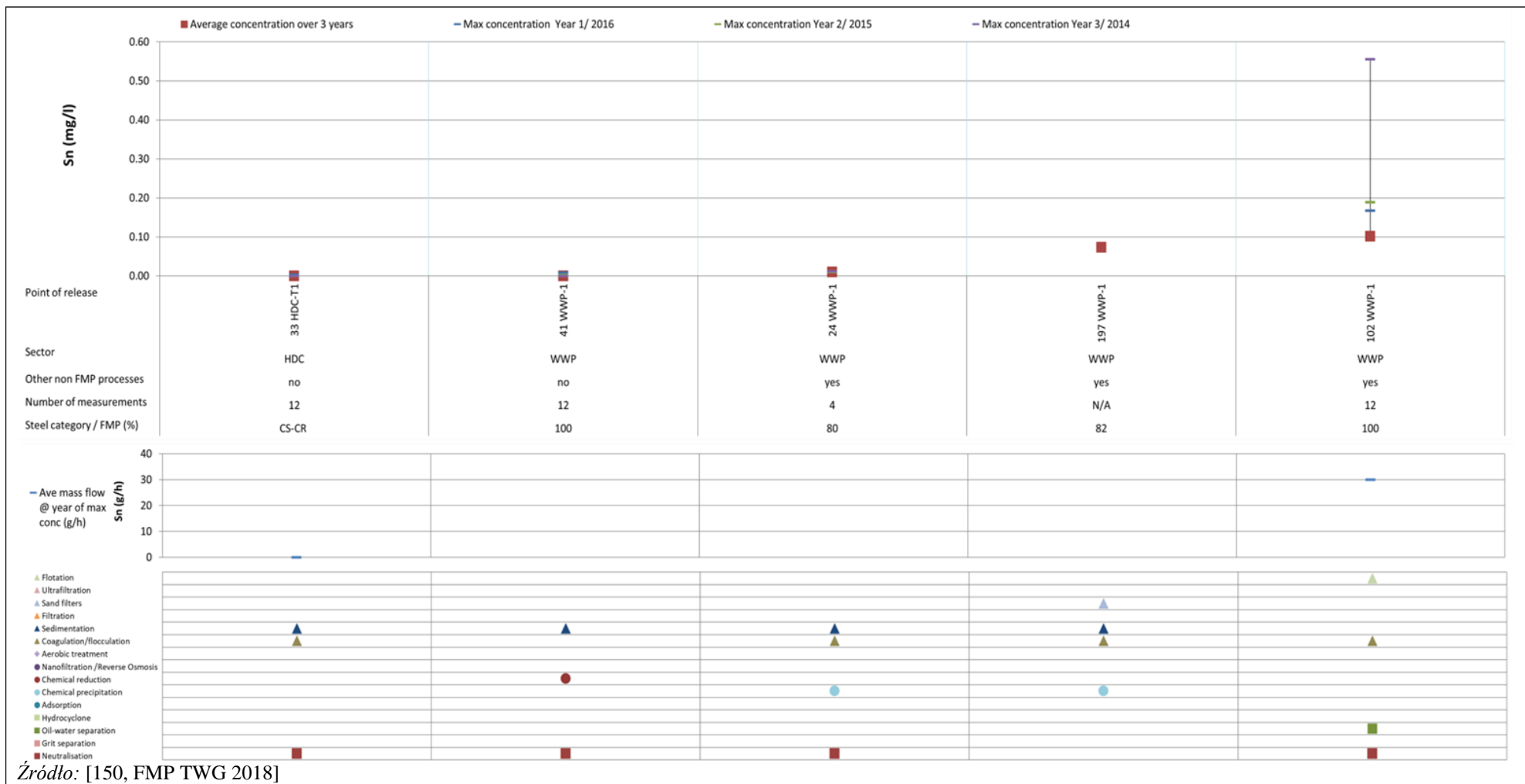
Wartości zbyt wysokie dla skali rysunku:

Kod zakładu - Punkt emisji	Srednie stężenie w ciągu 3 lat (µg/l)	Stężenie maksymalne Rok 1/2016 (µg/l)	Stężenie maksymalne Rok 2/2015 (µg/l)	Stężenie maksymalne Rok 3/2014 (µg/l)	Sredni przepływ masy w roku maksymalnego stężenia (mg/h)
118 HR-T1					5 400
118 HR-T2			374.0		
119 CR-T1		370.0	220.0	640.0	1 560
266 HR-NT1		750.0			
266 HR-T1			529.0	1 188.0	3 457

Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 7.33: Emisje ołowiu (w µg/l) dla zrzutów pośrednich



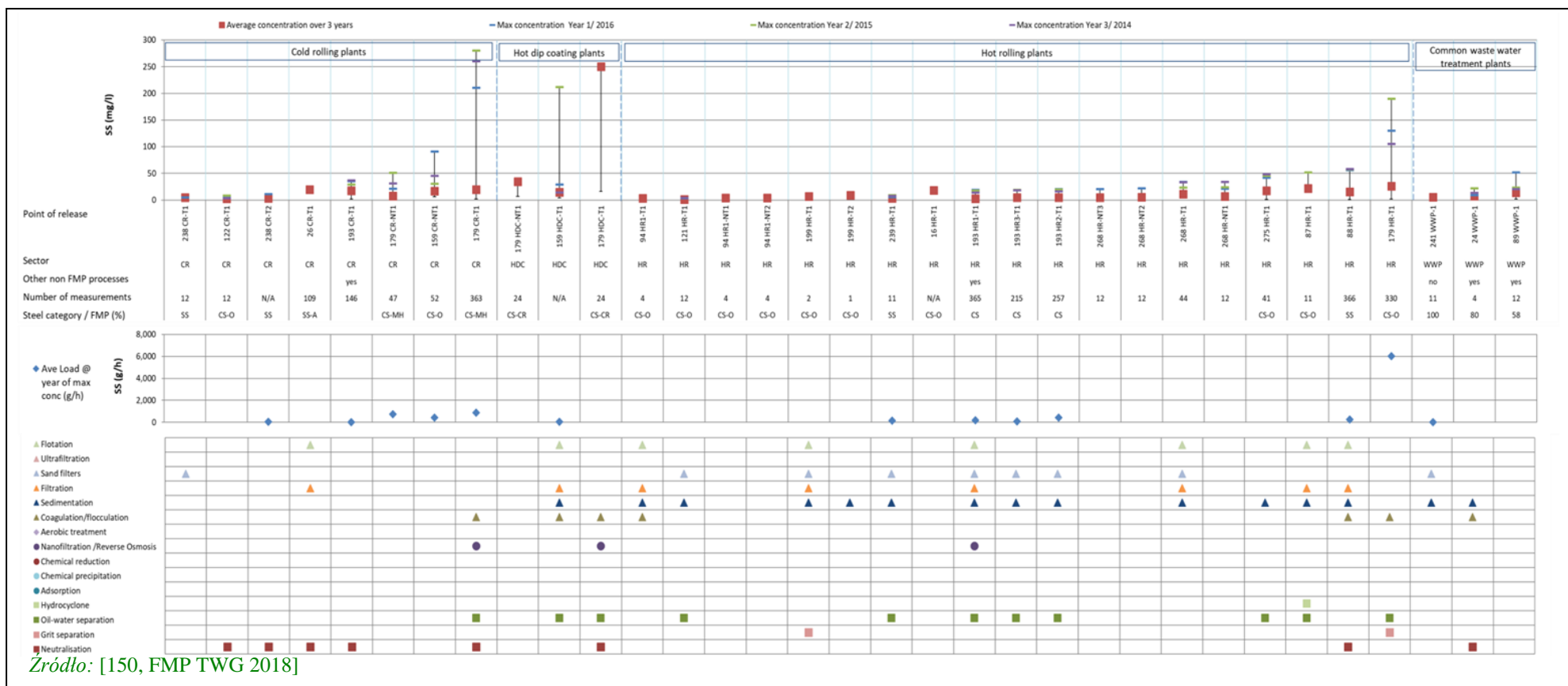


Rysunek 7.34: Emisje cyny (w mg/l) w przypadku zrzutów bezpośrednich

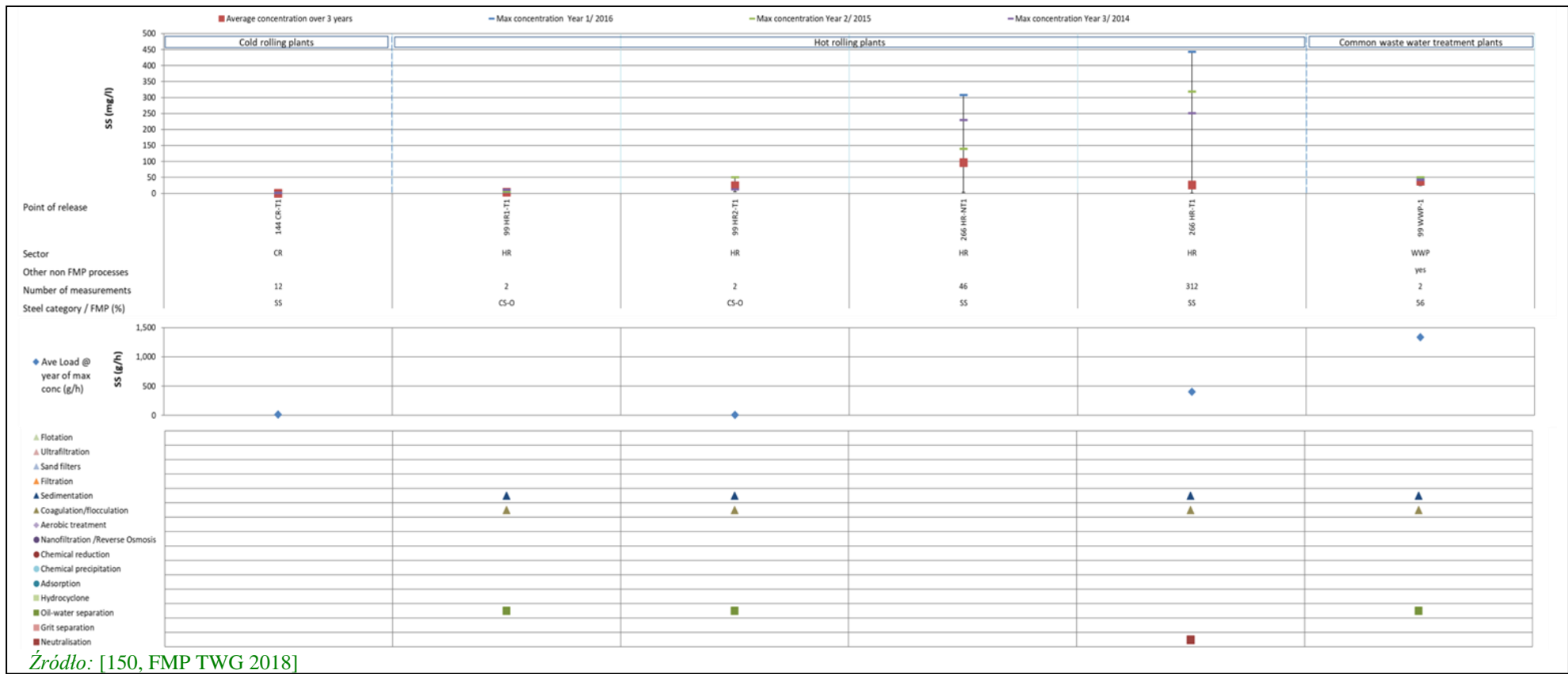


Źródło: [150, FMP TWG 2018]

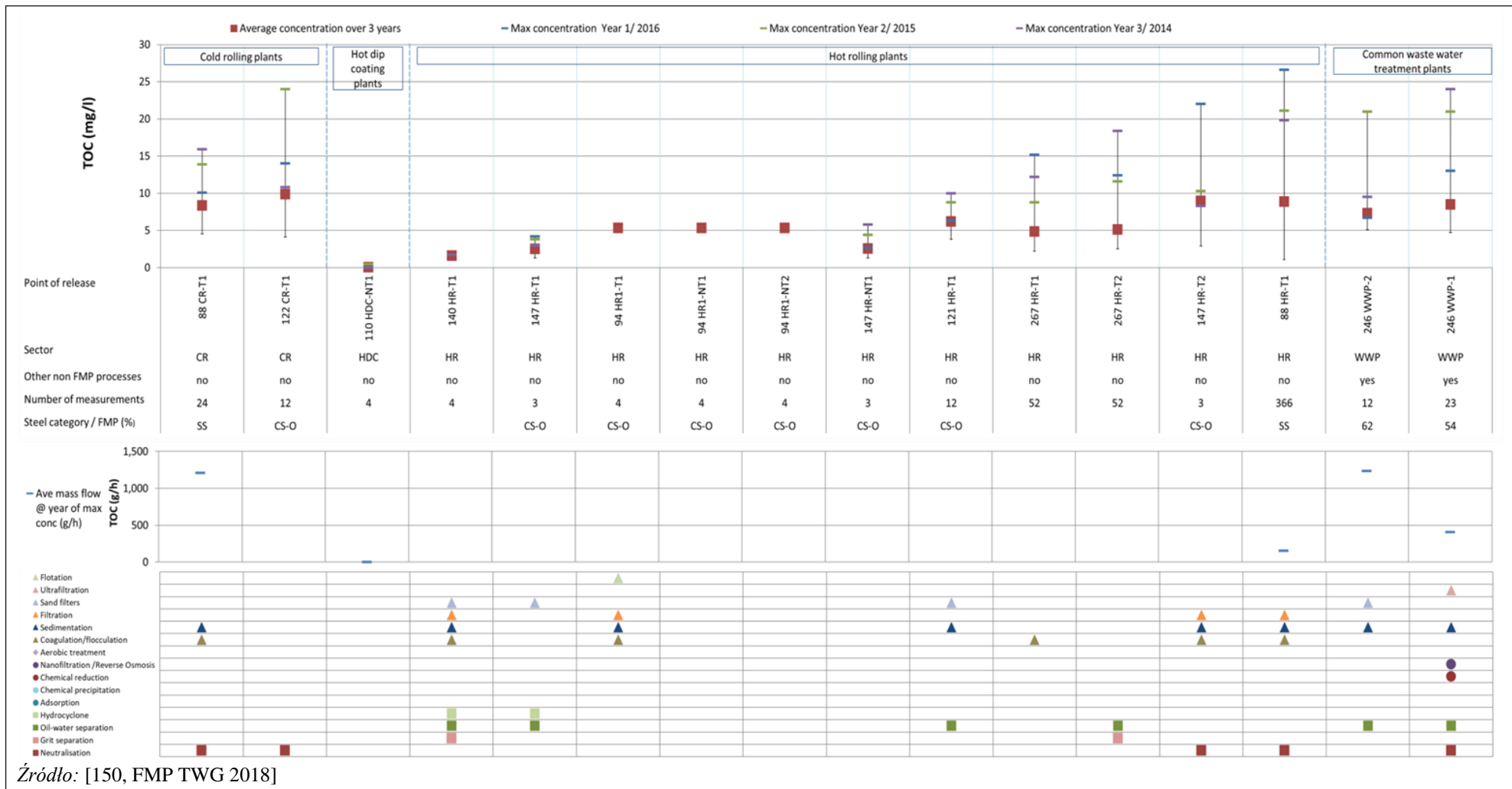
Rysunek 7.35: Emisje cyny (w mg/l) w przypadku zrzutów pośrednich



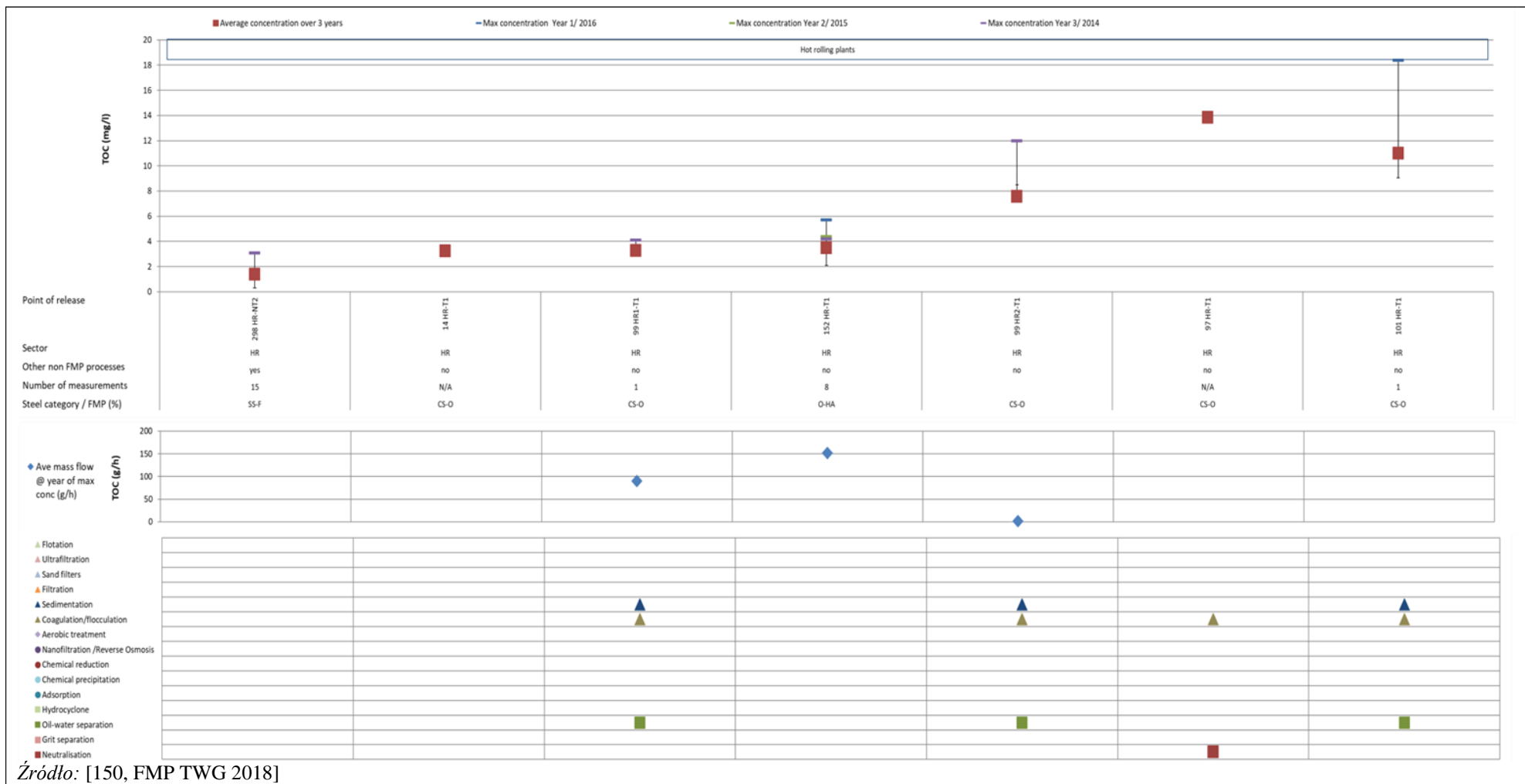
Rysunek 7.36: Emisje zawiesin (w mg/l) dla zrzutów bezpośrednich



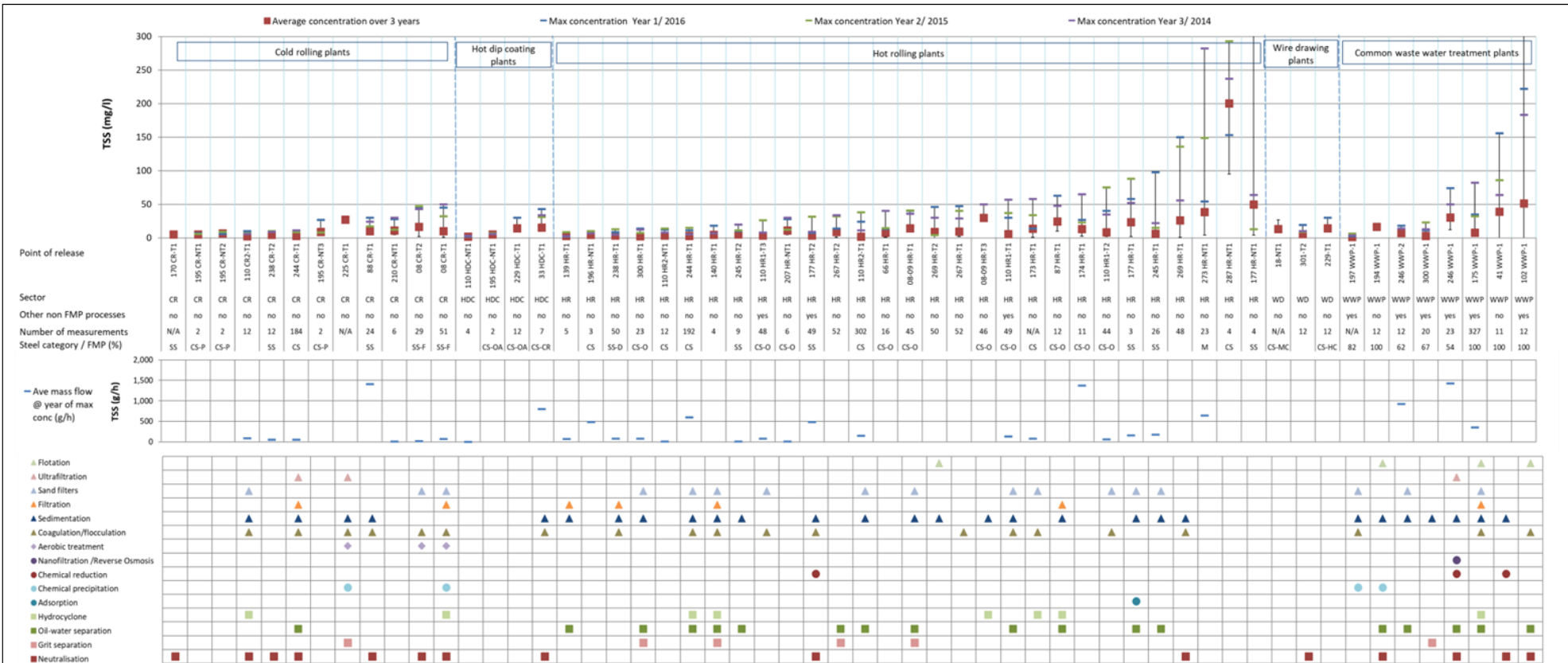
Rysunek 7.37: Emisje zawiesin (w mg/l) dla zrzutów pośrednich



Rysunek 7.38: Emisje TOC (w mg/l) w przypadku zrzutów bezpośrednich



Rysunek 7.39: Emisje TOC (w mg/l) w przypadku zrzutów pośrednich

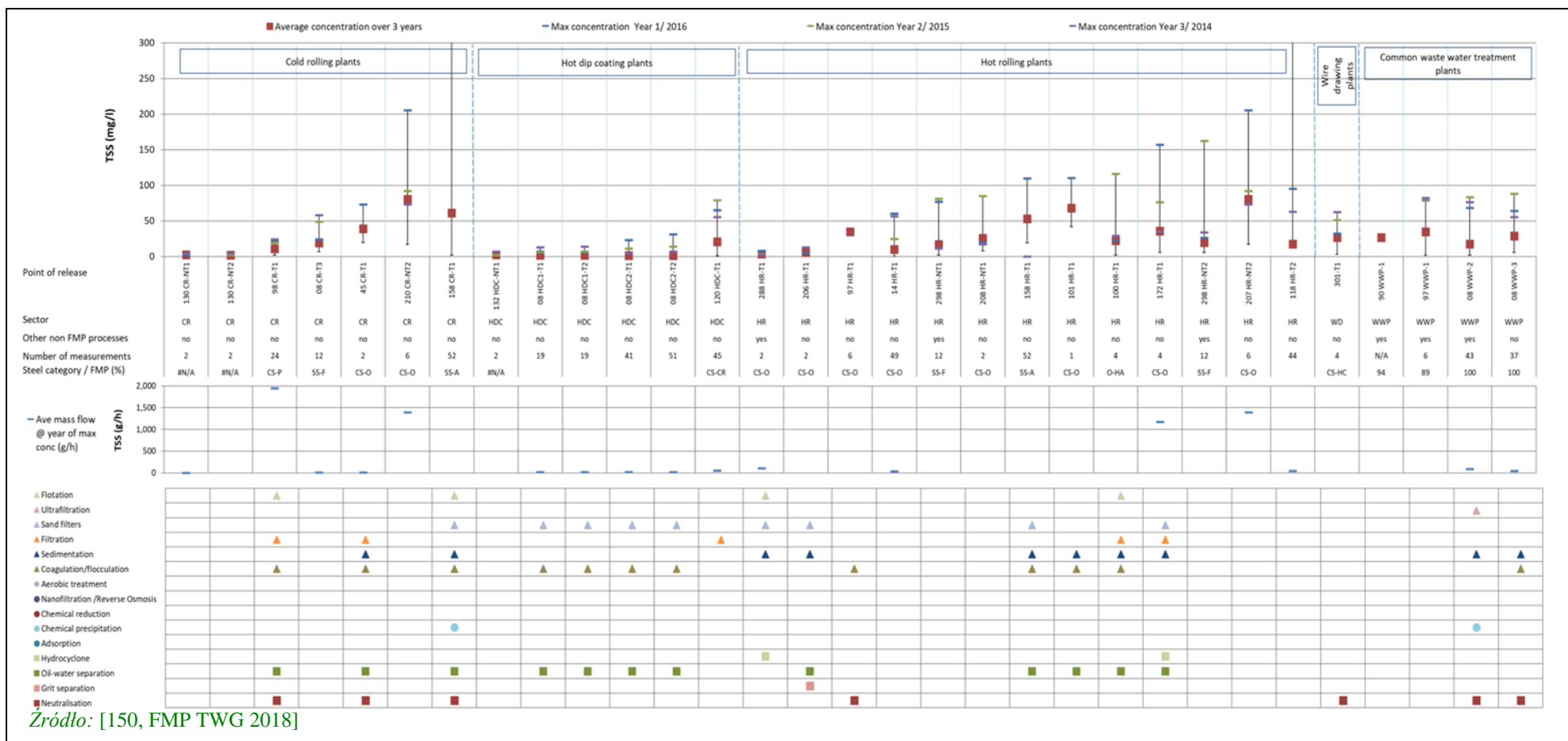


Wartości zbyt wysokie dla skali rysunku:

Kod zakładu - Punkt emisji	Średnie stężenie w ciągu 3 lat (mg/l)	Średnie stężenie w ciągu roku 1/2016 (mg/l)	Średnie stężenie w ciągu roku 2/2015 (mg/l)	Średnie stężenie w ciągu roku 3/2014 (mg/l)	Średni przepływ masy w roku maksymalnego stężenia (g/h)
197 WWP-1					23 888
300 WWP-1					12 530
229 HDC-T1					11 956
229-T1					11 956
08-09 HR-T1					20 715
08-09 HR-T3					34 426
41 WWP-1					62 919
102 WWP-1			326.0		8 985
177 HR-NT1		400.0			5 604

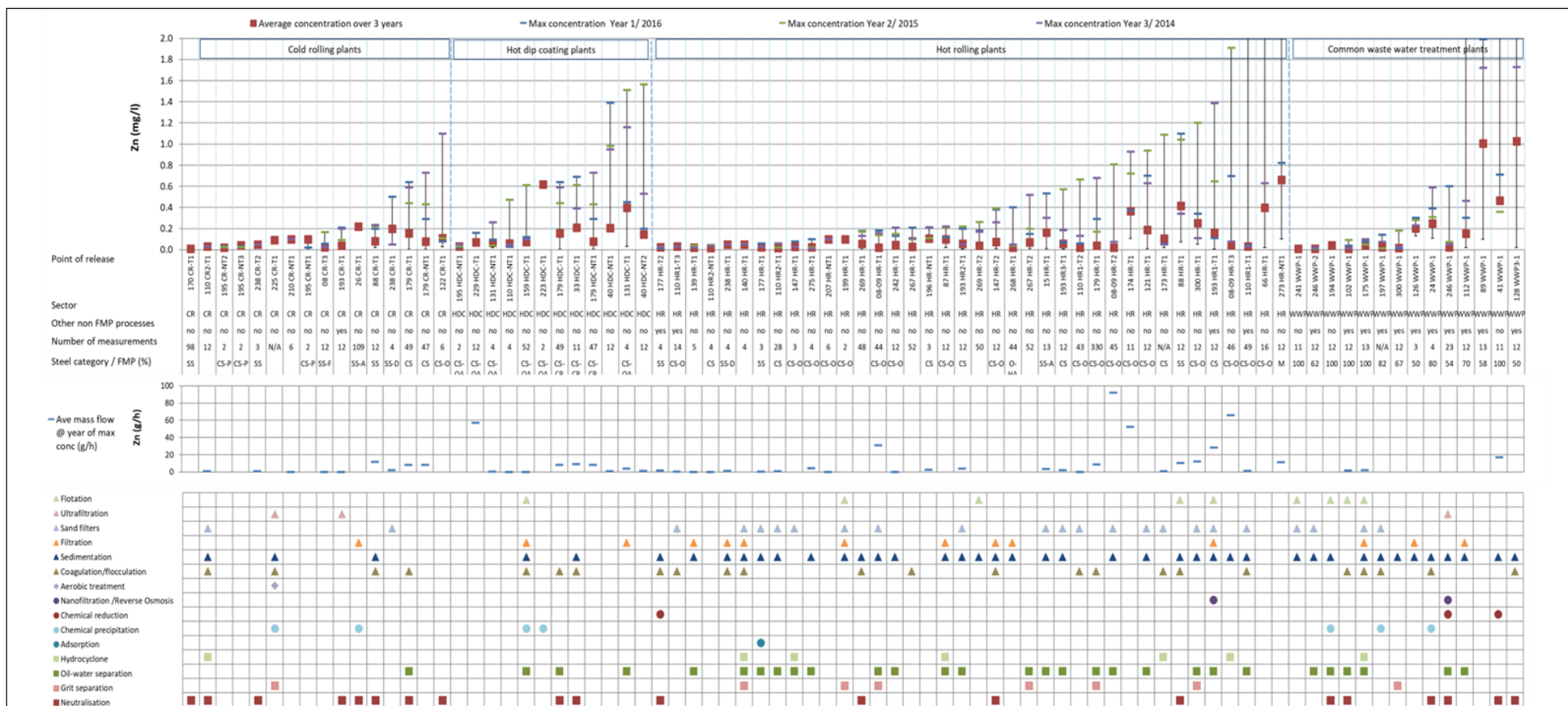
Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 7.40: Całkowita emisja zawiesin (w mg/l) dla zrzutów bezpośrednich



Rysunek 7.41: Całkowita emisja zawiesin (w mg/l) dla zrzutów pośrednich



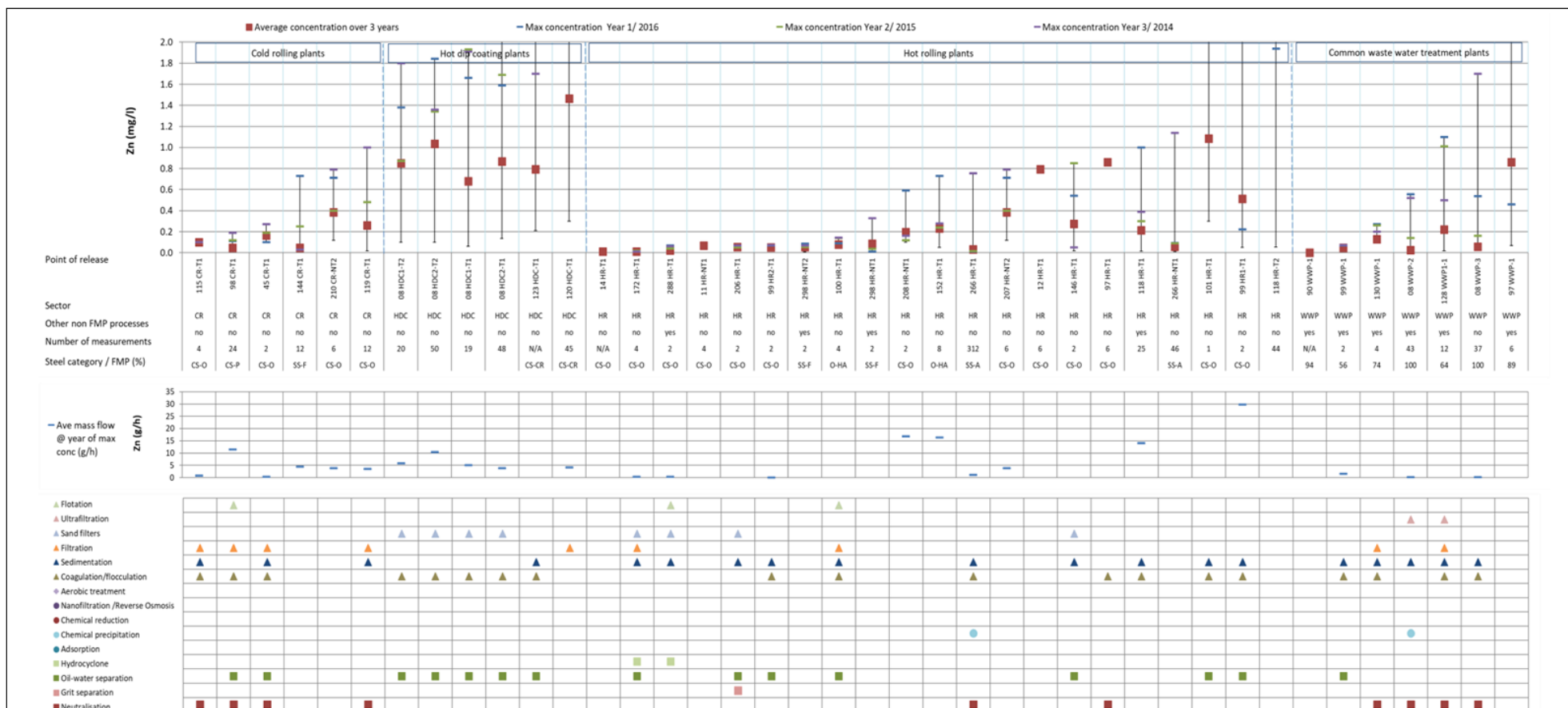


Wartości zbyt wysokie dla skali rysunku:

Kod zakładu - Punkt emisji	Średnie stężenie w ciągu 3 lat (mg/l)	Średnie stężenie w ciągu roku 1/2016 (mg/l)	Średnie stężenie w ciągu roku 2/2015 (mg/l)	Średnie stężenie w ciągu roku 3/2014 (mg/l)	Średni przepływ masy w roku maksymalnego stężenia (g/h)
197 WWP-1					751.0
110 HR1-T1			2.2		
66 HR-T1		2.3	2.7		
112 WWP-1			2.9		
273 HR-NT1			3.2	3.2	
89 WWP-1			3.8		
41 WWP-1				6.9	
128 WWP3-1		2.5	7.0		

Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 7.42: Emisje cynku (w mg/l) w przypadku zrzutów bezpośrednich



Wartości zbyt wysokie dla skali rysunku:

Kod zakładu - Punkt emisji	Średnie stężenie w ciągu 3 lat (mg/l)	Średnie stężenie w ciągu roku 1/2016 (mg/l)	Średnie stężenie w ciągu roku 2/2015 (mg/l)	Średnie stężenie w ciągu roku 3/2014 (mg/l)	Średni przepływ masy w roku maksymalnego stężenia (g/h)
08 HDC2-T1				2.1	
101 HR-T1		2.3			
99 HR1-T1				2.5	
123 HDC-T1		2.9	2.3		
97 WWP-1			5.6	7.5	
120 HDC-T1		8.5	9.9	6.9	
118 HR-T2	345.5		17.3	3.2	1 760

Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Rysunek 7.43: Emisje cynku (w mg/l) w przypadku zrzutów pośrednich

## **8. TECHNIKI, KTÓRE NALEŻY ROZWAŻYĆ PRZY OKREŚLANIU BAT W WIĘCEJ NIŻ JEDNYM SEKTORZE**

Aby uniknąć powtórzeń w opisie niektórych technik uwzględnianych przy ustalaniu BAT, niniejsza sekcja zawiera techniki, które są wykorzystywane w kilku sektorach. W niniejszej sekcji przedstawiono ogólny opis techniczny technik. Aspekty technik specyficzne dla danego sektora (główne Korzyści dla środowiska, możliwość zastosowania, wzajemne oddziaływanie na siebie, zakłady referencyjne, dane operacyjne, aspekty ekonomiczne, cel wdrożenia i bibliografia), jeśli występują, są czasami szerzej omówione w odpowiednich rozdziałach 2-6 niniejszego dokumentu, w których w stosownych przypadkach uwzględniono odniesienia do rozdziału 8.

### **8.1 Techniki środowiskowe**

#### **8.1.1 System zarządzania środowiskiem (EMS)**

##### **Opis**

Formalny system wykazujący zgodność z celami środowiskowymi.

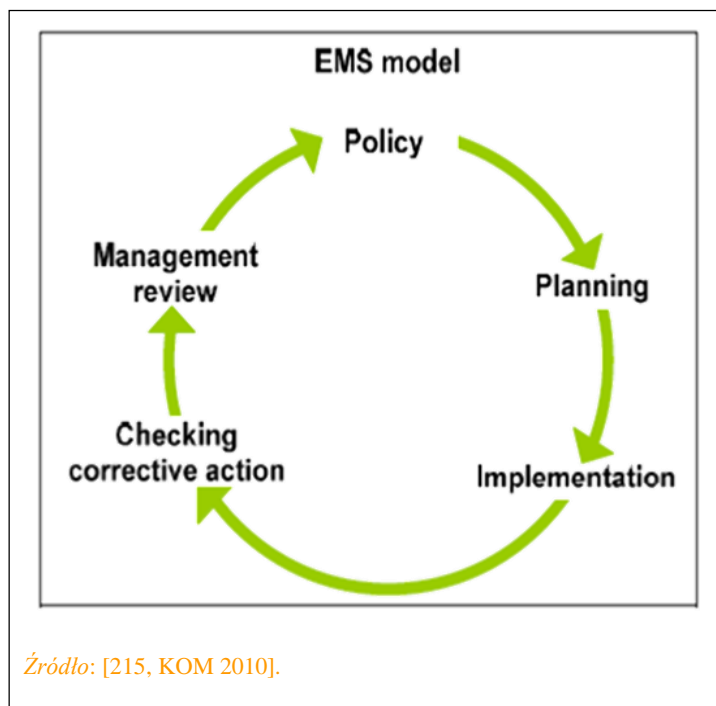
##### **Opis techniczny**

Dyrektywa w sprawie emisji przemysłowych definiuje "techniki" (w ramach definicji "najlepszych dostępnych technik") jako "zarówno stosowaną technologię, jak i sposób, w jaki instalacja jest projektowana, budowana, utrzymywana, eksploatowana i likwidowana".

W tym względzie system zarządzania środowiskiem (EMS) jest techniką pozwalającą operatorom instalacji na zajęcie się kwestiami ochrony środowiska w sposób systematyczny i możliwy do udowodnienia. EMS są najbardziej skuteczne i efektywne, jeśli stanowią nieodłączną część ogólnego zarządzania i działania instalacji.

EMS skupia uwagę operatora na ekologiczności instalacji; w szczególności poprzez zastosowanie jasnych procedur operacyjnych zarówno dla normalnych, jak i innych niż normalne warunków operacyjnych oraz poprzez określenie powiązanych z nimi zakresów odpowiedzialności.

Wszystkie skuteczne EMS zawierają koncepcję ciągłego doskonalenia, co oznacza, że zarządzanie ochroną środowiska jest procesem ciągłym, a nie projektem, który ostatecznie dobiega końca. Istnieją różne projekty procesów, ale większość EMS opiera się na cyklu planuj-wykonaj-sprawdź-działaj (który jest szeroko stosowany w innych kontekstach zarządzania firmą). Cykl ten jest iteracyjnym modelem dynamicznym, w którym zakończenie jednego cyklu powoduje rozpoczęcie następnego (patrz rysunek 8.1).



Rysunek 8.1: Ciągłe doskonalenie w modelu EMS

EMS może przyjąć formę systemu znormalizowanego lub nie znormalizowanego ("szytego na miarę"). Wdrożenie i przestrzeganie znormalizowanego systemu akceptowanego na poziomie międzynarodowym, takiego jak EN ISO 14001:2015, może nadać wyższą wiarygodność EMS, zwłaszcza gdy zostanie poddany prawidłowo przeprowadzonej weryfikacji zewnętrznej. System ekzarządzania i audytu Unii Europejskiej (EMAS) zgodnie z rozporządzeniem (WE) nr 1221/2009 zapewnia dodatkową wiarygodność ze względu na interakcję ze społeczeństwem poprzez deklarację środowiskową oraz mechanizm zapewniający zgodność z obowiązującymi przepisami dotyczącymi ochrony środowiska. Systemy niestandardowe mogą być jednak zasadniczo równie skuteczne, pod warunkiem że zostaną odpowiednio zaprojektowane i wdrożone.

O ile zarówno systemy znormalizowane (EN ISO 14001:2015 lub EMAS), jak i systemy niestandardowe mają zasadniczo zastosowanie do organizacji, o tyle niniejszy dokument przyjmuje węższe podejście, nie obejmując wszystkich działań organizacji, np. w odniesieniu do ich produktów i usług, ze względu na fakt, że dyrektywa reguluje jedynie instalacje.

System EMS może zawierać następujące cechy:

- i. zaangażowanie, przywództwo i odpowiedzialność kierownictwa, w tym kierownictwa wyższego szczebla, za wdrożenie skutecznego EMS;
- ii. analizę, która obejmuje określenie kontekstu organizacji, identyfikację potrzeb i oczekiwań zainteresowanych stron, identyfikację cech instalacji, które są związane z możliwymi zagrożeniami dla środowiska (lub zdrowia ludzkiego), jak również mających zastosowanie wymagań prawnych dotyczących środowiska;
- iii. opracowanie polityki środowiskowej uwzględniającej ciągłą poprawę efektów działalności środowiskowej instalacji;
- iv. ustanowienie celów i wskaźników wydajności w odniesieniu do istotnych aspektów środowiskowych, w tym zapewnienie zgodności z obowiązującymi wymogami prawnymi;
- v. planowanie i wdrażanie niezbędnych procedur i działań (w tym działań korygujących i zapobiegawczych w razie potrzeby), aby osiągnąć cele środowiskowe i uniknąć zagrożeń dla środowiska;
- vi. określenie struktur, ról i obowiązków w odniesieniu do aspektów i celów środowiskowych oraz

- zapewnienie potrzebnych zasobów finansowych i ludzkich;
- vii. zapewnienie niezbędnych kompetencji i świadomości personelu, którego praca może mieć wpływ na efekty działalności środowiskowej instalacji (np. poprzez zapewnienie informacji i szkoleń);
  - viii. komunikacja wewnętrzna i zewnętrzna;
  - ix. wspieranie zaangażowania pracowników w dobre praktyki zarządzania środowiskiem;
  - x. ustanowienie i utrzymanie podręcznika zarządzania oraz pisemnych procedur kontroli działań o znaczącym wpływie na środowisko, jak również odpowiednich zapisów;
  - xi. skuteczne planowanie operacyjne i kontrola procesów;
  - xii. wdrożenie odpowiednich programów konserwacji;
  - xiii. protokoły gotowości i reagowania na sytuacje kryzysowe, w tym zapobieganie i/lub łagodzenie negatywnych (środowiskowych) skutków sytuacji kryzysowych;
  - xiv. podczas (ponownego) projektowania (nowej) instalacji lub jej części, uwzględnienie jej wpływu na środowisko w całym okresie jej życia, który obejmuje budowę, utrzymanie, eksploatację i wycofanie z eksploatacji;
  - xv. wdrożenie programu monitorowania i pomiarów; w razie potrzeby informacje można znaleźć w raporcie referencyjnym dotyczącym monitorowania emisji do powietrza i wody z instalacji IED;
  - xvi. regularne stosowanie benchmarkingu sektorowego;
  - xvii. okresowe niezależne (w miarę możliwości) audyty wewnętrzne oraz okresowe niezależne audyty zewnętrzne w celu oceny efektów działalności środowiskowej oraz ustalenia, czy EMS jest zgodny z zaplanowanymi ustaleniami oraz czy został właściwie wdrożony i utrzymany;
  - xviii. ocenę przyczyn niezgodności, wdrożenie działań korygujących w odpowiedzi na niezgodności, przegląd skuteczności działań korygujących oraz określenie, czy istnieją podobne niezgodności lub czy mogą potencjalnie wystąpić;
  - xix. okresowy przegląd, dokonywany przez kierownictwo wyższego szczebla, EMS oraz jego ciągłej przydatności, adekwatności i skuteczności;
  - xx. śledzenie i uwzględnianie rozwoju technik oczyszczania.

W szczególności dla sektora przetwórstwa metali żelaznych, w EMS zawarte są następujące cechy:

- xxi. inwentaryzację stosowanych w procesie chemikaliów oraz strumieni ścieków i gazów odlotowych (patrz sekcja 8.1.2)
- xxii. system zarządzania chemikaliami (patrz sekcja 8.1.3);
- xxiii. plan zapobiegania i kontroli wycieków i rozlewów (patrz sekcja 8.3.3);
- xxiv. plan zarządzania OTNOC (zob. sekcja 8.3.5);
- xxv. plan efektywności energetycznej (patrz punkt 8.5.1);
- xxvi. plan gospodarki wodnej (patrz punkt 8.7.1);
- xxvii. plan zarządzania hałasem i wibracjami (patrz punkt 8.10.1).
- xxviii. plan zarządzania pozostałościami (patrz sekcja 8.11.1);

### **Korzyści dla środowiska**

EMS promuje i wspiera ciągłą poprawę wyników instalacji w zakresie ochrony środowiska. Jeśli instalacja posiada już dobre ogólne wyniki w zakresie ochrony środowiska, EMS pomaga operatorowi utrzymać wysoki poziom wyników.

### **Efekty krzyżowe**

Nie zgłoszono. Systematyczna analiza wstępnych wpływów na środowisko i zakresu usprawnień w kontekście EMS stanowi podstawę do oceny najlepszych rozwiązań dla wszystkich mediów środowiskowych.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Poziom szczegółowości i stopień formalizacji EMS będzie generalnie związany z charakterem, skalą i złożonością instalacji oraz zakresem wpływów środowiskowych, jakie może ona wywierać.

### **Aspekty ekonomiczne**

Trudno jest dokładnie określić koszty i korzyści ekonomiczne wynikające z wprowadzenia i utrzymania dobrego EMS. Istnieją również korzyści ekonomiczne będące wynikiem stosowania EMS i różnią się

one znacznie w zależności od sektora.

### **Cel wdrożenia**

Do sił napędowych wdrażania EMS należą:

- lepsze wyniki w zakresie ochrony środowiska;
- lepszy wgląd w aspekty środowiskowe przedsiębiorstwa, które mogą być wykorzystane do spełnienia wymogów środowiskowych klientów, organów regulacyjnych, banków, firm ubezpieczeniowych lub innych zainteresowanych stron (np. osób mieszkających lub pracujących w pobliżu instalacji);
- lepszą podstawę do podejmowania decyzji;
- poprawa motywacji personelu (np. kierownicy mogą mieć pewność, że wpływ na środowisko jest kontrolowany, a pracownicy mogą mieć poczucie, że pracują w firmie odpowiedzialnej środowiskowo);
- dodatkowe możliwości redukcji kosztów operacyjnych i poprawy jakości produktów;
- poprawa wizerunku firmy;
- zmniejszenie kosztów odpowiedzialności, ubezpieczenia i niezgodności z przepisami.

### **Przykładowe zakłady**

EMS są stosowane w szeregu instalacji w całej UE.

### **Bibliografia**

[213, IAF 2010] [214, UE 2009] [215, COM 2010] [217, CEN 2015]

## **8.2.2 Inwentaryzacja stosowanych chemikaliów procesowych oraz strumieni ścieków i gazów odlotowych**

### **Opis**

Zestawienie odpowiednich danych podstawowych o stosowanych chemikaliach procesowych oraz o składzie i ilości strumieni ścieków i gazów odlotowych - każdego z osobna - odbywa się w inwentaryzacji (rejestrze) strumieni. Emitowane strumienie są wymienione odpowiednio do ich źródła (tj. procesu), z którego pochodzą. Jest to kluczowy element oceny ich stopnia zanieczyszczenia i charakteru zanieczyszczeń, a także możliwości redukcji u źródła.

### **Opis techniczny**

Inwentaryzacja strumienia (rejestr) obejmuje następujące aspekty, jeśli są one istotne dla konkretnych warunków lokalnych:

- (i) informacje o procesach produkcyjnych, w tym:
  - (a) uproszczone arkusze przepływu procesu, które pokazują pochodzenie emisji;
  - (b) opisy technik zintegrowanych z procesem oraz oczyszczania ścieków/gazów odpadowych u źródła, łącznie z ich wydajnością;
- (ii) informacje o charakterystyce strumieni ścieków, takie jak:
  - (a) średnie wartości i zmienność przepływu, pH, temperatury i przewodności;
  - (b) średnie wartości stężenia i przepływu masowego odpowiednich substancji oraz ich zmienność (np. zawiesina ogólna, ChZT/TOC, indeks węglowodorów, fosfor, metale, fluorki);
- (iii) informacje o ilości i charakterystyce stosowanych chemikaliów procesowych:
  - (a) tożsamość i charakterystykę chemikaliów stosowanych w procesie, w tym właściwości wywierające niekorzystny wpływ na środowisko i/lub zdrowie ludzkie;
  - (b) ilości stosowanych chemikaliów procesowych oraz miejsca ich stosowania;
- (iv) informacje o charakterystyce strumieni gazów odlotowych, takie jak:
  - (a) średnie wartości i zmienność przepływu i temperatury;

- (b) średnie wartości stężenia i przepływu masy odpowiednich substancji oraz ich zmienność (np. pył, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, metale, kwasy);
- (c) obecność innych substancji, które mogą mieć wpływ na system oczyszczania gazów odlotowych (np. tlen, azot, para wodna) lub bezpieczeństwo instalacji (np. wodór).

Jeśli chodzi o wykaz chemikaliów procesowych, preferowane jest opracowanie i utrzymywanie takiego wykazu w formie elektronicznej.

#### **Korzyści dla środowiska**

Korzyści dla środowiska obejmują redukcję emisji do wody i/lub powietrza. Identyfikacja odpowiednich strumieni ścieków/gazów odpadowych jest warunkiem wstępnym efektywnego zarządzania ściekami/gazami odpadowymi oraz redukcji emisji za pomocą środków technicznych i zarządczych.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekt cross-media**

Brak.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Poziom szczegółowości wykazu będzie na ogół związany z charakterem, skalą i złożonością instalacji oraz zakresem oddziaływań na środowisko, jakie może ona wywołać.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Inwentarze/rejestry mogą być wykorzystywane do oceny wdrażania BAT i mogą stanowić podstawowe informacje dla organów przy ustalaniu dopuszczalnych wartości emisji.

#### **Przykładowe zakłady**

Wykorzystanie inwentaryzacji strumieni jest stosowane w wielu instalacjach w całej UE.

#### **Bibliografia**

[240, Pinasseau et al. 2018] [239, Brinkmann et al. 2016].

### **8.3.3 System zarządzania chemikaliami (CMS )**

#### **Opis**

System zarządzania chemikaliami jest częścią EMS (patrz punkt 8.1.1) i stanowi zbiór środków technicznych i organizacyjnych mających na celu ograniczenie wpływu stosowania chemikaliów procesowych na środowisko.

#### **Opis techniczny**

System zarządzania chemikaliami (CMS) zawiera następujące elementy:

**I.** Polityka zmniejszania zużycia i ryzyka związanego z chemikaliami procesowymi, w tym polityka zamówień publicznych mająca na celu wybór mniej szkodliwych chemikaliów procesowych i ich dostawców w celu zminimalizowania wykorzystania i ryzyka związanego z substancjami niebezpiecznymi oraz uniknięcia zamówienia nadmiernej ilości chemikaliów procesowych. Wybór chemikaliów procesowych może uwzględniać:

- a) ich eliminowalność, ekotoksyczność i możliwość uwolnienia do środowiska w celu zmniejszenia emisji do środowiska;
- b) charakterystykę ryzyka związanego z chemikaliami używanymi w procesie, w oparciu o

oświadczenie o zagrożeniach związanych z chemikaliami, drogi przez zakład, potencjalne uwolnienie i poziom narażenia;

- c) regularną (np. coroczną) analizę możliwości zastąpienia, w celu zidentyfikowania potencjalnie nowych dostępnych i bezpieczniejszych alternatyw dla stosowania substancji niebezpiecznych (np. stosowanie innych chemikaliów procesowych nie wywierających wpływu na środowisko lub wywierających go w mniejszym stopniu, zob. sekcja 8.4.1);
- d) wyprzedzające monitorowanie zmian w przepisach dotyczących niebezpiecznych substancji chemicznych oraz zapewnienie zgodności z obowiązującymi wymogami prawnymi.

Do wspomaganie wyboru chemikaliów procesowych można wykorzystać wykaz chemikaliów procesowych (patrz sekcja 8.1.2).

**II.** Cele i plany działania mające na celu uniknięcie lub zmniejszenie wykorzystania i ryzyka związanego z substancjami niebezpiecznymi.

**III.** Opracowanie i wdrożenie procedur zaopatrzenia, obsługi, przechowywania i stosowania chemikaliów procesowych w celu zapobiegania lub ograniczania emisji do środowiska (np. patrz sekcja 8.3).

#### **Korzyści dla środowiska**

- Ograniczenie stosowania niebezpiecznych substancji chemicznych.
- Ograniczenie emisji niebezpiecznych substancji chemicznych do środowiska.
- Zmniejszenie ilości niebezpiecznych substancji chemicznych w odpadach.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Potrzeba wdrożenia systemu zarządzania chemikaliami w odpowiednich instalacjach IED w zależności od ilości, ilości i różnorodności stosowanych substancji chemicznych została opisana bardziej szczegółowo we wnioskach z projektu HAZBREF (pakiet roboczy 3 - działanie 3.2). [233, HAZBREF 2021].

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Poziom szczegółowości CMS będzie generalnie związany z charakterem, skalą i złożonością zakładu.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Do czynników napędzających wdrożenie systemu CMS zalicza się:

- lepsze wyniki w zakresie ochrony środowiska;
- zgodność z przepisami;
- optymalne wykorzystanie niebezpiecznych substancji chemicznych.

#### **Przykładowe zakłady**

Brak informacji.

#### **Bibliografia**

[233, HAZBREF 2021].



## 8.2 Monitorowanie

### 8.2.1 Zarys ogólny

Potrzebne są rzeczywiste dane dotyczące dokładnego wpływu działalności zakładu przemysłowego na środowisko. Konieczne jest więc prowadzenie zaplanowanego, regularnego programu pobierania próbek i monitoringu. Do monitorowanych parametrów należą:

- źródła punktowe emisje skanalizowane, rozproszone i niezorganizowane do atmosfery, wody lub kanalizacji;
- odpady, w szczególności odpady niebezpieczne;
- skażenie ziemi, wody i powietrza;
- wykorzystanie wody, paliw, energii, tlenu, azotu i innych gazów (np. argonu);
- odprowadzanie energii cieplnej, hałas, zapach i pył;
- wpływ na poszczególne części środowiska i ekosystemy;
- wypadki na terenie zakładu i zdarzenia potencjalnie wypadkowe;
- urazy personelu;
- wypadki w transporcie;
- skargi od mieszkańców gminy.

Monitoring nie ogranicza się jednak do pomiarów analitycznych. Obejmuje ono również regularną konserwację oraz kontrole wizualne i kontrole bezpieczeństwa. Najlepiej, aby zapisy z monitorowania emisji do powietrza i wody były udostępniane w formie elektronicznej.

Równoległe do tego dokumentu istnieje Raport Referencyjny dotyczący monitorowania emisji do powietrza i wody z instalacji IED, do którego czytelnik jest odsyłany w celu uzyskania dalszych informacji [241, Brinkmann et al. 2018].

### 8.2.2 Monitorowanie emisji do wody

#### Opis

Regularne monitorowanie emisji do wody.

#### Opis techniczny

Monitorowanie odpowiednich parametrów może być realizowane poprzez pomiary on-line (które ułatwiają szybką interwencję i kontrolę oczyszczalni ścieków - WWTP) lub wyniki analityczne uzyskane z próbek ścieków. Parametry, które należy monitorować oraz częstotliwość monitorowania zależą od działalności podłączonej do oczyszczalni ścieków oraz od przeznaczenia oczyszczonych ścieków (zrzut bezpośredni lub zrzut pośredni po dalszym oczyszczeniu w innej oczyszczalni przemysłowej lub miejskiej). Zrzuty mogą pochodzić z oczyszczalni ścieków, która oczyszcza strumienie pochodzące tylko z jednego sektora (np. walcowanie na gorąco) lub ze wspólnej oczyszczalni ścieków, która oczyszcza strumienie z kilku sektorów FMP i może również zawierać strumienie z działań nie związanych z FMP.

Monitorowanie emisji przeprowadza się zgodnie z normami EN lub, jeśli normy EN nie są dostępne, zgodnie z normami ISO, krajowymi lub innymi normami międzynarodowymi, które zapewniają dostarczenie danych o równoważnej jakości naukowej.

#### Korzyści dla środowiska

Monitoring ścieków z zakładu FMP pomaga w utrzymaniu prawidłowego działania zakładu i wykryciu przypadkowych uwolnień, a tym samym pomaga zapobiegać ewentualnym negatywnym skutkom

środowiskowym przy zrzucie ścieków.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Wspólne monitorowane parametry znajdują się we wspólnej sekcji dotyczącej emisji do wody (sekcja 7.2.1) i obejmują: TOC, ChZT, HOI, TSS, B, Cd, Cr całkowite, Cr(VI), Fe, Ni, Pb, Sn, Zn, Hg, P całkowite i F.

#### **Efekty krzyżowe**

Do prowadzenia monitoringu wymagane są pewne urządzenia, materiały pomocnicze i energia. Pomiar ChZT opiera się na wykorzystaniu bardzo toksycznych związków (tj. rtęci i chromianu).

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólne zastosowanie do wszystkich oczyszczalni ścieków, w których występują emisje do wody.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Koszty związane z monitorowaniem ścieków z oczyszczalni ścieków dotyczą personelu i sprzętu wykorzystywanego do pobierania próbek i pomiarów.

#### **Cel wdrożenia**

Przepisy dotyczące ochrony środowiska.

#### **Przykładowe zakłady**

Zob. pkt 7.2.1.

#### **Bibliografia**

[241, Brinkmann et al. 2018].

## **8.2.3 Monitorowanie emisji do powietrza**

#### **Opis**

Regularne monitorowanie emisji do powietrza.

#### **Opis techniczny**

Monitorowanie odpowiednich parametrów może być realizowane poprzez pomiary on-line (które ułatwiają szybką interwencję i kontrolę) lub wyniki analityczne uzyskiwane z próbek powietrza. Parametry podlegające monitorowaniu oraz częstotliwość monitorowania zależą między innymi od działań odpowiedzialnych za generowanie emisji do powietrza.

Monitorowanie emisji odbywa się zgodnie z normami EN lub, jeśli normy EN nie są dostępne, z normami ISO, krajowymi lub innymi normami międzynarodowymi, które zapewniają dostarczenie danych o równoważnej jakości naukowej.

#### **Korzyści dla środowiska**

Monitorowanie gazów odlotowych z zakładu FMP pomaga utrzymać prawidłową pracę zakładu oraz wykryć przypadkowe uwolnienia, a tym samym pomaga zapobiegać ewentualnym negatywnym skutkom środowiskowym w przypadku emisji gazów odlotowych.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Dane dotyczące wspólnych parametrów monitorowanych w zakładach FMP można znaleźć w sektorowych sekcjach dotyczących walcowania na gorąco (sekcja 2.3.5), walcowania na zimno (sekcja 3.3.5), ciągnięcia drutu (sekcja 4.3.5), powlekania ogniowego (sekcja 5.3.5) i galwanizacji wsadowej (sekcja 6.3.5). Niektóre z kluczowych parametrów podlegających monitorowaniu to: pył, NO<sub>x</sub>, HCl, HF, SO<sub>2</sub>, CO, Ni i Pb.

#### **Efekty krzyżowe**

Do prowadzenia monitoringu wymagane są pewne urządzenia, materiały pomocnicze i energia.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólne zastosowanie do wszystkich zakładów FMP, w których występują emisje kierowane do powietrza.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Koszty związane z monitorowaniem gazów odlotowych z zakładu FMP dotyczą personelu i sprzętu używanego do pobierania próbek i pomiarów.

#### **Cel wdrożenia**

Przepisy dotyczące ochrony środowiska.

#### **Przykładowe zakłady**

Zob. odpowiednie sekcje dotyczące poszczególnych sektorów wskazane powyżej.

#### **Bibliografia**

[241, Brinkmann et al. 2018].

## **8.3 Ogólne środowisko wydajność**

Niniejszy rozdział obejmuje obszary, procesy i działania instalacji FMP, które nie zostały ujęte w innych miejscach, ponieważ odnoszą się one do zagadnień wspólnych dla większości sektorów FMP. W szczególności obejmuje ona zapobieganie emisjom do gleby, wód gruntowych i powierzchniowych, chociaż techniki są również istotne dla zapobiegania emisjom lotnym do powietrza wynikającym z dostawy/odbioru surowców i innych chemikaliów do/z zakładu FMP aż do ostatniego etapu przygotowania przed zastosowaniem. Jednakże, biorąc pod uwagę zintegrowane działanie i złożoność instalacji IED, nakładanie się i powtarzanie z innymi sekcjami są nieuniknione: zostały one powiązane, jeśli zostały znalezione.

Projektowanie, budowa i eksploatacja, określane również jako "dobre gospodarowanie" lub "dobre praktyki", odgrywają ważną rolę w ograniczaniu emisji niezorganizowanych oraz w ochronie zdrowia pracowników. W wielu firmach proste, przystępne środki dobrego gospodarowania są skutecznie stosowane w celu zminimalizowania zużycia oleju lub kwasu, poprawy wydajności, uzyskania czystszej miejsca pracy i obniżenia kosztów.

Środki zapobiegania rozlewom i wyciekom są szeroko opisane w innych miejscach, takich jak dokument EFS BREF. Poniższe sekcje stanowią zatem krótkie podsumowanie kluczowych kwestii dla tego sektora, wraz z bardziej szczegółowymi informacjami dotyczącymi skali i rodzaju działalności.

### **8.3.1 Opracowanie i wdrożenie planu zapobiegania i kontroli wycieków i rozlewów**

#### **Opis**

Przygotowanie i wdrożenie planu zapobiegania i kontroli potencjalnych wycieków i incydentów/wycieków.

#### **Opis techniczny**

Plan zapobiegania i kontroli wycieków i rozlewów jest częścią EMS (patrz punkt 8.1.1) i obejmuje między innymi:

- plany awaryjne dla małych i dużych rozlewów;
- określenie ról i obowiązków osób zaangażowanych;
- zapewnienie personelowi świadomości ekologicznej i przeszkolenia w zakresie zapobiegania i

- postępowania w przypadku rozlania się substancji;
- identyfikacja obszarów zagrożonych rozlaniem i/lub wyciekami materiałów niebezpiecznych i uszeregowanie ich według ryzyka;
- identyfikacja odpowiedniego sprzętu do ograniczania rozlewów i oczyszczania oraz regularne zapewnianie, że jest on dostępny, sprawny i znajduje się w pobliżu miejsc, w których może dojść do takich zdarzeń;
- wytyczne dotyczące postępowania z odpadami powstałymi w wyniku kontroli rozlewów;
- regularne (co najmniej raz w roku) inspekcje obszarów składowania i przeładunku, testowanie i kalibracja sprzętu do wykrywania wycieków oraz szybka naprawa wycieków z zaworów, dławnic, kołnierzy itp.

### **Korzyści dla środowiska**

Zapobiega lub minimalizuje skażenie wód powierzchniowych, gruntowych i gleby oraz pomaga w odkażeniu terenu po zaprzestaniu działalności. Zmniejsza również emisje ulotne z rozlanych rozpuszczalników.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Małe wycieki mogą zdarzać się częściej, a ich łączny efekt, jeśli nie zostaną wykryte i rozwiązane, to znaczny wzrost emisji nieorganizowanych do powietrza, gleby i wód gruntowych.

### **Efekty krzyżowe**

Brak.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Poziom szczegółowości planu będzie generalnie związany z charakterem, skalą i złożonością zakładu, a także z rodzajem i ilością stosowanych płynów.

### **Aspekty ekonomiczne**

Należy wziąć pod uwagę następujące koszty:

- Czas pracowników na szkolenia i aktualizację planów.
- Materiały do rozlania i oczyszczenia.

### **Cel wdrożenia**

- Zmniejszone ryzyko odpowiedzialności z tytułu zanieczyszczenia.
- Zmniejszone ryzyko wypadków towarzyszących, np. zapobieganie śliskim podłogom, ryzyko pożaru.

### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowane we wszystkich sektorach FMP.

### **Bibliografia**

Brak informacji.

## **8.3.2 Stosowanie olejoszczelnych tac lub piwnic**

### **Opis**

Stacje hydrauliczne i urządzenia smarowane olejem lub smarem znajdują się w szczelnych wannach lub piwnicach.

### **Opis techniczny**

Stacje hydrauliczne i urządzenia smarowane olejem lub smarem są umieszczone w szczelnych wannach lub piwnicach, aby uniknąć przenikania oleju do ziemi w przypadku wycieku. Przypadkowym uwolnieniom zapobiega się poprzez okresowe kontrole i konserwację zapobiegawczą uszczelnień, pomp i rurociągów. W przypadku wycieku oleje są odprowadzane do studzienek pompowych, gdzie są odprowadzane przez stronę trzecią lub wykorzystywane jako paliwo w produkcji

żelaza i stali (np. w wielkich piecach lub k o k s o w n i a c h ). [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

#### **Korzyści dla środowiska**

Zapobieganie zanieczyszczeniu wód olejami (węglowodorami).

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Zarówno koszty instalacji, jak i koszty eksploatacji są niskie. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

#### **Cel wdrożenia**

- Zmniejszone ryzyko odpowiedzialności z tytułu zanieczyszczenia.
- Cele związane ze zdrowiem i bezpieczeństwem w miejscu pracy, w tym zmniejszenie ryzyka wypadków towarzyszących, np. zapobieganie śliskim podłogom, zmniejszenie ryzyka pożaru.

#### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

#### **Bibliografia**

[23, Continuous Coating Shadow Group, 1999].

### **8.3.3 Zapobieganie i postępowanie w przypadku rozlania kwasów i wycieków**

#### **Opis**

Zbiorniki magazynowe zarówno dla świeżego jak i zużytego kwasu są wyposażone w szczelną wtórną izolację zabezpieczoną powłoką kwasoodporną, która jest regularnie kontrolowana pod kątem ewentualnych uszkodzeń i pęknięć. Obszary załadunku i rozładunku kwasów są zaprojektowane w taki sposób, że ewentualne rozlania i wycieki są ograniczane i przekazywane do obróbki na miejscu lub poza zakładem.

#### **Opis techniczny**

Wszystkie zbiorniki do przechowywania zarówno świeżego jak i zużytego kwasu są wyposażone w wydajne i szczelne zamknięcie wtórne, a w razie potrzeby również w osłony ochronne. To wtórne zamknięcie jest całkowicie zabezpieczone powłoką kwasoodporną, która jest regularnie kontrolowana pod kątem ewentualnych uszkodzeń i pęknięć. Ponadto strefa załadunku i rozładunku kwasów jest tak zaprojektowana, że ewentualny wyciek jest odprowadzany bezpośrednio do oczyszczalni ścieków lub może być zbierany oddzielnie w celu przetworzenia poza zakładem.

#### **Korzyści dla środowiska**

Zapobieganie zanieczyszczeniu wody kwasami.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

- Zmniejszone ryzyko odpowiedzialności z tytułu zanieczyszczenia.
- Cele dotyczące zdrowia i bezpieczeństwa w miejscu pracy, w tym zmniejszenie ryzyka wypadków związanych z narażeniem pracowników na działanie silnie żrących kwasów.

#### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

#### **Bibliografia**

Brak podanej literatury źródłowej.

### **8.3.4 Techniki przechowywania i obchodzenia się z cewkami**

#### **Opis**

Zintegrowane z procesem techniki zapobiegania zanieczyszczeniu gleby olejem podczas przechowywania i obsługi kręgów jako półproduktów lub produktów gotowych, w celu uniknięcia uszkodzeń kręgów, ponownej obróbki (post-processing) i późniejszego zwiększenia ilości wytwarzanych odpadów.

#### **Opis techniczny**

##### Warunki przechowywania zwojów

Zasadniczo przy składowaniu kręgów stalowych należy przestrzegać następujących zasad:

- Unikać osłabienia lub uszkodzenia materiału;
- Uniknięcie pomylenia materiałów/zapewnienie odnalezienia przechowywanych zwojów
- Zapewnienie bezpieczeństwa i higieny pracy/zapobieganie wypadkom
- Zapobieganie negatywnemu wpływowi na środowisko wynikającemu z wycieku oleju antykorozyjnego.

W magazynie kręgi są składane w miejscach wyposażonych w odpowiednie wsporniki kręgów, umożliwiające ich składowanie bez uszkodzenia. Podpory pod zwoje wykonane są z tworzywa sztucznego, stali lub drewna. Stalowe podkładki są wyłożone gumą lub tworzywem sztucznym. Konstrukcja wspornika zwoju odpowiada geometrii zwoju, tak aby uniknąć deformacji i uszkodzeń (patrz Rysunek 8.2). Do przechowywania naoliwionych kręgów można stosować tace ociekowe (patrz Rysunek 8.3).



Źródło: [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

Rysunek 8.2: Wspornik cewki wyłożony gumą odpowiadającą geometrii cewki



Źródło: [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

Rysunek 8.3: Podpora wężownicy z wannami ociekowymi oleju

#### Obsługa cewki

Dopuszczalnymi urządzeniami dźwigowymi do przenoszenia kręgów są dźwigi z kleszczami do kręgów (patrz rysunek 8.4), magnesami z hakami C (patrz rysunek 8.5) lub pilnikami z trzpieniami (patrz rysunek 8.6). Uchwyty do przenoszenia ładunków są dostosowane do wewnętrznej średnicy kręgu. Łańcuchy, liny i pasy nie są używane jako zawiesia. Stan osprzętu nośnego jest sprawdzany okresowo, a części zużywające się są wymieniane w zależności od ich stanu. Zwoje są sprawdzane w części wyjściowej zakładu i zabezpieczone przed uszkodzeniem. Kręgi przeznaczone do "magazynu zewnętrznego" są spinane dwoma stalowymi pasami.





Źródło: [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

Rysunek 8.4: Kleszcz zwojowy z osłoną



Źródło: [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

Rysunek 8.5: Magnes z hakiem C do podnoszenia cewek





Rysunek 8.6: Zwijarka z trzpieniami do manipulacji i transportu kręgów

#### Transfer cewki (w zakładzie)

Kręgi są przenoszone z należytą ostrożnością, aby uniknąć uszkodzeń. Transfer wewnątrzzakładowy odbywa się przy użyciu wyłącznie dozwolonych i wyznaczonych środków transportu. Można to zrobić za pomocą:

- Wózki widłowe: Pilniki trzpieniowe mogą być używane do przenoszenia kręgów do magazynu zewnętrznego. Jeśli przyczepy transportowe są ładowane i rozładowywane za pomocą pilników trzpieniowych, należy zachować szczególną ostrożność, aby nie uszkodzić wewnętrznego i zewnętrznego owinięcia kręgów podczas ich odkładania. Ponadto należy zachować odpowiednią odległość pomiędzy zwojami.
- Przyczepy transportowe lub wagony kolejowe: Podpory cewek wykonane są z tworzywa sztucznego, stali lub drewna. Stalowe podkładki są wyłożone gumą lub tworzywem sztucznym. Konstrukcja wsporników kręgów odpowiada geometrii kręgów. Aby zapewnić załadunek i rozładunek bez uszkodzeń, pomiędzy poszczególnymi kręgami zachowana jest odpowiednia odległość, która umożliwi szczyptom dźwigu sięganie pomiędzy kręgami lub pilarzowi trzpieniowemu załadowanie kręgu na przyczepę lub rozładowanie go z niej bez kontaktu z innymi kręgami. Przyczepy transportowe i wagony kolejowe posiadają odpowiednie pokrycia w celu ochrony przed deszczem i śniegiem.

#### **Korzyści dla środowiska**

- Zapobieganie skażeniu gleby olejem.
- Oszczędność energii dzięki uniknięciu dalszej obróbki produktu, wykończenia lub ponownej obróbki (post-processing).

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Można oczekiwać około 10-procentowej utraty produktywności poprzez wzrost produkcji złomu, jeśli nie zostaną podjęte odpowiednie środki w odniesieniu do przechowywania i obsługi produktów pośrednich i gotowych. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

Dokładne obliczenie kosztów w wyniku wdrożenia tych środków nie jest możliwe. Szacowane koszty zaoszczędzone dzięki optymalizacji systemu magazynowania i przeladunku odpowiadają około 10 % wartości produkcji.

### **Cel wdrożenia**

- Oszczędność materiału dzięki mniejszym uszkodzeniom półproduktów.
- Oszczędność produktu dzięki mniejszym uszkodzeniom zwojów.
- Zwiększona wydajność.
- Zmniejszenie ilości zarysowanych produktów.
- Zachowanie jakości produktu.

### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

### **Bibliografia**

[186, EUROFER 10-7-18, 2018].

## **8.3.5 Ustanowienie i wdrożenie planu zarządzania OTNOC w celu zmniejszenia emisji podczas OTNOC**

### **Opis**

Plan zarządzania OTNOC oparty na ryzyku zawiera wszystkie następujące elementy:

- identyfikację potencjalnych OTNOC (np. awaria urządzeń krytycznych dla ochrony środowiska ("urządzenia krytyczne")), ich pierwotnych przyczyn oraz ich potencjalnych skutków, a także regularny przegląd i aktualizację wykazu zidentyfikowanych OTNOC w następstwie poniższej oceny okresowej;
- właściwe zaprojektowanie sprzętu krytycznego (np. podział filtrów tkaninowych na komory);
- ustanowienie i wdrożenie planu kontroli i konserwacji zapobiegawczej dla urządzeń krytycznych;
- monitorowanie (tj. szacowanie lub, w miarę możliwości, pomiar) i rejestrowanie emisji podczas OTNOC oraz okoliczności towarzyszących;
- okresowa ocena emisji występujących podczas OTNOC (np. częstotliwość zdarzeń, czas trwania, ilość emitowanych zanieczyszczeń) i w razie potrzeby wdrożenie działań naprawczych.

### **Opis techniczny**

Podczas stosowania procesów opisanych powyżej w rozdziałach 2-6 i rozdziale 8, w zakładzie FMP mogą wystąpić inne niż normalne warunki operacyjne (OTNOC). Te OTNOC są bardzo zróżnicowane i mogą obejmować takie warunki jak:

- rozruch;
- wyłączenie;
- chwilowe przestoje;
- tryb podtrzymywania w piecach grzewczych;
- wycieki (oleje lub kwasy);
- wadliwe działanie lub awaria urządzeń służących do redukcji emisji lub części tych urządzeń (np. filtrów tkaninowych lub ESP);
- nieprawidłowe działanie instrumentów związanych z kontrolą procesu lub używanych do monitorowania emisji (takie jak dryf oprzyrządowania);
- testowanie nowej aparatury;

- kalibracja systemu monitorowania.

W celu zmniejszenia częstotliwości występowania OTNOC oraz ograniczenia emisji podczas OTNOC, wprowadza się oparty na ryzyku plan zarządzania OTNOC jako część systemu zarządzania środowiskowego (patrz sekcja 8.1.1), który może zawierać elementy opisane w sekcji opisu powyżej.

### **Korzyści dla środowiska**

Częściowo unika się emisji związanych z operacjami wyłączenia i rozruchu. Planowanie i osiągnięcie zmniejszonej liczby wyłączeń prawdopodobnie zmniejszy roczne poziomy masowych emisji z każdego zakładu.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Nieprawidłowości w działaniu instalacji przetwarzania gazów odlotowych mogą spowodować znaczny wzrost emisji (np. pyłu). Aby temu zapobiec, wprowadza się następujące środki:

#### Konserwacja zapobiegawcza

Konserwacja zapobiegawcza służy do:

- zapewnić, aby konserwacja wymagająca wyłączenia urządzeń/systemów kontroli emisji (np. hermetyzacja, systemy ekstrakcji, oczyszczanie gazów odlotowych) była planowana w czasie, gdy nie ma emisji (np. czas wyłączenia) lub gdy poziomy emisji są niskie;
- regularną wymianę części wymagających wymiany planuje się przed wystąpieniem awarii;
- zapewnić, że części, które są niezbędne do normalnego funkcjonowania urządzeń kontroli emisji, są przechowywane w magazynie, mogą być szybko wymienione lub naprawione przy minimalnym czasie oczekiwania na wezwanie;
- przeprowadzanie rutynowej i nierutynowych czynności konserwacyjnych, w tym konserwacji pokryw i połączeń rurowych dla systemów magazynowania i dostarczania oleju/kwasu.

#### Regularne kontrole konserwacyjne

Prowadzony jest harmonogram konserwacji oraz zapis wszystkich kontroli i czynności konserwacyjnych, który obejmuje:

- wizualnie sprawdzić, czy nie ma nieszczelnych uszczelek, kołnierzy, zaworów, spawów, zbiorników i kadzi;
- w razie potrzeby inspekcje przeprowadzane przez ekspertów zewnętrznych;
- monitorowanie kluczowych urządzeń pod kątem problemów takich jak drgania, wycieki emisji i planowanie napraw (jak wyżej);
- programy badań, np. próby ciśnieniowe rurociągów i zbiorników, kalibracja urządzeń pomiarowych i monitorujących;
- sprawdzić dokręcenie nakrętek i śrub;
- sprawdzić zużycie maszyn, zaworów i wiązek, przegrzanie łożysk itp;
- ponowne skalibrowanie systemów pomiarowych;
- zapewnić, że sprzęt do odsysania i usuwania skutków katastrofy jest w pełni sprawny.

#### Nieplanowana konserwacja

Operatorzy procesu i pracownicy utrzymania ruchu identyfikują i zgłaszają wycieki, uszkodzone urządzenia, pęknięte rury itp. w celu skupienia się na nieplanowanej konserwacji.

### **Efekty krzyżowe**

Brak.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

Unikanie przestoju w zakładzie może zmniejszyć koszty w instalacjach FMP poprzez:

- umożliwiając ciągłą przepustowość, a tym samym większe wykorzystanie instalacji;
- zmniejszenie konserwacji pieca ze względu na mniejsze obciążenie termiczne procesu.

#### **Cel wdrożenia**

- Redukuje czas przestoju.
- Utrzymuje jakość i wydajność produktu.

#### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

#### **Bibliografia**

Brak podanej literatury źródłowej.

## **8.4 Substancje niebezpieczne**

### **8.4.1 Unikanie stosowania związków chromu sześciowartościowego w pasywacji**

#### **Opis**

Stosowanie związków chromu (VI) w galwanizacji do pasywacji nie jest uważane za BAT ze względu na kwestie środowiskowe. Alternatywnie stosuje się inne roztwory zawierające metale (np. zawierające mangan, cynk, fluorek tytanu, fosforany i/lub molibdany) lub roztwory polimerów organicznych (np. zawierające poliuretany lub poliestry).

#### **Więcej informacji na temat technik**

Zob. pkt 5.4.1.5.6 i 5.4.1.5.7.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Zastosowanie może być ograniczone ze względu na specyfikacje produktu (np. jakość powierzchni, możliwość malowania, spawalność, formowalność, odporność na korozję).

## 8.5 Efektywność energetyczna

### 8.5.1 Plan efektywności energetycznej i audyty energetyczne

#### Opis

Plan efektywności energetycznej jest częścią EMS (patrz rozdział 8.1.1) i wiąże się z określeniem i obliczeniem konkretnego zużycia energii w danej działalności, ustaleniem kluczowych wskaźników efektywności w skali rocznej (np. MWh/tonę produktu) oraz zaplanowaniem okresowych celów poprawy i związanych z nimi działań. Audyty energetyczne przeprowadzane są co najmniej raz w roku, aby zapewnić realizację celów planu zarządzania energią. Plan efektywności energetycznej i audyty energetyczne mogą zostać włączone do ogólnego planu efektywności energetycznej większej instalacji (np. do produkcji żelaza i stali).

#### Opis techniczny

Szerokie informacje na temat efektywności energetycznej można znaleźć w dokumencie BREF dotyczącym efektywności energetycznej [238, COM 2009]. Niektóre techniki mające zastosowanie do zwiększenia efektywności energetycznej zakładów FMP są następujące:

- a. Ocenianie kosztów i korzyści różnych opcji energetycznych.
- b. Monitorowanie przepływów energii (zużycie i wytwarzanie według źródeł) i wyznaczanie obszarów do redukcji.
- c. Określenie i obliczenie konkretnego zużycia energii w ramach danej działalności (lub działań) oraz ustalenie kluczowych wskaźników wydajności w skali rocznej (np. MWh/tonę produktu).
- d. Przeprowadzenie ankiety energetycznej w celu określenia możliwości dalszych oszczędności energii.
- e. Zastosowanie technik odzysku ciepła ze spalin.
- f. Stosowanie środków operacyjnych, konserwacyjnych i porządkowych w najbardziej istotnych zakładach zużywających energię, takich jak:
  - klimatyzacja, chłodnictwo procesowe i systemy chłodzenia (nieszczelności, uszczelnienia, kontrola temperatury, konserwacja parownika/skraplacza);
  - działanie silników i napędów (np. silników o wysokiej sprawności);
  - systemy sprężonego gazu (nieszczelności, procedury użytkowania);
  - systemy dystrybucji pary (nieszczelności, odwadniacze, izolacja);
  - systemy ogrzewania pomieszczeń i ciepłej wody użytkowej;
  - smarowanie w celu uniknięcia wysokich strat tarcia (np. smarowanie mgłą);
  - konserwacja kotła, np. optymalizacja nadmiaru powietrza;
  - inne prace konserwacyjne związane z działalnością w zakładzie;
  - regularny przegląd wymagań dotyczących sprzętu.
- g. Stosowanie technik zmniejszających zużycie energii, a tym samym zmniejszających zarówno emisje bezpośrednie (ciepło i emisje z wytwarzania na miejscu), jak i pośrednie (emisje z odległej elektrowni). Na przykład:
  - ocieplenie budynku;
  - zastosowanie energooszczędnego oświetlenia terenu;
  - konserwacja pojazdów;
  - efektywny układ instalacji w celu zmniejszenia odległości pompowania;
  - optymalizacja fazowa silników elektronicznych;
  - odzysk ciepła;
  - zapewnienie wyłączenia sprzętu, jeśli jest to bezpieczne, gdy nie jest on używany;
  - zapewnienie, że ruch pojazdów na terenie zakładu jest zminimalizowany, a silniki są wyłączone, gdy nie są używane.
- h. Stosowanie podstawowych, tanich, fizycznych technik w celu uniknięcia rażącej nieefektywności; w tym izolacji, metod powstrzymywania (na przykład uszczelki i samozamykających się drzwi) oraz unikania niepotrzebnych zrzutów podgrzanej wody lub powietrza (na przykład poprzez zamontowanie prostych systemów kontroli).
- i. Zastosowanie technik efektywności energetycznej w usługach budowlanych.
- j. Wykorzystanie gazu wysypiskowego do produkcji energii elektrycznej i ciepłej.

k. Wykorzystanie ciepła z pieców i silników do odparowania, suszenia i do czynności wstępnego ogrzewania.

Gdy zakład FMP jest wbudowany w sieć energetyczną większej instalacji, plan efektywności energetycznej zakładu FMP może być zintegrowany z ogólnym planem efektywności energetycznej większej instalacji (np. dla produkcji żelaza i stali).

Audyty energetyczne przeprowadza się co najmniej raz w roku, aby zapewnić realizację celów planu zarządzania energią. Audyty mogą być przeprowadzane z wykorzystaniem międzynarodowych norm, które zostały opracowane w celu wsparcia wdrażania audytów energetycznych zgodnie z dyrektywą w sprawie efektywności energetycznej (np. EN 16247-1:2012 i ISO 50002:2014).

#### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszenie zużycia energii i emisji związanych z tym zużyciem energii.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Poziom szczegółowości planu efektywności energetycznej oraz audytów energetycznych będzie na ogół związany z charakterem, skalą i złożonością zakładu oraz rodzajami źródeł energii.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Oszczędność energii.

#### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

#### **Bibliografia**

[238, COM 2009] [236, norma EN 16247-1 - 2012] [237, norma ISO 50002 - 2014]

### **8.5.2 Rejestr bilansu energetycznego**

#### **Opis**

Prowadzony jest roczny rejestr bilansu energetycznego, zapewniający podział zużycia i wytwarzania energii (w tym eksportu energii) według rodzaju źródła energii (np. energia elektryczna, gaz ziemny, gazy z procesów hutniczych, energia odnawialna, importowane ciepło i/lub chłodzenie).

#### **Opis techniczny**

Technika ta polega na corocznym sporządzaniu bilansu energetycznego, który zawiera podział zużycia i wytwarzania energii (w tym eksportu energii) według rodzaju źródła (np. energia elektryczna, gaz ziemny, gazy z procesów hutniczych, energia odnawialna, importowane ciepło i/lub chłodzenie). Obejmuje to:

- (i) określające granicę energetyczną procesów;
- (ii) informacje o zużyciu energii w przeliczeniu na energię dostarczoną;
- (iii) informacje o energii eksportowanej z zakładu;
- (iv) informacje o przepływie energii (np. diagramy Sankeya lub bilanse energetyczne) pokazujące, w jaki sposób energia jest wykorzystywana w trakcie procesów.

### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszenie zużycia energii.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Ograniczenie emisji z systemu energetycznego może być ocenione tylko przy odpowiednim obliczeniu faktycznie generowanych emisji. Podział na wytwarzanie i zużycie energii może pomóc w optymalizacji równowagi między nimi, a tym samym w optymalizacji wykorzystania zasobów energetycznych.

### **Efekty krzyżowe**

Brak.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Poziom szczegółowości zapisu bilansu energetycznego będzie na ogół związany z charakterem, skalą i złożonością zakładu oraz rodzajami źródeł energii.

### **Aspekty ekonomiczne**

Wymagania są podstawowe i kosztują niewiele.

### **Cel wdrożenia**

Obniżenie kosztów energii.

### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

### **Bibliografia**

[238, COM 2009].

## **8.5.3 Ogólne techniki zwiększania efektywności energetycznej ogrzewania**

### **8.5.3.1 Optymalna konstrukcja pieca do ogrzewania materiału wsadowego**

#### **Opis**

Obejmuje to takie techniki jak:

- Optymalizacja kluczowych cech pieca (np. liczba i rodzaj palników, szczelność i izolacja pieca przy użyciu odpowiednich materiałów ogniotrwałych).
- Minimalizacja strat ciepła z otworów drzwiowych pieca, np. poprzez zastosowanie kilku podnoszonych segmentów zamiast jednego w piecach z ciągłym dogrzewaniem.
- Minimalizacja liczby konstrukcji nośnych wsadu wewnątrz pieca (np. belki, płozy) oraz zastosowanie odpowiedniej izolacji w celu zmniejszenia strat ciepła z chłodzenia wodą konstrukcji nośnych w piecach z ciągłym dogrzewaniem.

#### **Opis techniczny**

##### Konstrukcja pieca

Konstrukcja pieca i stopień izolacji mają znaczący wpływ na sprawność cieplną. Piec wraz z liczbą i wydajnością palników jest dokładnie obliczany na podstawie kilku realistycznych scenariuszy produkcyjnych. Uwzględnia się różne temperatury nagrzewania masy, różnice w rytmie produkcji spowodowane zmianami wymiarów masy lub w wyniku zmian w rytmie produkcji walcowni gorącej, a także okresy, w których stosuje się ładowanie gorące lub bezpośrednie. [87, EUROFER 1998].

Dostępne są odpowiednie urządzenia ograniczające emisję i zużycie energii w przypadku nagłego zatrzymania linii. Oznacza to, że w niektórych sekcjach pieca można łatwo obniżyć temperaturę lub wyłączyć palniki. W tym ostatnim przypadku, ze względów bezpieczeństwa może być konieczne przedmuchiwanie N<sub>2</sub>. [87, EUROFER 1998][36, Hot Rolling Shadow Group 1999].



Generalnie rozważa się poniższe zalecenia, najlepiej w procesie projektowania:

- Palniki promieniujące w dachu pieca, ze względu na szybkie rozpraszanie energii, wytwarzają niższe poziomy NOx.
- Właściwości izolacyjne materiału ogniotrwałego są ważne, dlatego należy podjąć działania konstrukcyjne w celu zwiększenia żywotności materiału ogniotrwałego, ponieważ uszkodzenia materiału ogniotrwałego nie mogą być natychmiast naprawione.
- Zastosowanie materiału ogniotrwałego o niskiej masie termicznej może zmniejszyć straty zmagazynowanej energii oraz zredukować energię i czas rozświetlenia [73, ETSU 1993].
- Poprawa szczelności pieców i instalacja specjalnie zaprojektowanych drzwi, w celu zmniejszenia ilości powietrza deptanego [73, ETSU 1993].
- Obszary drzwi i/lub odstępów między drzwiami do ładowania i rozładowywania są zminimalizowane, a izolacyjne kurtyny ogniotrwałe stosowane w czasie, gdy drzwi są z konieczności otwarte (pod warunkiem, że można uniknąć nadmiernych uszkodzeń mechanicznych zapasów) [73, ETSU 1993].

Więcej informacji na temat minimalizacji strat ciepła z otworów drzwiowych oraz minimalizacji liczby konstrukcji nośnych podawanych w celu zmniejszenia strat ciepła można znaleźć odpowiednio w punktach szczegółowych 2.4.2.2 i 2.4.2.13.

#### **Korzyści dla środowiska**

- Zmniejszone zużycie energii.
- Redukcja emisji NOx i CO.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Piec prowadzony jest z "dobrym rzemiosłem". Nawet zaawansowane instalacje mogą dawać słabe wyniki w zakresie emisji i sprawności cieplnej, jeśli proces nie jest prawidłowo prowadzony i jeśli instalacje nie są regularnie konserwowane. Doświadczenie pokazuje, że dobre prowadzenie instalacji może prowadzić do oszczędności paliwa nawet do 10 %. [73, ETSU 1993].

Kontrola pieca jest bardzo ważna dla efektywnej pracy, a różne techniki, takie jak wypalanie impulsowe, mogą zwiększyć efektywność wykorzystania paliwa i dobrą kontrolę temperatury. [186, EUROFER 10 -7-18-2018].

Unika się turbulencji w płomieniu palników. Badania wykazały rzeczywiście wyraźny wzrost NOx wytwarzanych przez wahania temperatury w porównaniu do wartości NOx wytwarzanych przez stały płomień pracujący w tej samej średniej temperaturze.

Nadmiar powietrza jest również ważnym czynnikiem kontroli poziomu emisji NOx, zużycia energii i tworzenia się kamienia. Nadmiar powietrza powinien być zminimalizowany bez nadmiernej emisji CO i bez uszczerbku dla efektywnej pracy pieca. Szczególną uwagę należy zwrócić na uniknięcie obecności powietrza zakłócającego, które zwiększa zużycie energii, jak również emisję NOx. Spektrometr masowy jest przydatny w utrzymaniu stosunku powietrze/gaz na optymalnym poziomie dla paliw o zmiennym lub nieznanym składzie. [87, EUROFER 1998].

Ciepło zmagazynowane w materiałach ogniotrwałych jest dostarczane podczas okresu rozruchu i pierwszej zmiany produkcyjnej. Podczas ciągłej pracy to zmagazynowane ciepło jest zwykle uważane za nieistotne. W przypadku stosowania praktyk zmianowych (np. w weekendy) lub gdy piece są celowo chłodzone z powodów konserwacyjnych, te straty energii mogą stać się istotnym czynnikiem, ponieważ energia ta musi być włożona podczas nagrzewania pieca dla następnego okresu produkcyjnego. Dla dwóch przypadków odnotowano zmagazynowane straty energii podczas weekendowego wyłączenia zakładu: 0,409 GJ/m<sup>2</sup> oraz 0,243 GJ/m<sup>2</sup>. Podczas przestojów produkcyjnych i weekendów drzwi powinny być zamknięte i uszczelnione, aby zatrzymać ciepło. Zastosowanie materiałów ogniotrwałych o niskiej masie termicznej może zmniejszyć czas rozpalania, zużycie energii i koszty eksploatacji. [73, ETSU 1993].

Konserwacja systemów sterowania i palników jest bardzo ważna. Zawory sterujące, połączenia, wewnętrzne elementy palnika i systemy chłodzenia są konserwowane przy użyciu dobrych standardów planowej konserwacji, aby zapewnić niezawodną i wydajną pracę. Uszkodzone palniki i zawory sterujące mogą powodować podwyższoną emisję z pieca i nieefektywne wykorzystanie paliwa. [186, EUROFER 10 - 7-18 , 2018].

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Dotyczy tylko nowych zakładów i dużych modernizacji zakładów.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

- Zmniejszone zużycie energii.
- Redukcja emisji NO<sub>x</sub> i CO.

#### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

#### **Bibliografia**

[87, EUROFER 1998][36, Hot Rolling Shadow Group 1999][73, ETSU 1993][186, EUROFER 10-7-18, 2018]

### **8.5.3.2 Optymalizacja spalania**

#### **Opis**

Środki podjęte w celu maksymalizacji sprawności przemiany energii w piecu przy jednoczesnym zminimalizowaniu emisji (w szczególności CO). Osiąga się to poprzez połączenie technik obejmujących dobre zaprojektowanie pieca, optymalizację temperatury (np. skuteczne mieszanie paliwa i powietrza do spalania) oraz czasu przebywania w strefie spalania, a także wykorzystanie automatyki i kontroli pieca.

Więcej informacji można znaleźć w dokumencie LCP BREF [195, COM 2017].

#### **Bibliografia**

[195, KOM 2017].

### **8.5.3.3 Automatyzacja pieca i sterowanie**

#### **Opis**

Proces ogrzewania jest optymalizowany za pomocą systemu komputerowego kontrolującego w czasie rzeczywistym kluczowe parametry, takie jak temperatura pieca i materiału wsadowego, stosunek powietrza do paliwa oraz ciśnienie w piecu.

#### **Opis techniczny**

Automatyka pieca dba w sposób ciągły o spalanie, zużycie energii, obsługę materiału, kontrolę temperatury materiału wsadowego i bezpieczeństwo procesu. Ponadto umożliwia regulację stosunku powietrza do paliwa dla optymalnego spalania, co z kolei minimalizuje emisję NO<sub>x</sub>. [184, EUROFER 2018].

Za pomocą komputera procesowego można zoptymalizować proces ogrzewania (np. brak zbędnego przegrzewania materiału wsadowego w czasie przerw, dokładniejsza kontrola temperatury) w zależności od jakości i wymiarów materiału. [87, EUROFER 1998].

**Kontrola ciśnienia w piecu:** Jeśli ciśnienie w piecu jest niższe od ciśnienia atmosferycznego, zimne powietrze będzie wciągane do komory przez drzwi i otwory. I odwrotnie, jeśli ciśnienie jest wyższe od atmosferycznego, gorące gazy będą wypychane przez te same otwory. Ze względu na efektywność energetyczną, spójność działania i jakość produktu, piece są zwykle eksploatowane przy nieznacznie dodatnim ciśnieniu w stosunku do powietrza zewnętrznego. [73, ETSU 1993].

Innym powodem utrzymywania lekko dodatniego ciśnienia w piecu jest bezpieczeństwo, aby zapobiec przedostawaniu się powietrza, które mogłoby stworzyć mieszaninę wybuchową w przypadku zapalenia się paliwa/gazu, zwłaszcza podczas rozruchu. [36, Hot Rolling Shadow Group 1999].

**Kontrola stosunku powietrza do paliwa:** Kontrola stosunku powietrza do paliwa jest niezbędna do regulacji jakości spalania, ponieważ zapewnia stabilność płomienia i całkowite spalanie. Ustawienie stosunku powietrza do paliwa jak najbliższej warunków stechiometrycznych skutkuje wyższą sprawnością paliwową i zmniejszeniem strat energii w spalinach. Pomiar stężenia **tlenu** w produktach spalania w piecu mogą być wykorzystane do dostarczenia sygnału do układów regulacji trymu stosunku powietrza do paliwa (**Oxygen Trim Control**). [73, ETSU 1993].

**Kontrola temperatury materiału:** Dzięki zastosowaniu nadzorczego systemu komputerowego do obliczania temperatury materiału wsadowego (płyt, kęsów, kęsów itp. ) zapobiega się nagrzewaniu powyżej temperatury docelowej. System kontroli optymalizacji pieca (FOCS) określa punkty nastawy temperatury w różnych strefach pieca i steruje przepływem pieca na podstawie obliczonych temperatur obrabianych przedmiotów i aktualnego stanu produkcji w celu wytworzenia optymalnie nagrzanego materiału. [JF-D799] [184, EUROFER 2018].

**Kontrola czasu dogrzewania:** Czas dogrzewania w piecu jest kluczowym parametrem. Zależy on od temperatury docelowej na wyjściu, rozmiaru i gatunku stali produktu, charakterystyki pieca, docelowego poziomu produkcji zakładu oraz wąskiego gardła zakładu (na poziomie walcowni lub pieca). System komputerowy jest w stanie przewidzieć optymalny czas dogrzewania. W przypadku problemów na poziomie walcowni, system komputerowy uwzględnia wszelkie zmiany w zakresie czasu dogrzewania w obrębie każdej strefy pieca. [218, EUROFER 2020]

### **Korzyści dla środowiska**

- Zmniejszone zużycie energii.
- Redukcja NOx.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

#### Przykład: Kontrola trymu tlenu

System wykorzystujący cyrkonowe ogniwa pomiarowe tlenu został zainstalowany w piecu z belką krocząca Rotherham Engineering Steels, który jest używany do ponownego podgrzewania kwadratowych kęsów z zimna do 1 200 °C. Piec o wydajności 110 t/h obsługuje sześć niezależnie kontrolowanych stref temperaturowych. Zazwyczaj jest on opalany gazem ziemnym lub paliwem ciężkim jako alternatywą podczas przerw w dostawie gazu. W wyniku zastosowania trymu tlenowego uzyskano niższe średnie stężenie tlenu w piecu niż w przypadku konwencjonalnej regulacji stosunku powietrza do paliwa. Osiągnięto oszczędność energii w wysokości około 2 %: chociaż zmniejszenie zawartości tlenu sugeruje, że realnie można by osiągnąć oszczędności rzędu 4,7 %, potencjał ten został ograniczony przez wzrost temperatury w strefach grzewczych. Dodatkowe korzyści obejmowały poprawę jakości produktu i zmniejszenie kosztów utrzymania. [71, ETSU 1995][74, ETSU - b 1993].

Walcownia płyt Raabe stosuje ciągłą kontrolę tlenu we wszystkich strefach dolnych i górnych. Punkt nastawy tlenu jest niski dla większości płyt, a wyższy punkt nastawy tlenu jest używany tylko dla specjalnych płyt. [184, EUROFER 2018].

#### Przykład: Komputerowo sterowane zarządzanie piecem

Komputerowo sterowane zarządzanie piecem zainstalowane w dwóch piecach typu pusher, używanych do ponownego podgrzewania zimnych, naładowanych płyt w BS, Teeside, przyniosło oszczędności energii w wysokości 15% dla obu pieców. Wcześniej ręcznie regulowane strefy temperaturowe zostały zamienione na sterowane komputerowo (z wykorzystaniem modeli matematycznych on-line), aby zapewnić optymalne profile grzewcze.

Wdrożenie komputerowego sterowania piecem w niemieckim zakładzie produkcji rur doprowadziło do oszczędności energii w wysokości 5 % i ograniczenia powstawania kamienia podczas dogrzewania do 30 %. [127, Grobe et al., 1996].

#### Przykład: Piece walcowe z paleniskiem

W piecach z paleniskiem walcowym, za pomocą komputerowego sterowania piecem, można przełączyć wybrane strefy pieca w stan czuwania, gdy w piecu nie ma płyty. Dodatkowo, w zależności od aktualnej temperatury płyty, regulowana jest temperatura stref oraz czas wygrzewania płyty. [184, EUROFER 2018]

Tabela 8.1: Typowo osiągalne redukcje i dane dotyczące kosztów dla automatyki pieca

Automatyka pieca <sup>2</sup>	Redukcja [%]	
	NOx	Energia 1
	10	10
Uwaga: Źródło: [EUROFER HR]. Podstawą jest piec o wydajności rocznej 1,5 Mt opalany gazem ziemnym ze standardowymi palnikami i bez podgrzewania powietrza. Koszty inwestycji mogą być uzależnione od lokalizacji (dostępne pomieszczenie, układ istniejącego pieca, liczba palników bocznych i dolnych).		
<sup>1</sup> W ujęciu procentowym redukcji energii odpowiada redukcja emisji SO <sub>2</sub> , CO i CO <sub>2</sub>		
<sup>2</sup> Przez automatyzację pieca rozumie się wszystkie działania, które pozwalają na szybkie dostosowanie parametrów pieca do zmian w produkcji oraz ścisłą kontrolę nadmiaru powietrza.		

#### **Efekty krzyżowe**

Nie są znane żadne negatywne skutki dla innych mediów.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Generalnie nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

- Zmniejszone zużycie energii - oszczędność energii.
- Poprawa jakości produktu i zmniejszenie kosztów utrzymania.

#### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

#### **Bibliografia**

[71, ETSU 1995] [74, ETSU - b 1993] [73, ETSU 1993] [JF-D799] [184, EUROFER 2018] [127, Grobe et al., 1996].

### **8.5.3.4 System zarządzania gazami procesowymi**

## Opis

Układ umożliwiający kierowanie gazów technologicznych z hutnictwa żelaza i stali do pieców do dogrzewania i/lub obróbki cieplnej, w zależności od ich dostępności. Wykorzystuje się wartość opałową gazów procesowych z hutnictwa żelaza i stali i/lub gazu bogatego w CO z produkcji żelazochromu.

Więcej informacji związanych z odpowiednimi gazami pochodzącymi z procesu produkcji żelaza i stali można znaleźć w dokumencie LCP BREF.

Więcej informacji związanych z gazem bogatym w CO z produkcji żelazochromu można znaleźć w NFM BREF. [196, KOM 2017].

## Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania

Stosuje się tylko wtedy, gdy dostępne są gazy z procesu produkcji żelaza i stali i/lub gaz bogaty w CO z produkcji żelazochromu.

## Bibliografia

[195, KOM 2017] [196, KOM 2017].

### 8.5.3.5 Wyżarzanie partiami przy użyciu 100 % wodoru

#### Opis

Wyżarzanie partiami przeprowadza się w piecach z użyciem 100 % wodoru jako gazu ochronnego o zwiększonej przewodności cieplnej.

#### Opis techniczny

Konwencjonalne wyżarzanie wsadowe w piecach do wyżarzania przeprowadza się w atmosferze wodoru/azotu (np. HN) składającej się z około 5 %  $H_2$  i 95 %  $N_2$ . W niektórych przypadkach można stosować do 7 %  $H_2$ . Wysokowydajne wodorowe (np. HPH) wyżarzanie kręgów stalowych polega na zastosowaniu 100 % wodoru i skutkuje lepszą wydajnością, poprawą właściwości mechanicznych, jakości powierzchni i produktu. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

Przejście na atmosferę zawierającą 100 %  $H_2$  ma następujący wpływ na proces ogrzewania i chłodzenia:

- 1) Wymiana ciepła przez konwekcję między gazem a powierzchnią stali zwiększy się ze względu na stosunkowo wyższą przewodność cieplną wodoru. Efektem jest w przybliżeniu 60 % wyższy współczynnik konwekcyjnego przekazywania ciepła.
- 2) Mniejszy rozmiar cząsteczek  $H_2$  w porównaniu z  $N_2$  umożliwia łatwiejsze przenikanie gazu do małej szczeliny pomiędzy warstwami zwiniętej taśmy. Ponieważ  $H_2$  ma również większą zdolność do pochłaniania ciepła, zwiększy osiową przewodność cieplną w zwoju, w przybliżeniu o współczynnik 7.
- 3) Mniejszy ciężar właściwy  $H_2$  pozwala również na większą cyrkulację gazu w celu wymiany ciepła.

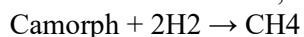
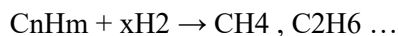
Piece dzwonowe na czysty wodór mogą być wyposażone w palniki na paliwo gazowe, pozwalające na spalanie nadmiaru/odpadu gazów redukcyjnych (głównie  $H_2$ , ale także pozostałości po oleju,  $CH_4$ ,  $C_nH_m$ ,  $CO$  i  $H_2O$ ) razem z paliwem głównym w celu maksymalnego wykorzystania wodoru. Metoda wykorzystania gazów odlotowych w palnikach do ogrzewania procesu pozwala na obróbkę i eliminację oleju i innych materiałów organicznych z produktu.

Korzyści wynikające z lepszego przekazywania ciepła do i wewnątrz wężownicy umożliwiają zwiększenie tempa produkcji przy krótszym czasie nagrzewania i chłodzenia, a także niższe jednostkowe zużycie energii. Szybsze tempo nagrzewania oznacza mniejsze specyficzne zużycie gazów i energii elektrycznej.

$H_2$  bardzo szybko i intensywnie reaguje z powietrzem. Stosując atmosferę 100 % wodoru, wprowadza się działania zabezpieczające proces w celu uniknięcia reakcji z powietrzem, w tym stały nadzór nad procesem wyżarzania.

Większa ilość  $H_2$  daje możliwość lepszego przenikania między warstwami wężownicy, ułatwiając reakcje odwęglające między wodorem a produktami zanieczyszczenia olejowego na wężownicy. Moc odwęglająca czystego wodoru jest znacznie wyższa niż uzyskana w atmosferze ochronnej złożonej z azotu i 5 % wodoru. [177, Scheuermann i inni, 1995].

W ten sposób powstaje efekt oczyszczania, gdy zachodzą następujące reakcje:



Ponadto, wyższy stosunek  $H_2:H_2O$  pomaga zachować strukturę powierzchni stali, zapobiegając w pewnym stopniu zachodzeniu następujących reakcji:

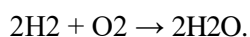


Gdzie:

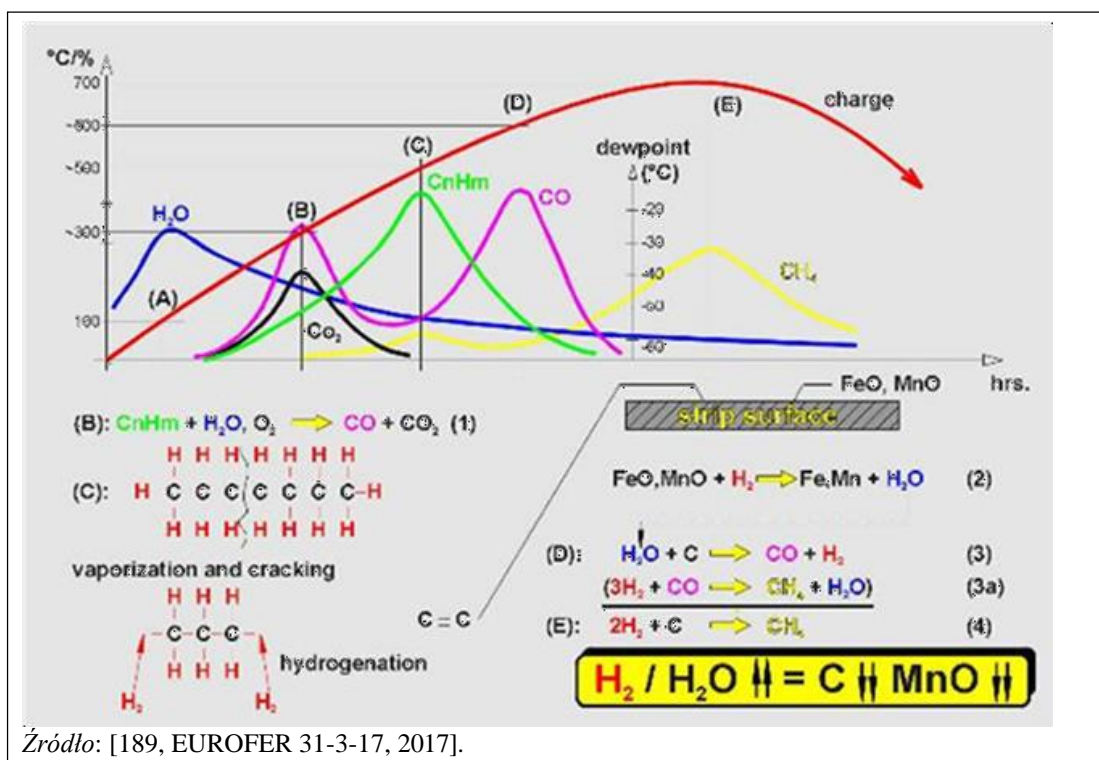
Me = każdy rodzaj metalu;

MeO = każdy rodzaj tlenku metalu.

Na rysunku 8.7 przedstawiono reakcje chemiczne zachodzące podczas nagrzewania wsadu w piecu do wyżarzania dzwonowego ze 100 % wodorem. Reakcja A (linia niebieska) polega na redukcji ewentualnego wolnego tlenu:



Od B do E wyszczególniono kolejne reakcje chemiczne zachodzące podczas procesu wyżarzania. Ogólnie rzecz biorąc, wysokie stężenie  $H_2$  wspomaga redukcję wszelkich tlenków oraz uwodornienie ciężkich węglowodorów; reakcje te są ograniczone jedynie w przypadku zastosowania konwencjonalnego pieca do wyżarzania HN.



Źródło: [189, EUROFER 31-3-17, 2017].

Rysunek 8.7: Reakcje chemiczne zachodzące w procesie 100-procentowego wyżarzania wodoru metodą Bella.

## Korzyści dla środowiska

Zmniejszone zużycie energii.

## Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

W zakładzie SSAB Borlänge znajduje się pięć pieców dzwonowych HPH pracujących ze 100 % wodorem oraz cztery elektrycznie ogrzewane piece HN. Dla tych pieców dane operacyjne podano w tabeli 8.2. Dane te są zagregowane w okresie trzech lat z rzeczywistej produkcji zakładu. W tym ćwiczeniu nie uwzględniono faktu, że w różnych piecach mogły być stosowane różne cykle wyżarzania. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

W odniesieniu do zgłoszonych danych należy zauważyć, że dane dotyczące oszczędności energii odnoszą się do czasu trwania procesu. Nie były dostępne dane dotyczące oszczędności energii z wentylatorów bazowych i komponentu ogrzewania elektrycznego oddzielnie. Nie uwzględniono również gatunku produktu (a tym samym cykli wyżarzania), jak również załadunku (tona/serię), grubości taśmy, które mogą mieć wpływ na dane takie jak czas wyżarzania i efektywność energetyczna (na tonę). [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

Tabela 8.2: Wskaźnik produktywności, zużycie energii i gazu oraz dane dotyczące emisji NO<sub>x</sub> w piecach do wyżarzania w SSAB Borlänge (HN i HPH).

	Piec elektryczny HNL	Piec HPH (100 % H <sub>2</sub> )	Różnica
Wydajność (ton/h)	0.5	2.0	200 %
Energia [kWh/tonę] (energia elektryczna i LPG)	427	253	-41 %
Gaz N <sub>2</sub> [m <sup>3</sup> /tonę]	83	8.7	-90 %
H <sub>2</sub> gaz [m <sup>3</sup> /tonę]	2.9	6	107 %
NO <sub>x</sub> [kg/tonę]	NI	0.21	NI
Uwaga: NI = brak informacji. Źródło: [186, EUROFER 10-7-18, 2018].			

W SSAB tylko piece dzwonowe H<sub>2</sub> emitują NO<sub>x</sub>, ponieważ pozostałe piece HN są ogrzewane elektrycznie.

W sumie 10 zakładów ze zbioru danych wykorzystujących tę technikę podało wartości zużycia energii w zakresie od 580 MJ/t do 800 MJ/t. [150, FMP TWG 2018].

## Efekty krzyżowe

W porównaniu z piecami ogrzewanymi elektrycznie, stosowanie pieców HPH może powodować większe emisje do powietrza. W celu pełnego wykorzystania H<sub>2</sub> wzrost efektywności można osiągnąć, stosując do ogrzewania dzwonu technologię spalania, w której nadmiar H<sub>2</sub> może być spalany razem z gazem ziemnym lub innym paliwem.

## Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania

Dotyczy tylko nowych zakładów i dużych modernizacji zakładów.

## Aspekty ekonomiczne

Brak informacji.



### **Cel wdrożenia**

- Wydajność, jakość powierzchni, oszczędność kosztów w zależności od cen paliwa.
- Wysokie standardy jakości produktów mogą zostać spełnione.

### **Przykładowe zakłady**

[08 CR] [37 CR] [45 CR] [110 CR1] [110 CR2] [115 CR] [116 CR] [112 CR] [128 CR] [144 CR] [193 CR] [194 CR].

### **Bibliografia**

[186, EUROFER 10-7-18, 2018] [177, Scheuermann et al., 1995] [180, Wendt et al., 2015].

### **8.5.3.6 Optymalna konstrukcja wanny do cynkowania**

#### **Opis**

Obejmuje to takie techniki jak:

- równomierne ogrzewanie ścian wanny do cynkowania (np. poprzez zastosowanie palników o dużej prędkości lub konstrukcji promiennikowej);
- minimalizacja strat ciepła z pieca za pomocą izolowanych ścian zewnętrznych/wewnętrznych (np. wykładzina ceramiczna).

#### **Opis techniczny**

Sprawność ogrzewania pieca powinna być rozpatrywana w dwóch aspektach. Są nimi po pierwsze sprawność przekazywania ciepła przez podstawowe źródło ciepła do kąpeli cynkowej, po drugie sprawność z jaką przekazywane jest ciepło przy utrzymywaniu temperatury cynku.

Sprawność przekazywania ciepła do wanny jest regulowana podstawowymi zasadami wymiany ciepła i techniki spalania. W wyniku spalania gazów lub olejów powstaje strumień gazów powstających ze spalania, który zawiera ciepło wyczuwalne i utajone. Zwykle ilości te dochodzą do 45 – 55 % górnej wartości opałowej paliwa. Niewielkie ilości energii elektrycznej są zużywane do napędu wentylatora podającego powietrze do spalania lub do napędu sprężarki w przypadku gdy stosowane jest ogrzewanie olejowe. Stosowanie energii elektrycznej do ogrzewania pociąga za sobą straty wynikające z biernego oporu i konieczności chłodzenia wrażliwych części systemu grzewczego. Straty mogą wynosić około 15 % pobieranej energii. Przy wszystkich rodzajach źródeł energii są dodatkowe straty przez obudowę pieca, choć przy dobrze izolowanych piecach są one małe, normalnie 2 % energii dostarczonej. Wszystkie te rodzaje strat wzrastają wraz ze wzrostem ilości dostarczonej energii.

Występują również straty powodowane promieniowaniem i konwekcją ciepła z powierzchni roztopionego metalu a także części znajdujących nad kąpielą, np. kołnierz górny w przypadku wanien stalowych. Rozpiętość tych strat zależy od wielkości powierzchni, warunków i temperatury, zwykle wynoszą one 15 to 25 % ilości ciepła przekazywanego do wanny.

Straty powstające przy ogrzewaniu strumieniem gazu mogą być zmniejszane przez optymalizację procesu spalania, przez optymalizację ilości powietrza dostarczanego do spalania i zmniejszanie wnikania powietrza do pieca przez obudowę. Niska temperatura procesu cynkowania dowodzi, że są ograniczone możliwości oszczędzania energii poprzez zmniejszanie strat. Instalacja palnikowa musi być zdolna do przystosowania się do zmniejszonego stosunku do około 15 : 1.

W niektórych przypadkach minimalizację strat ciepła z pieca uzyskuje się stosując izolowane ściany zewnętrzne/wewnętrzne (np. wyłożenie ceramiczne).

Na sprawność pieca ma także wpływ system sterowania. Wyższe sprawności osiągają systemy ściśle dopasowujące ilość ciepła dostarczanego do ilości ciepła potrzebnego. Ilość ciepła dostarczanego określana jest na podstawie temperatury roztopionego cynku, mierzonej termoparami albo zanurzonymi w cynku lub - dla wanien stalowych - stykającymi się z zewnętrznymi ściankami kadzi. W zależności



od elastyczności systemu grzewczego sterownik często stosuje PID (Proporcjonalny, całkowy, różniczkowy) lub inną logikę sterowania dla utrzymania temperatury cynku na tak stałym poziomie jak to jest możliwe. W niektórych przypadkach można zainstalować dwustrefową kontrolę temperatury, gdzie system grzewczy może być podzielony na dwie strefy, górną i dolną. Może to również pomóc w kontroli i minimalizacji powstawania górnego kożucha.

Systemy spalania obejmują: system Wysoka/Niska (w określonym okresie dostarczana jest albo maksymalna albo minimalna ilość ciepła), system Modulowany (ilość dostarczanego ciepła zmienia się w sposób ciągły pomiędzy maksimum i minimum) lub system Pulsacyjny (w zależności od chwilowego zapotrzebowania ciepła dostarczana jest w sposób ciągły ilość maksymalna lub minimalna).

W przypadku palników gazowych stosuje się palniki o dużej prędkości, aby zapewnić optymalne przekazywanie ciepła do kotła galwanizacyjnego. W przypadku ogrzewania indukcyjnego stosuje się płyty grzewcze o konstrukcji promieniującej, zapewniające równomierne ogrzewanie ścian kotła.

#### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszone zużycie energii.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Występują również straty powodowane promieniowaniem i konwekcją ciepła z powierzchni roztopionego metalu a także części znajdujących nad kąpielą, np. kołnierz górny w przypadku wanień stalowych. Rozpiętość tych strat zależy od wielkości powierzchni, warunków i temperatury, zwykle wynoszą one 15 to 25 % ilości ciepła przekazywanego do wanny.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Dotyczy tylko nowych zakładów i dużych modernizacji zakładów.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Zmniejszone zużycie energii - oszczędność energii.

#### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

#### **Bibliografia**

Brak podanej literatury źródłowej.

### **8.5.3.7 Optymalna praca wanny do cynkowania**

#### **Opis**

Obejmuje to techniki takie jak minimalizacja strat ciepła z wanny do cynkowania w procesie powlekania drutu metodą zanurzeniową na gorąco lub w procesie cynkowania ogniowego, np. poprzez stosowanie izolowanych pokryw w okresach bezczynności.

#### **Opis techniczny**

W przypadku powlekania drutu metodą zanurzania na gorąco lub w przypadku cynkowania ogniowego, straty powierzchniowe mogą być zmniejszone podczas pracy (pod warunkiem zapewnienia odpowiedniej wentylacji) poprzez zastosowanie obudowy nad wanną lub ograniczenie otwartej części powierzchni do tej, która jest wymagana dla danego rodzaju cynkowania. Gdy wanna jest w stanie

gorącej gotowości (okresy beczynności), zmniejszenie strat ciepła można uzyskać przez zastosowanie izolowanych osłon, które wystają ponad blat pieca. Obniżenie temperatury kąpieli w czasie gorącego okresu beczynności rzadko pozwala na zaoszczędzenie znacznych ilości energii, a w przypadku kotłów stalowych cykliczne zmiany temperatury kąpieli wpływają niekorzystnie na ochronny stop cynku i żelaza, skracając tym samym żywotność wanny.

#### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszone zużycie energii.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Zmniejszone zużycie energii - oszczędność energii.

#### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

#### **Bibliografia**

Brak podanej literatury źródłowej.

## **8.5.4 Ogólne techniki odzyskiwania ciepła z gazów odlotowych**

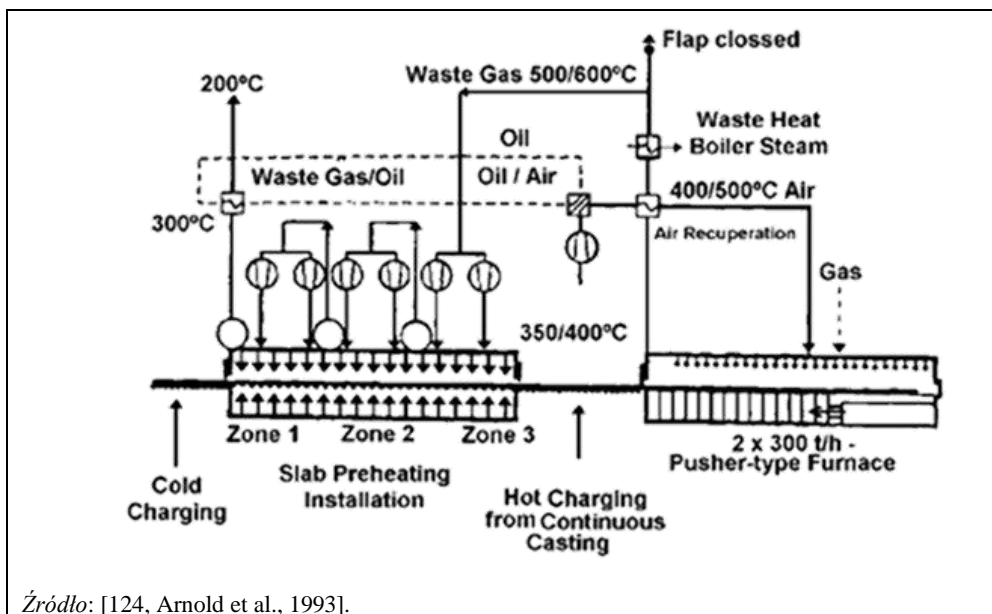
### **8.5.4.1 Podgrzewanie wstępne materiału wsadowego**

#### **Opis**

Materiał wsadowy jest wstępnie podgrzewany przez nadmuch gorących gazów odlotowych bezpośrednio na niego.

#### **Opis techniczny**

Ciepło zawarte w gazach odlotowych z pieców grzewczych może być wykorzystane do wstępnego podgrzania materiału wsadowego poprzez wdmuchiwanie gorących gazów odlotowych z góry i z dołu na kęs blachy w procesie walcowania na gorąco. Nawet po zastosowaniu palników regeneracyjnych i kotła na ciepło odpadowe, gaz odpadowy może mieć wystarczająco dużo energii, aby podgrzać płyty do 400 °C. Rysunek 8.8 przedstawia przykład podgrzewacza walcówki zainstalowanego przed piecem grzewczym typu pchającego.



Rysunek 8.8: Zasada podgrzewania płyt gazem odlotowym

Jako alternatywa dla podgrzewaczy, w bardzo długich piecach pokrocznych można wykorzystać ciepło gazów odlotowych w nieopalanej długiej strefie podgrzewania. [124, Arnold et al., 1993].

W przypadku walcowania na zimno (np. wyżarzania ciągłego), wsad jest wstępnie podgrzewany albo przez bezpośredni kontakt taśmy z gazami spalinowymi, albo ciepło może być przekazywane do taśmy przez gaz ochronny, który jest podgrzewany przez gaz odpadowy za pomocą wymienników ciepła. Bezpośredni kontakt jest możliwy tylko w kontrolowanych warunkach (w zależności od temperatury gazu i taśmy, potencjału utleniania gazu, wilgoci, zanieczyszczenia gazu cząstkami stałymi). Wynikiem tego jest zmniejszenie zużycia energii.

### Korzyści dla środowiska

Zmniejszone zużycie energii w piecu grzewczym (20 %).

### Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

#### Walcowanie na gorąco:

Podgrzewacz pokazany na rysunku 8.8 jest zainstalowany przed dwoma piecami typu pchającego. Piece mają wydajność 300 t/h i są opalane palnikami regeneracyjnymi. Ciepło z gazów odlotowych z pieca jest najpierw wykorzystywane do odzysku ciepła w kotle na ciepło odpadowe. Następnie ma ono nadal temperaturę 500-600 °C i jest wykorzystywane w podgrzewaczu do podgrzewania płyt do temperatury 400 °C. Gaz odlotowy opuszczający podgrzewacz ma nadal temperaturę 300 °C i jest wykorzystywany do wstępnego podgrzania powietrza do spalania w palnikach regeneracyjnych pieca grzewczego do temperatury około 150 °C (za pomocą olejowego wymiennika ciepła). Gaz odpadowy odprowadzany jest w temperaturze 200 °C. [124, Arnold et al., 1993].

#### Wyżarzanie ciągłe

Zużycie energii w wysokości 945 MJ/t zostało zgłoszone przez jeden zakład z kolekcji danych przy użyciu tej techniki.

### Efekty krzyżowe

Nie są znane żadne negatywne skutki dla innych mediów.

### Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania

- Dotyczy tylko do ciągłego dogrzewania.
- Nie dotyczy pieców wyposażonych w palniki promiennikowe.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Zwiększona efektywność energetyczna.

### **Przykładowe zakłady**

Walcowanie na gorąco: [101 HR] [222 HR] [288 HR] [208 HR] [99 H1] [99 HR2] [94 HR1] [147 HR]

Walcowanie na zimno: Tylko jedna wyżarzalnia ciągła w zbiorze danych (CBI).

### **Bibliografia**

[124, Arnold et al., 1993].

### **Bibliografia**

[150, FMP TWG 2018].

## **8.5.4.2 Suszenie elementów**

### **Opis**

W cynkowaniu okresowym do suszenia elementów wykorzystywane jest ciepło z gazów odlotowych.

### **Opis techniczny**

Wanny do cynkowania mogą być opalane paliwami gazowymi lub ciekłymi. Najczęściej stosowaną metodą odzyskiwania ciepła z gazów spalinowych jest przekazywanie go do powietrza lub wody. Wymienniki ciepła wykonane zazwyczaj z szeregu rur ze stali nierdzewnej są używane do odzyskiwania ciepła z gazów odlotowych do powietrza. Produkty spalania znajdują się zwykle po stronie rur. Produkty spalania mogą być wprowadzane w temperaturze 500-700 °C, gdy piec pracuje z pełną prędkością produkcyjną. Wymiennik ciepła może być umieszczony bezpośrednio w kanale spalinowym pieca, ale przy braku wymuszonego odciągu gazów odlotowych można tolerować jedynie niewielki spadek ciśnienia gazów spalinowych. Ogranicza to szybkość wymiany ciepła.

Wymienniki płaszczowo-rurowe mogą być stosowane do przekazywania ciepła z produktów spalania do wody lub pary, przy czym spaliny znajdują się po stronie płaszcza. Innym popularnym typem wymiennika jest seria rur żebrowanych umieszczonych w kanale spalinowym. W tym przypadku woda znajduje się po stronie rury.

Gazy mogą być zasysane przez wymiennik ciepła za pomocą wentylatora znajdującego się za wymiennikiem w celu zwiększenia współczynnika ogólnego. Jest to powszechne rozwiązanie w przypadku wymiany ciepła typu gaz-woda. Zarówno wymiennik ciepła, jak i wentylator znajdują się w odgałęzieniu równoległym do głównego kanału odlotowego, co pozwala uniknąć efektu przeciwcisnienia w piecu. Wentylator zużywa niewielką ilość energii.

W kilku przypadkach spaliny mają bezpośredni kontakt z zewnętrzną powierzchnią zbiornika oczyszczania wstępnego, przekazując ciepło przez promieniowanie i konwekcję.

Wymienniki ciepła dla paliw olejowych oraz dla kąpeli ogrzewanych powierzchniowo wymagają specjalnej konstrukcji ze względu na obecność SO<sub>2</sub> i popiołu w spalinach. [34, EGGGA 2000].

### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszone zużycie energii.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Redukcja energii w zakresie 15-45 kWh/t stali.

## **Efekty krzyżowe**

Brak.

## **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

- Zasadniczo nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.
- W zasadzie technika ta może być stosowana w każdej instalacji podlegającej analizie ekonomicznej, która zależy od ceny paliwa, mocy cieplnej pieca i zapotrzebowania na ciepło odpadowe.
- W systemach dwupalnikowych (małe kotły) zwykle nie opłaca się go stosować, ponieważ ilość dostępnego ciepła nie jest wystarczająca, aby był przydatny. Systemy odzysku ciepła są bardzo często instalowane w systemach cztero- i sześciopalnikowych.

## **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

## **Cel wdrożenia**

Koszty paliwa.

## **Przykładowe zakłady**

Zakłady [186] [192] [75] [71]

## **Bibliografia**

[34, EGGA 2000].

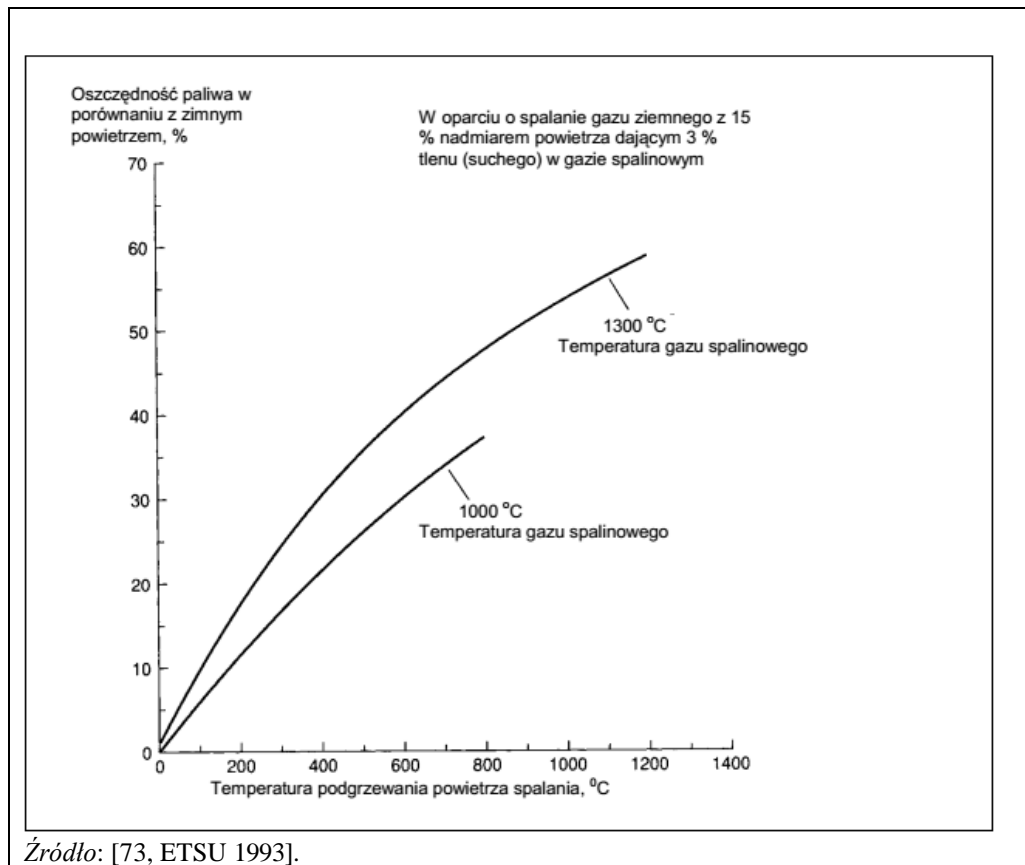
### **8.5.4.3 Wstępne podgrzewanie powietrza do spalania**

#### **Opis**

Ponowne wykorzystanie części ciepła odzyskanego z gazów spalinowych do wstępnego podgrzania powietrza używanego do spalania. Można to osiągnąć na przykład poprzez zastosowanie palników regeneracyjnych lub rekuperacyjnych. Należy osiągnąć równowagę pomiędzy maksymalizacją odzysku ciepła ze spalin a minimalizacją emisji NO<sub>x</sub>.

#### **Opis techniczny**

Aby poprawić sprawność cieplną pieców, gazy odlotowe z pieca mogą być wykorzystane do wstępnego podgrzania powietrza do spalania. Sprawność cieplna wzrasta wraz ze wzrostem temperatury wstępnie podgrzanego powietrza i spadkiem temperatury gazów odlotowych. Wykres na rysunku 8.9 pokazuje potencjalne oszczędności paliwa uzyskane dzięki wstępnemu podgrzewaniu powietrza do spalania. Rzeczywiste wartości mogą się różnić od tych teoretycznych, ponieważ podlegają one wielu innym czynnikom.



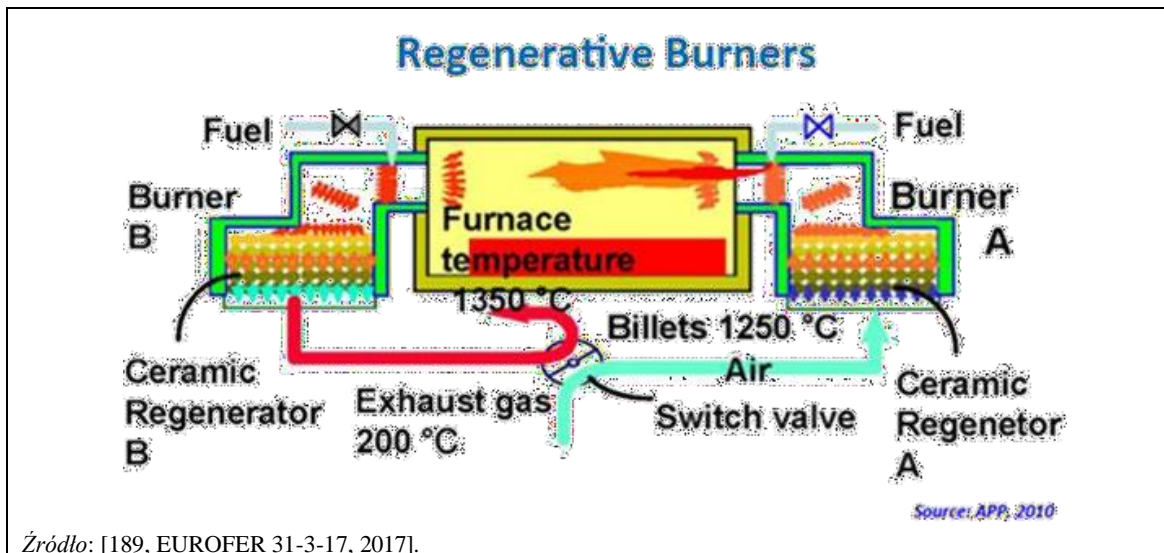
Rysunek 8.9: Potencjalne oszczędności paliwa przy wstępnie podgrzanym powietrzu do spalania

Ogólnie rzecz biorąc, istnieją dwa systemy: palnik regeneracyjny i rekuperacyjny.

### Palniki regeneracyjne

Systemy regeneracyjne wykorzystują dwa zestawy wymienników ciepła, zawierające na przykład materiał szachownicy ceglanej lub kulki ceramiczne. Na rysunku 8.10 przedstawiono przykład takiego układu palnika regeneracyjnego, który można znaleźć w piecach do ciągłego dogrzewania lub piecach do wyżarzania. Gdy jeden palnik jest odpalony, gazy piecowe są kierowane przez drugi palnik. Spaliny przechodzą przez regenerator, który zawiera złożę materiałów ogniotrwałych lub ceramicznych. Materiały ogniotrwałe są ogrzewane przez gazy spalinowe i magazynują energię, która jest następnie wykorzystywana do wstępnego podgrzewania powietrza do spalania. Kiedy materiały ogniotrwałe są całkowicie nagrzane, palnik opałowy zostaje wyłączony, a palnik zregenerowany zostaje uruchomiony. Typowe czasy rewersji mieszczą się w zakresie od 20 s do 100 s.

Opracowano nowe regeneracyjne palniki o niskiej zawartości NO<sub>x</sub>, łączące regenerację ze sprężonym stagingiem gazu i powietrza, wewnętrzną recykulacją POC (products of combustion) i technologiami bezpłomieniowymi. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].



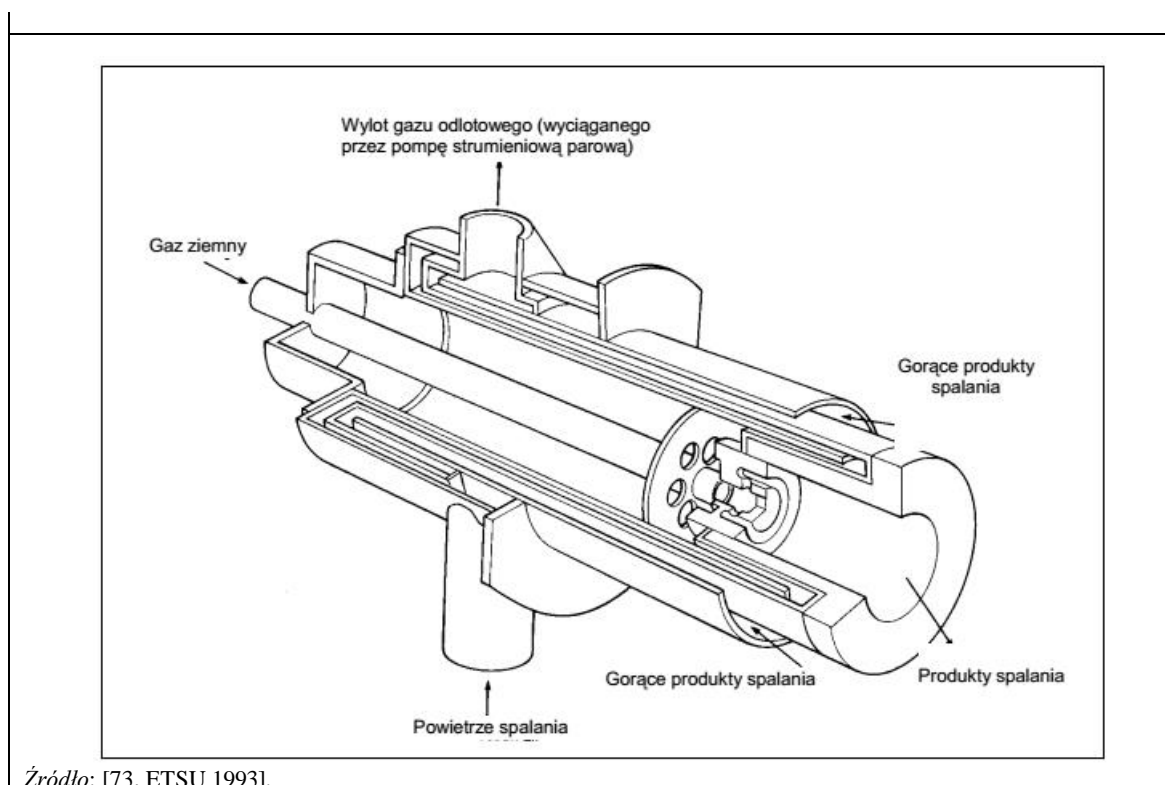
Źródło: [189, EUROFER 31-3-17, 2017].

Rysunek 8.10: Schemat układu palnika regeneracyjnego

Szczególnym rodzajem palnika regeneracyjnego jest palnik z integralnym złożem, który ma bardziej zwartą konstrukcję, ponieważ złożo regeneracyjne jest wbudowane w korpus palnika. Tego typu palniki nadają się szczególnie do modernizacji pieców, gdzie problemem może być ograniczona przestrzeń oraz do małych pieców.

### Palniki rekuperacyjne

Rekuperator to wymiennik ciepła zamontowany w wylocie spalin, który umożliwia ciągłe przekazywanie ciepła przez powierzchnie grzewcze do napływającego powietrza do spalania. Dostępne są różne konstrukcje urządzeń. Palniki samorekuperacyjne mają zintegrowane wymienniki ciepła do wstępnego podgrzewania powietrza do spalania. Na rysunku 8.11 przedstawiono schemat palnika samorekuperacyjnego, w którym gorące produkty spalania wstępnie ogrzewają powietrze do spalania.

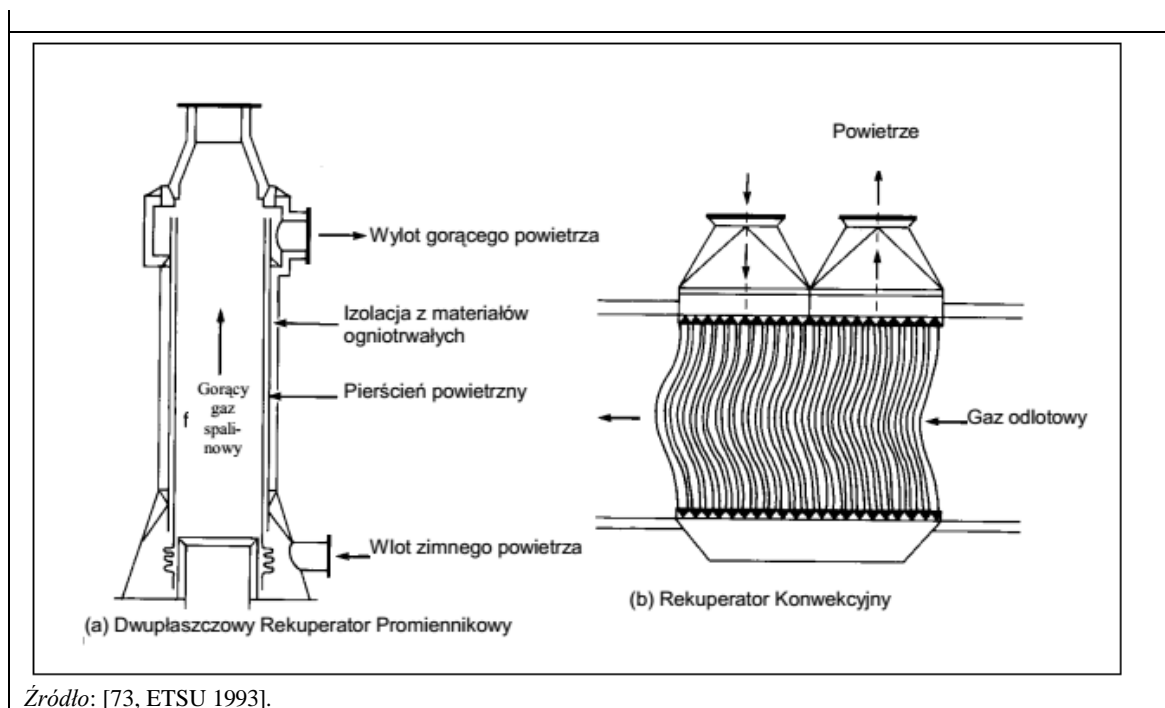


Źródło: [73, ETSU 1993].

Rysunek 8.11: Schemat palnika samorekuperacyjnego

Istnieje kilka rodzajów rekuperatorów:

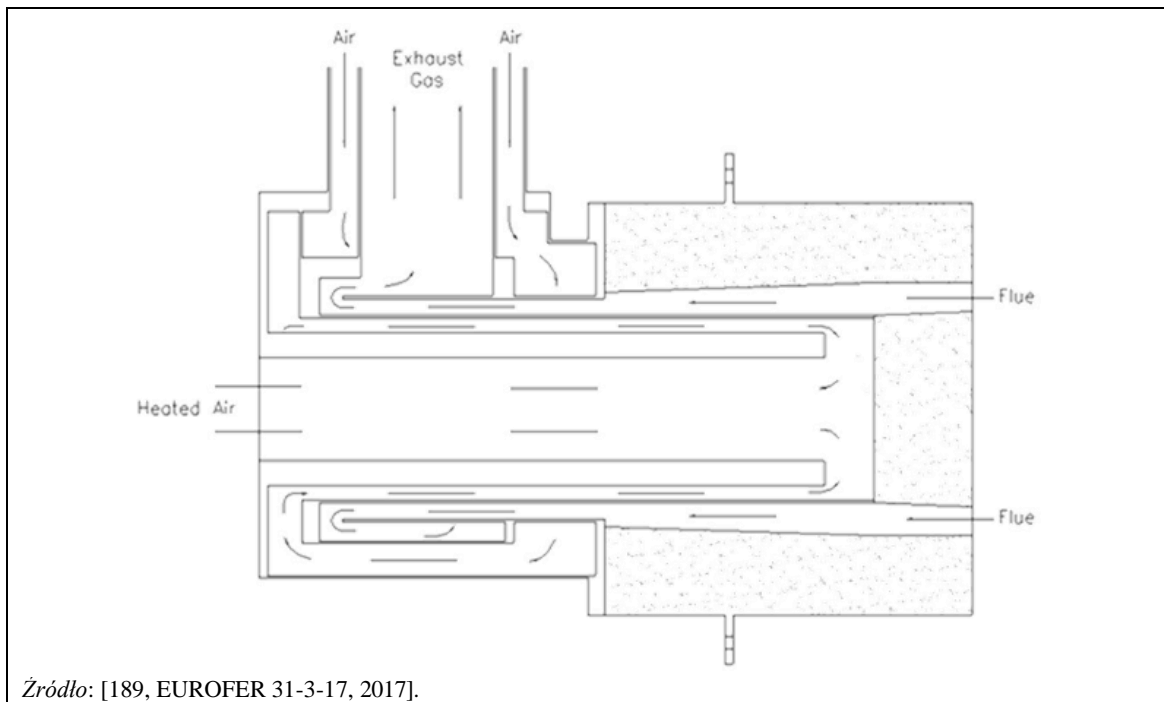
- Rekuperator promieniowania składa się z cylindrycznej wiązki rur ze stali stopowej zawieszonej w wyłożonej ogniotrwałą powłoką zewnętrzną (patrz Rysunek 8.12). Rekuperatory te okazały się niezawodne w niekorzystnych warunkach korozji i zanieczyszczenia. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].
- Rekuperator konwekcyjny składa się z wiązek rur, których rury są przyspawane do arkuszy rur w celu zapewnienia gazoszczelności (patrz Rysunek 8.12). Układ rur, materiał rur i schemat przepływu zależą od specyfiki każdego indywidualnego zastosowania, w tym temperatury, składu, ograniczeń spadku ciśnienia i dostępności miejsca. W typowej konstrukcji gorący gaz odlotowy z pieca przepływa poziomo przez rekuperator, przechodząc na zewnątrz pionowych rur. Powietrze do spalania płynące do palników wykonuje dwa lub więcej przejść wewnątrz rur w przeciwnym układzie przepływu poprzecznego. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].



Rysunek 8.12: Typowe rekuperatory gazu odlotowego

Bardziej złożone konstrukcje rekuperatora mogą powiększyć powierzchnię wymiany ciepła, tworząc bardziej zwartą geometrię powierzchni wymiany ciepła. Na rysunku 8.13 przedstawiono schemat typowego rekuperatora kompaktowego. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].





Rysunek 8.13: Typowy rekuperator kompaktowy

### Korzyści dla środowiska

Zmniejszone zużycie energii.

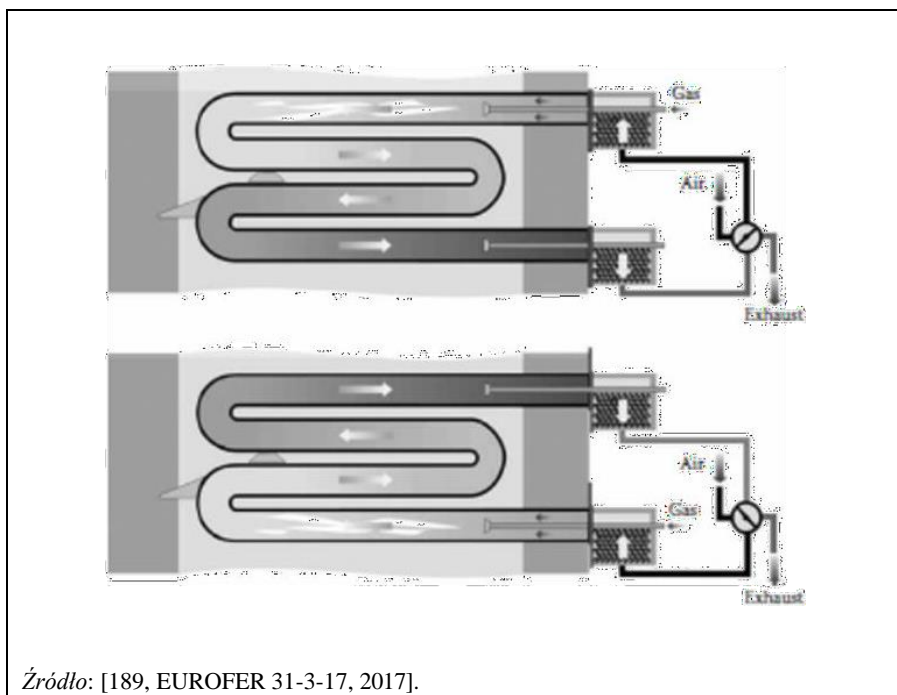
### Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne Palniki regeneracyjne

Palniki regeneracyjne mogą osiągać temperatury wstępnego podgrzewania powietrza do 1 100 °C, ale rzeczywiste temperatury zależą od temperatury wlotu gazu odpadowego. W oparciu o temperatury wstępnego podgrzewania powietrza, emisja NO<sub>x</sub> może wynosić nawet 3 000 mg/m<sup>3</sup>. [15, CITEPA, 1994].

Systemy regeneracyjne są preferowane w przypadku wysokich temperatur gazów odlotowych w celu osiągnięcia temperatur podgrzewania powietrza powyżej 600 °C. Temperatura wstępnego podgrzewania powietrza jest ograniczona przez temperaturę procesu i wynosi zazwyczaj 150-200 °C poniżej temperatury procesu. Można osiągnąć sprawność cieplną pieca wynoszącą 80 % i oszczędność paliwa do 60 %. [87, EUROFER 1998][86, EUROFER, TG Cold Rolling 1998]

System regeneracyjny jest szczególnie atrakcyjny w procesach wsadowych, ponieważ procesy wsadowe z reguły nie zawierają strefy podgrzewania wstępnego. W piecach ciągłych, wyposażonych w centralny system rekuperacji, podobną sprawność cieplną osiąga się dzięki długiej strefie nienagrzewanej (preheat), w której ciepło gazów spalinowych przekazywane jest przez konwekcję do zimnego wsadu. [87, EUROFER 1998].

Dla promienników opracowano specyficzną konstrukcję kompaktowych palników regeneracyjnych (rys. 8.14), o szczególnym zastosowaniu w liniach ciągłego wyżarzania lub strefach grzewczych linii galwanizacyjnych. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

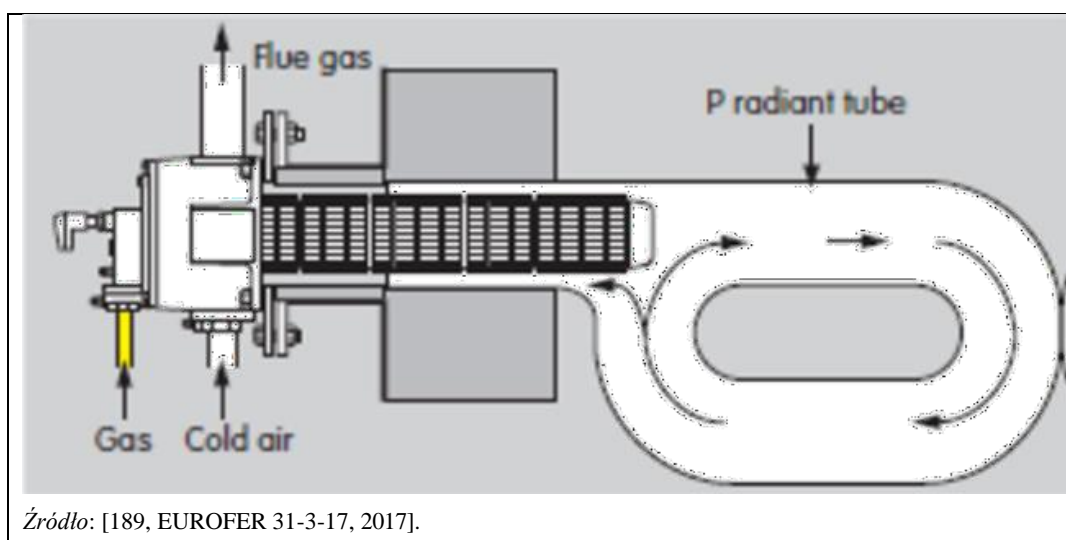


Rysunek 8.14: Schemat systemu palnika regeneracyjnego w promiennikach

### Palniki rekuperacyjne

Odzyskanie ciepła gazów spalinowych pozwala na uzyskanie temperatury wstępnego podgrzewu powietrza do 550 °C lub 620 °C w zależności od temperatury procesu. Wyższe temperatury wstępnego podgrzewu powietrza są technicznie możliwe, ale pociągają za sobą dodatkowe koszty z uwagi na konieczność zastosowania żaroodpornych materiałów budowlanych. Można osiągnąć sprawność cieplną około 65 %. [87, EUROFER 1998] Palniki rekuperacyjne mogą być stosowane w procesach wysokotemperaturowych (700-1 300 °C). [186, EUROFER 10-7-18, 2018].

W wyniku rekuperacji połączonej z dodatkowymi technikami powstają zaawansowane konstrukcje palników, które mają wpływ na emisję. Rekuperacyjny palnik promiennikowy stosowany do pośredniego ogrzewania ładunku przedstawiono na rysunku 8.15. Duża prędkość gazów spalinowych generuje ciśnienie na wylocie ceramicznej rury palnika, co powoduje recyrkulację gazów spalinowych. Prowadzi to do zmniejszenia emisji NOx i uzyskania jednolitej temperatury promiennika. Maksymalna temperatura wstępnego podgrzania powietrza wynosi około 700 °C. Palnik rekuperacyjny wykorzystujący spalanie etapowe może prowadzić do niskiej emisji NOx. [186, EUROFER 10-7-18, 2018].



Rysunek 8.15: Typowy palnik rekuperacyjny w promiennikach

#### **Efekty krzyżowe**

Termiczne wytwarzanie NO<sub>x</sub> może być zwiększone.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Możliwość zastosowania w istniejących zakładach może być ograniczona brakiem miejsca na instalację palników regeneracyjnych.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Zwiększona efektywność energetyczna.

#### **Przykładowe zakłady**

**Szeroko stosowany.**

#### **Bibliografia**

[15, CITEPA, 1994] [186, EUROFER 10-7-18, 2018] [87, EUROFER 1998]

### **8.5.4.4 Odzysk ciepła odpadowego**

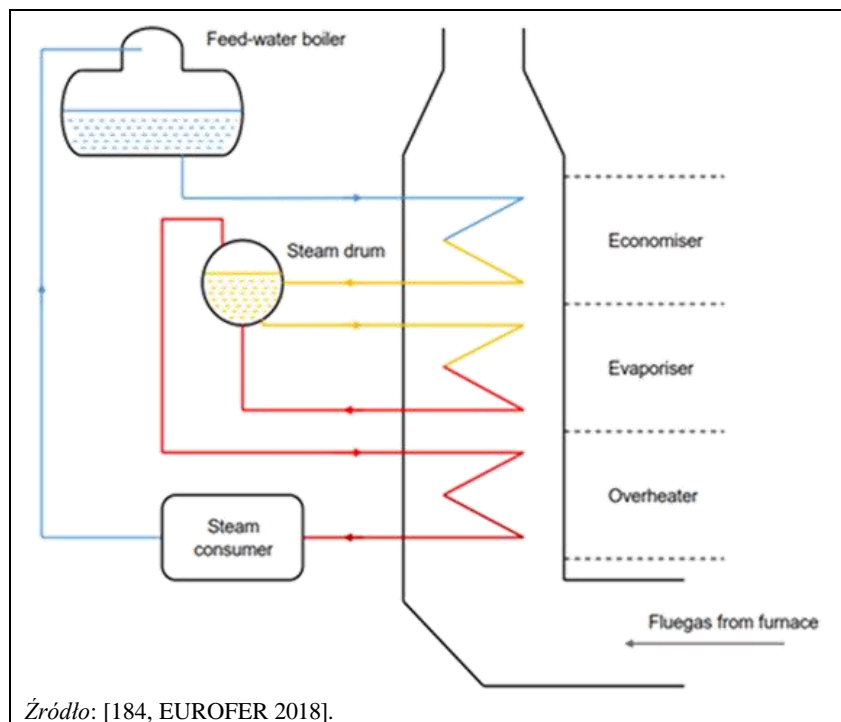
#### **Opis**

Ciepło z gorących gazów spalinowych jest wykorzystywane do wytwarzania pary lub gorącej wody, która jest wykorzystywana w innych procesach (np. do ogrzewania kąpeli trawiących i topiących), do ogrzewania miejskiego lub do wytwarzania energii elektrycznej.

#### **Opis techniczny**

Kocioł do odzysku ciepła odpadowego może być zainstalowany bezpośrednio za wyjściem z pieca lub za zespołem rekuperatora. W tej technice, zawartość ciepła w gorących spalinach jest wykorzystywana do wytwarzania pary (rysunek 8.16). Gorące spaliny przechodzą przez kilka zespołów wymienników ciepła, a ciepło jest przekazywane do obiegu wodno-parowego. Ekonomizer i parownik służą do podgrzewania kondensatu i wytwarzania pary. Można zainstalować dodatkowe zespoły przegrzewaczy w celu wytworzenia pary przegrzanej. W zależności od warunków pracy, spaliny mogą być schłodzone do około 200 °C, ale niższe temperatury prowadziłyby do kondensacji w kominie i dlatego należy ich unikać. [184, EUROFER 2018].

Wytwarzanie pary tą metodą w tym miejscu oszczędza wytwarzanie tej energii w innym miejscu (np. w elektrowni lub ciepłowni). W efekcie można osiągnąć znaczne ograniczenie zużycia energii i emisji, pod warunkiem, że istnieje zapotrzebowanie na ilość wytwarzanej pary i w okresie, w którym jest ona wytwarzana. [184, EUROFER 2018].



Rysunek 8.16: Podstawowy schemat kotła do odzysku ciepła odpadowego

Wytworzona para może być wykorzystana w obrębie walcowni do systemów grzewczych lub poza walcownią do produkcji energii elektrycznej w elektrowniach oraz w miejskich systemach ogrzewania dalekiego zasięgu. [87, EUROFER 1998].

#### **Korzyści dla środowiska**

Dzięki wytwarzaniu pary potencjał cieplny strumienia ciepła odpadowego może być wykorzystany do zasilania innych procesów w zakładzie, a tym samym do zmniejszenia ogólnego zużycia paliwa pierwotnego. [184, EUROFER 2018].

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Tabela 8.3: Dane operacyjne kotła do odzysku ciepła odpadowego w zakładzie referencyjnym Voestalpine Stahl GmbH (walcownia taśm gorących)

Lokalizacja	Generator pary wytwarzający parę przegrzaną z wykorzystaniem gazy spalinowe z dwóch pieców typu "pchacz"
Ciśnienie pary wodnej	18 bar
Temperatura pary wodnej	320 °C
Pojemność	65 t/h
Koszty inwestycji:	4,5 mln EUR
Odzyskiwanie energii	(8 % zużycia paliwa)
Stosowanie pary wodnej	Sieć parowa
Źródło: [184, EUROFER 2018].	

Proces wytwarzania pary jest stosowany pomiędzy punktami o wysokim potencjale termodynamicznym. W procesie walcowania na gorąco tylko piece do obróbki cieplnej zapewniają wystarczający gradient termiczny do obsługi praktycznego kotła parowego na ciepło odpadowe. [184, EUROFER 2018].

Efektywność kotła na ciepło odpadowe i rekuperatora maleje, gdy są one zainstalowane dla tego samego strumienia spalin. [184, EUROFER 2018].

## **Efekty krzyżowe**

Brak.

## **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Możliwość zastosowania w istniejących instalacjach może być ograniczona brakiem miejsca i/lub odpowiedniego zapotrzebowania na parę lub gorącą wodę.

## **Aspekty ekonomiczne**

Dzięki systemom odzysku ciepła można zastąpić paliwa, co prowadzi do korzyści pieniężnych.

Instalacja kotła do odzysku ciepła odpadowego jest praktyczna tylko wtedy, gdy występuje znaczne i ciągłe zapotrzebowanie na parę. W zintegrowanej hucie przeważnie występuje nadwyżka ciepła i nie można oczekiwać szybkiej amortyzacji inwestycji.

Koszty inwestycyjne zależą od mocy cieplnej, lokalizacji i dostępności pieców, rodzaju zapotrzebowania na parę oraz istniejącej sieci parowej. Duże odległości od nabywcy lub sieci parowej znacznie zwiększają koszty inwestycyjne i koszty utrzymania transportu.

Należy uwzględnić dodatkowe wydatki na konserwację, kontrolę procesu i koszty eksploatacji. Ewentualne dalsze koszty mogą być potrzebne na transport pary do użytkowników (jeśli nie są już dostępne). [184, EUROFER 2018].

## **Cel wdrożenia**

Oszczędność energii.

## **Przykładowe zakłady**

Walcownia taśm na gorąco Voestalpine Stahl GmbH.

## **Bibliografia**

[184, EUROFER 2018][87, EUROFER 1998].

## **8.6 Efektywność materiałowa**

### **8.6.1 Techniki zwiększające wydajność materiałową przy odtłuszczeniu**

#### **8.6.1.1 Stosowanie wsadu o niskim zanieczyszczeniu olejami i tłuszczami**

##### **Opis**

Zastosowanie surowca o niskim stopniu zanieczyszczenia olejami i smarami przedłuża żywotność roztworu odtłuszczającego.

##### **Opis techniczny**

Klienci ocynkowni są informowani, aby jak najmniej olejować i smarować swoje przedmioty. Zmniejszenie ilości wprowadzanego oleju/smaru jest tanią, łatwą i skuteczną techniką przedłużającą żywotność kąpeli odtłuszczających, a tym samym zmniejszającą ilość powstających odpadów (zużyta kąpiel i oleisty szlam).

##### **Korzyści dla środowiska**

- Zwiększona wydajność materiałowa.
- Zmniejszona ilość ścieków i osadów.

##### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

##### **Efekty krzyżowe**

Brak.

##### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Zastosowanie może być ograniczone, jeśli nie można wpłynąć na jakość materiału wsadowego.

##### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

##### **Cel wdrożenia**

Obniżenie kosztów dzięki zwiększonej wydajności materiałowej.

##### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

##### **Bibliografia**

Brak podanej literatury źródłowej.

#### **8.6.1.2 Ogólne techniki zwiększania efektywności odtłuszczenia**

##### **Opis**

Obejmuje to takie techniki jak:

- monitorowanie i optymalizacja temperatury i stężenia środków odtłuszczających w roztworze odtłuszczającym;
- zwiększenie wpływu roztworu odtłuszczającego na materiał wsadowy (np. poprzez przemieszczanie materiału wsadowego, mieszanie roztworu odtłuszczającego lub zastosowanie ultradźwięków w celu wytworzenia kawitacji roztworu na odtłuszczanej powierzchni).

##### **Opis techniczny**

Monitorowanie parametrów kąpeli, takich jak temperatura i stężenie środka odtłuszczającego, można

wykorzystać do optymalizacji działań odtłuszczających, a tym samym efektywnego wykorzystania kąpeli odtłuszczającej. Ponadto, skuteczność odtłuszczania można poprawić poprzez zwiększenie kontaktu między ługiem a feestatem: np. poprzez przemieszczanie wsadu, przemieszczanie kąpeli (mieszanie) lub zastosowanie ultradźwięków.

#### **Korzyści dla środowiska**

- Zwiększona efektywność materiałowa.
- Zmniejszona ilość ścieków i osadów.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Zakłady 166, 167 i 168 zgłaszają analizowanie parametrów kąpeli odtłuszczającej co miesiąc. [150, FMP TWG 2018].

#### **Efekty krzyżowe**

Zwiększone zużycie energii poprzez przemieszczanie materiału wsadowego, mieszanie roztworu lub mycie ultradźwiękowe.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Obniżenie kosztów dzięki zwiększonej wydajności materiałowej.

#### **Przykładowe zakłady**

Zakłady 166, 167 i 168 w zbiorze danych FMP.

#### **Bibliografia**

[150, FMP TWG 2018].

### **8.6.1.3 Minimalizacja wleczenia roztworu odtłuszczającego**

#### **Opis**

Obejmuje to takie techniki jak:

- przy użyciu wałków ściskających, np. w przypadku ciągłego odtłuszczania taśmy (patrz punkt 5.4.1.1.4);
- umożliwienie wystarczającego czasu ociekania, np. poprzez powolne podnoszenie elementów (patrz punkt 6.4.1.1).

### **8.6.1.4 Odtłuszczanie metodą kaskady odwrotnej**

#### **Opis**

Odtłuszczanie przeprowadza się w dwóch lub większej liczbie wanien w układzie szeregowym, gdzie wsad jest przemieszczany od najbardziej zanieczyszczonej wanny odtłuszczającej do najczystszej.

#### **Więcej informacji na temat techniki**

Zob. pkt 3.4.3.1 i 5.4.1.1.

### **8.6.1.5 Oczyszczanie i ponowne wykorzystywanie roztworu odtłuszczającego**

#### **Opis**

Do oczyszczenia roztworu odtłuszczającego w celu ponownego użycia stosuje się separację

magnetyczną, separację oleju (np. skimmery, płuczki odpływowe, jazy), mikro- lub ultrafiltrację lub obróbkę biologiczną.

### **Opis techniczny**

Wysoka zawartość oleju sprawia, że roztwory odtłuszczające są bezużyteczne i w celu przedłużenia czasu użytkowania kąpeli stosuje się środki czyszczące, wykorzystując różnego rodzaju obwody czyszczące, w których stosuje się czyszczenie mechaniczne, separatory/filtry magnetyczne, adsorpcję środków powierzchniowo czynnych i olejów, filtrację membranową.

#### Czyszczenie mechaniczne

Z reguły emulsje środków odtłuszczających i oleju/tłuszczu z powierzchni metalu są niestabilne i po pewnym czasie unoszą się na powierzchni kąpeli w spokojnych miejscach. Spokojne obszary można uzyskać poprzez specjalne cechy konstrukcyjne zbiornika odtłuszczającego lub jeśli nie jest to możliwe, np. gdy roztwór odtłuszczający jest rozpylany, poprzez wprowadzenie specjalnego spokojnego zbiornika, w którym roztwór może się osadzić. Unoszący się olej i tłuszcz może być usuwany przez **odpieniacze, płuczki zrzutowe, jazy** itp.

Dzięki tym środkom, wykorzystując jedynie naturalną grawitację (czas separacji: kilka godzin), można dwu- lub czterokrotnie przedłużyć żywotność wanien odtłuszczających. Wycofywany szlam zawiera oleje, smary, środek odtłuszczający, kamień, rdzę, pył itp. i jest zazwyczaj utylizowany. [1, ABAG 1993][90, Fichtner 1994].

Oddzielanie jest bardziej efektywne przy użyciu **separatorów wirowych** lub hydrocyklonów, które w ciągu kilku sekund rozdzielają fazę olejową i wodną. Bardzo małe kropelki oleju i tłuszczu są łatwiej oddzielane, część bogata w olej zawiera tylko 5-10 % wody i zapobiega się niepożądanemu przenoszeniu chemikaliów odtłuszczających. Żywotność wanien może być przedłużona nawet 16-krotnie. [1, ABAG 1993].

#### Separatory/filtry magnetyczne

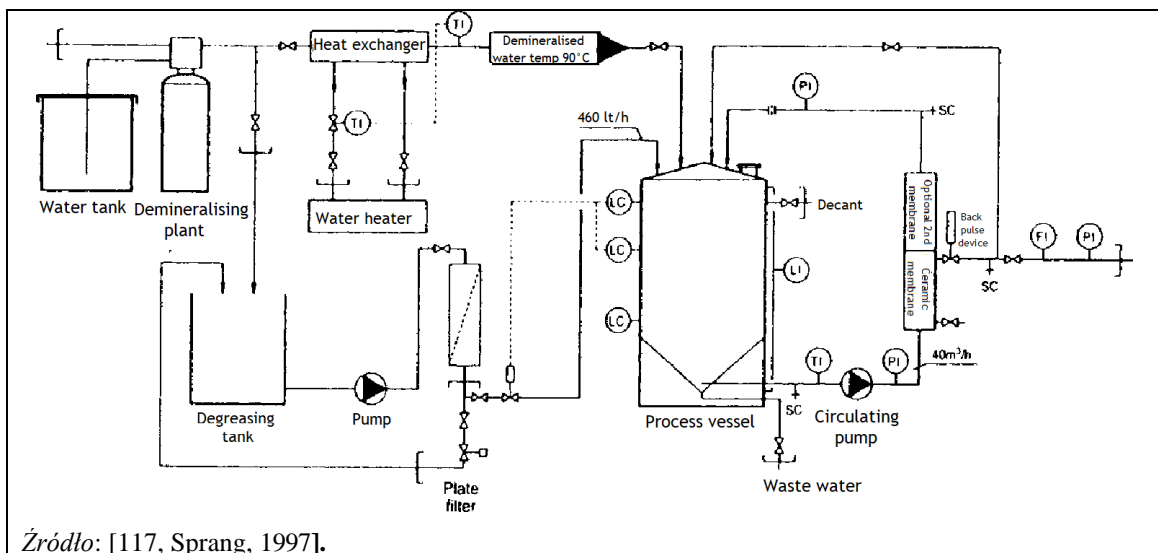
Separatory magnetyczne mogą być stosowane do usuwania mieszaniny drobin żelaza i oleju z kąpeli odtłuszczających.

#### Filtracja membranowa

W **mikro- i ultrafiltracji** (patrz również Rysunek 8.53) kąpiel odtłuszczająca jest pompowana przez membrany (pod ciśnieniem 3-8 barów), w których olej, tłuszcz i zużyte środki powierzchniowo czynne są zatrzymywane ze względu na wielkość cząsteczek. Aby chronić membrany, ciecz odtłuszczająca jest zwykle najpierw oczyszczana z cząstek stałych w osadniku lub w inny sposób. Mikro- i ultrafiltracja zwiększają żywotność kąpeli od 10 do 20 razy. [1, ABAG 1993].

Rysunek 8.17 przedstawia schemat przepływu takiej instalacji filtracyjnej; w normalnej produkcji ciecz odtłuszczająca jest pompowana z kąpeli do standardowego filtra płytowego, gdzie usuwane są wszystkie cząstki stałe. Filtrat trafia następnie do naczynia magazynowego, zwanego również naczyniem obiegowym. W naczyniu tym znajduje się stężony roztwór odtłuszczający. [117, Sprang, 1997].





Rysunek 8.17: Przykładowy schemat przepływu ceramicznej filtracji roztworu odtłuszczającego

Druga pompa tłoczy roztwór odtłuszczający przez sekcję membranową z dużą prędkością i pod dużym ciśnieniem (około 2,5 bara). Wolny olej i olej rozpuszczony przez środek powierzchniowo czynny są filtrowane przez membranę, podczas gdy czysta ciecz i wolne środki powierzchniowo czynne przepływają przez nią i wracają do kąpeli odtłuszczającej. W ten sposób każdy tworzący się olej jest usuwany w trakcie normalnej produkcji. Ciecz krąży w zbiorniku magazynowym i z czasem ulega zagęszczeniu. Gdy stężenie oleju jest wystarczająco wysokie, urządzenie jest wyłączane, a ciecz (olej i woda) w zbiorniku magazynowym pozwala się osadzić. Po pewnym czasie następuje dwuetapowy proces: olej jest oddzielany od fazy wodnej, a w celu recyklingu aktywnych środków powierzchniowo czynnych, w drugim etapie stosowana jest obróbka termiczna. Ta obróbka termiczna powoduje, że środek powierzchniowo czynny uwalnia uwięziony w nim olej i rozdziela się na dwie fazy. Separacja jest wysoce efektywna i odzyskiwany jest olej wysokiej jakości. [117, Sprang, 1997].

### Korzyści dla środowiska

- Zwiększona wydajność materiałowa.
- Zmniejszona ilość ścieków i osadów.

### Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

W tabeli 8.4 przedstawiono dane wejściowe/wyjściowe oraz dane dotyczące ścieków dla cyklu roztworu odtłuszczającego ciągłej linii wyzarzania, utrzymywanego przez oczyszczanie za pomocą **ultrafiltracji**.

Tabela 8.4: Dane operacyjne i dane dotyczące ścieków w przypadku czyszczenia kąpeli odtłuszczającej za pomocą ultrafiltracji

Poziom wejścia / zużycia				
Roztwór odtłuszczający	50 - 60		kg/t	
Woda demineralizowana	0.3 - 0.4		kg/t	
Odtłuszczacz	0.04 - 0.05		kg/t	
Koncentrat płynu do odpuszczania	0.15 - 0.2		kg/t	
Energia elektryczna	4 - 5		MJ/t	
Wyjście / poziom emisji				
Oczyszczony roztwór odtłuszczający	40 - 50		kg/t	
Osad	0.4 - 0.5		kg/t	
	Stężenie [mg/l]	Emisja właściwa [g/t produktu]	Stopień redukcji <sup>1</sup> [%]	Metoda analizy
Zawiesiny stałe (filterable)	20 - 40	2.35 - 4.7 E -4	> 90	DIN 38409-H2

<b>Węglowodory</b> (olej, smar)	5 - 8	5.9 - 9.4 E -5	> 90	DIN 38409-H18
<b>Fe ogółem</b>	1 -2	1.2 - 2.4 E -5	> 90	DIN 38406
<b>Temperatura</b>	30 °C	NI	NI	Termometr
<b>pH</b>	6.5 - 9.5	NI	NI	NI
<sup>1</sup> W oparciu o przepływ masowy składnika. Uwaga: NI = brak informacji. Źródło: [86, EUROFER, TG Cold Rolling 1998]. Dane oparte na cotygodniowym, proporcjonalnym do objętości, 24-godzinnym pobieraniu próbek.				

Wszystkie opisane powyżej techniki przedłużające żywotność kąpeli odtłuszczających mogą być stosowane w przypadku alkalicznych lub kwaśnych kąpeli odtłuszczających, jednak skuteczność w kwaśnych kąpielach odtłuszczających jest mniejsza ze względu na tworzone bardziej stabilne emulsje. [1, ABAG 1993].

### **Efekty krzyżowe**

Wzrost zużycia energii w przypadku stosowania wirówek, mikro- lub ultrafiltracji.

Olej i tłuszcz powstają jako odpady podczas czyszczenia roztworów odtłuszczających. Odpady te mogą być wykorzystane do odzysku energii lub muszą być utylizowane przez spalanie.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

Membrany (wielkość porów) muszą być dostosowane do charakterystyki kąpeli odtłuszczającej i muszą odpowiadać wymaganiom czyszczenia dla każdej kąpeli. Przy ciągle zmieniających się warunkach, które zwykle obserwuje się podczas galwanizacji (tj. zmiany zawartości, środków powierzchniowo czynnych, olejów, smarów itp.), pojawiają się problemy operacyjne, takie jak zatykanie, zamulanie i uszkodzenia membrany. [1, ABAG 1993] Odpowiednie membrany i specyficzna chemia kąpeli muszą być jeszcze opracowane, aby umożliwić zastosowanie w cynkowaniu ogniowym w partiach. [28, DE, członek TWG, 2000].

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Obniżenie kosztów dzięki zwiększonej wydajności materiałowej.

### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

### **Bibliografia**

[1, ABAG 1993] [28, DE, członek TWG, 2000] [90, Fichtner 1994] [150, FMP TWG 2018] [117, Sprang, 1997].

## **8.6.2 Techniki zwiększające wydajność materiałową w wytrawianiu**

### **8.6.2.1 Ogrzewanie kwasów za pomocą wymienników ciepła lub przez spalanie zanurzeniowe**

#### **Opis**

Ogrzewanie kwasów odbywa się za pomocą wymienników ciepła lub poprzez spalanie węgłne:

- Odporne na korozję wymienniki ciepła są zanurzone w kwasie trawiącym w celu pośredniego ogrzewania, np. z parą wodną;
- Gazy spalinowe przechodzą przez kwas trawiący, uwalniając energię poprzez bezpośrednie

przekazywanie ciepła.

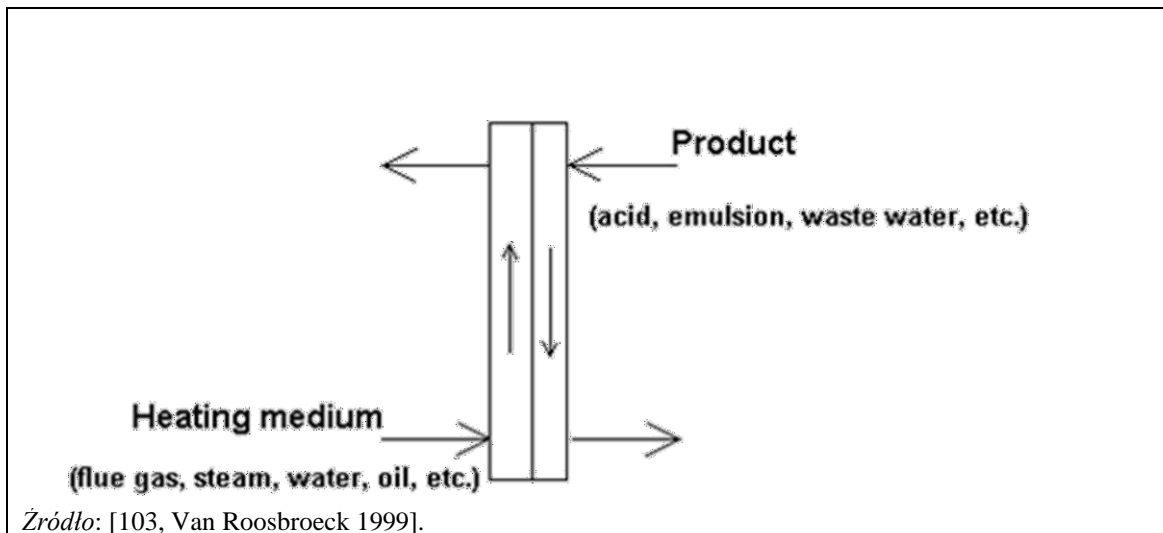
### Opis techniczny

Zasadniczo dostępne są dwie techniki: **wymienniki ciepła** i **spalanie zanurzeniowe** (zanurzeniowy palnik gazowy) do ogrzewania kąpeli kwasowych. Dawniej stosowana technika wtrysku pary (np. do ogrzewania kąpeli kwasowych) nie jest tutaj rozważana, ponieważ prowadzi do niepotrzebnego rozcieńczenia kąpeli procesowych. Zasady działania obu technik, wymiennika ciepła i spalania zanurzonego, pokazano na rys. 8.18 i rys. 8.19.

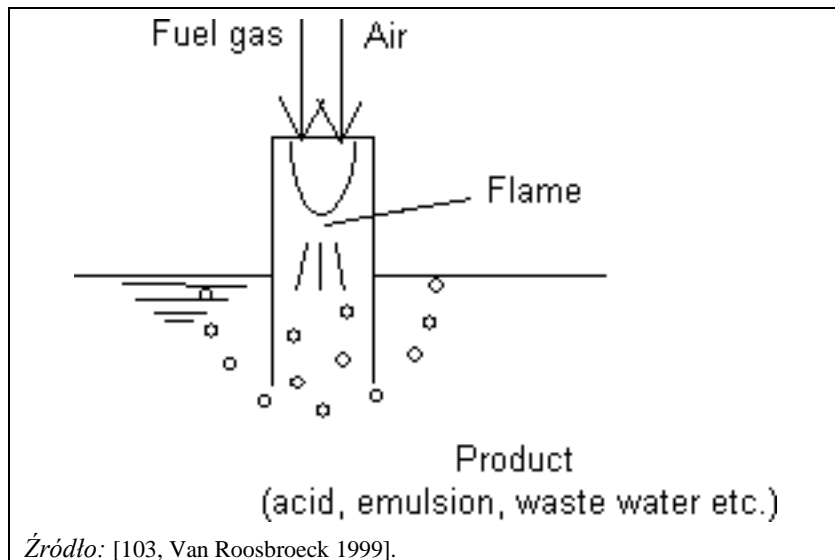
W wymiennikach ciepła medium grzewcze i ogrzewana ciecz są oddzielone przegrodą i nie dochodzi do mieszania (lub zanieczyszczenia). W przypadku zanurzeniowych palników gazowych gorące gazy spalinowe wdmuchiwane są bezpośrednio do ogrzewanej cieczy i następuje wymieszanie obu tych mediów. Każda z technik grzewczych ma zalety i wady, a ich zastosowanie zależy w pewnym stopniu od indywidualnej sytuacji zakładu.

Tam, gdzie dostępne jest ciepło odpadowe w postaci pary lub w postaci innego medium grzewczego o niższej temperaturze, powszechnie stosuje się wymienniki ciepła. Istnieje kilka konstrukcji wymienników ciepła, rurowych lub płytowych, a w zależności od właściwości chemicznych produktu, który ma być ogrzewany i/lub medium grzewczego, należy zastosować materiał wysokiej jakości. Wymienniki ciepła potrzebują dużych powierzchni, aby osiągnąć wymianę ciepła.

Jeśli gaz opałowy jest łatwo dostępny lub najpierw musi zostać wytworzona para, rozsądnym rozwiązaniem może być użycie palnika do bezpośredniego podgrzewania cieczy, a tym samym zwiększenie wydajności cieplnej. Wadą jest to, że produkt może być zanieczyszczony  $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $NO_x$  itp., co może powodować problemy, a także to, że porcje produktu (np. opary kwasów, kropelki) mogą być przenoszone ze spalinami, co powoduje konieczność oczyszczania gazów odlotowych. [103, Van Roosbroeck 1999 ]



Rysunek 8.18: Zasada działania wymienników ciepła



Rysunek 8.19: Zasada spalania zanurzeniowego

Podano pewne zalety spalania zanurzeniowego, oprócz tego twierdzono o oszczędnościach finansowych, zmniejszonym zużyciu energii i kwasu.

#### **Korzyści dla środowiska**

- Unika się bezpośredniego wtłaczania pary do podgrzewania kwasu trawiącego.
- Zwiększona wydajność materiałowa.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

- Oszczędność w zużyciu kwasu.
- Zwiększona efektywność operacji trawienia.

#### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

#### **Bibliografia**

[03, Van Roosbroeck 1999].

### **8.6.2.2 Minimalizacja korozji stali**

#### **Opis**

Obejmuje to takie techniki jak:

- chłodzenie stali walcowanej na gorąco tak szybko, jak to możliwe w zależności od specyfikacji produktu;

- przechowywanie surowca w zadaszonych pomieszczeniach;
- ograniczenie czasu przechowywania materiału wsadowego.

### **Opis techniczny**

Ogólne techniki są stosowane w celu zminimalizowania korozji stali w produkcie walcowanym na gorąco i zmniejszenia lub uniknięcia potrzeby wytrawiania. Rzeczywiście, zużycie kwasu podczas trawienia jest proporcjonalne do ilości tlenu żelaza usuniętego z powierzchni stali. Techniki te obejmują następujące elementy:

- Ograniczenie powstawania tlenków żelaza podczas walcowania na gorąco i obróbki stali (np. poprzez wysokociśnieniowe usuwanie zgorzeliny, szybkie chłodzenie).
- Krótki czas przechowywania surowca w magazynach wolnych od korozji.
- Zużycie kwasu podczas trawienia jest proporcjonalne do ilości tlenu żelaza usuniętego z powierzchni stali. Chociaż potencjał redukcji tworzenia tlenków jest ograniczony, kontrola szybkości chłodzenia może modyfikować strukturę zgorzeliny. Może to wpłynąć na szybkość trawienia, a tym samym zmniejszyć zużycie energii w procesie. Szybkie chłodzenie taśmy walcowanej na gorąco może być jednak ograniczone ze względów jakościowych.

### **Korzyści dla środowiska**

Ograniczenie powstawania zużytego kwasu trawiącego.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

### **Efekty krzyżowe**

Brak.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Obniżenie kosztów dzięki zwiększonej wydajności materiałowej.

### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

### **Bibliografia**

Brak podanej literatury źródłowej.

## **8.6.2.3 Wstępne mechaniczne usuwanie zgorzeliny**

### **Opis**

Obejmuje to takie techniki jak:

- śrutowanie;
- zginanie;
- szlifowanie;
- szczotkowanie;
- rozciąganie i wyrównywanie.

### **Opis techniczny**

Mechaniczne techniki wstępnego usuwania zgorzeliny, takie jak śrutowanie, gięcie, piaskowanie, szcztokowanie, niwelator nożycowy, młyn do temperowania lub niwelator, są wykorzystywane do rozbijania i usuwania większej części zgorzeliny walcowanej na gorąco. Ponieważ ilość tlenu żelaza, który musi być usunięty z powierzchni stali w sekcji wytrawiania chemicznego jest zmniejszona, zużycie kwasu jest mniejsze. Mechaniczne urządzenia do wstępnego usuwania zgorzeliny są wyposażone w systemy odciągowe i urządzenia ograniczające (zazwyczaj filtry tkaninowe), aby kontrolować uwalnianie się cząstek stałych.

Zastosowanie gięcia w ciągnięciu drutu patrz punkt 4.4.1.1.

### Korzyści dla środowiska

Zmniejszenie spożycia kwasu.

### Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

Tabela 8.5: Poziomy emisji pyłu osiągnane w jednostkach śrutowania z zastosowaniem filtrów tkaninowych (mechaniczne usuwanie zgorzeliny przed wytrawianiem)

Substancja	Stężenia zgłoszone w okresie 3 lat - (mg/Nm <sup>3</sup> )					Liczba zakładów/liczba pomiarów
	Średnia	Mediana	90.percentyl	Min.	Max.	
<u>Stal węglowa</u>						
Pył	1.9	0.9	4.9	0.05	5.0	8 / 27
<u>Stal nierdzewna</u>						
Pył	2.6	2.8	3.6	1.2	7.3	5 / 11
Pb	0.0016	0.0016	0.002	0.0003	0.003	2 / 10
Ni	0.05	0.02	0.08	0.001	0.016	4 / 14

- Dzięki zwiększeniu efektywności operacji trawienia można obniżyć temperaturę kąpieli trawienia, co skutkuje mniejszymi stratami na odparowanie. Zmniejszenie obciążenia trawienia kwasowego, a tym samym zużycia kwasów, zmniejsza powstawanie odpadów kwasowych.
- Wstępne mechaniczne usuwanie zgorzeliny dla gatunków stali nierdzewnej może być stosowane tylko przed pierwszym etapem trawienia. W późniejszych etapach trawienia miałyby to wpływ na jakość powierzchni gotowego produktu.

### Efekty krzyżowe

- Zwiększone zużycie energii.
- Generowanie emisji cząstek stałych, które muszą być wychwytywane i ograniczane.
- Generowanie odpadów (pył z filtrów).

### Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania

- Zastosowanie do istniejących zakładów może być ograniczone przez brak miejsca.
- Możliwość zastosowania może być ograniczona ze względu na specyfikację produktu.

### Aspekty ekonomiczne

Brak informacji.

### Cel wdrożenia

- Oszczędność w zużyciu kwasu.
- Zwiększona efektywność operacji trawienia.

### Przykładowe zakłady

Outokumpu Nirosta GmbH, Zakład 144 CR (poziome śrutowanie do taśm na gorąco i na zimno, filtr

tkaninowy). [107, Anstots et al., 1994].

Inne przykładowe zakłady w zbiorze danych wykorzystujące filtry tkaninowe to [238 CR] [158 CR] [110 CR2] [88 CR].

### **Bibliografia**

[107, Anstots et al., 1994] [15, CITEPA, 1994][86, EUROFER, TG Cold Rolling 1998][91, Finlandia, członek TWG 1998]

## **8.6.2.4 Elektrolityczne wstępne oczyszczanie stali wysokostopowej**

### **Opis**

Stosowanie wodnego roztworu siarczanu sodu ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) do wstępnej obróbki stali wysokostopowej przed trawieniem mieszanym kwasem, w celu przyspieszenia i usprawnienia usuwania powierzchniowej zgorzeliny tlenkowej. Ścieki zawierające chrom sześciowartościowy oczyszcza się przez redukcję chemiczną (zob. BAT 31 (f) związana z pkt 8.9.4 lub pkt 3.4.1.14).

### **Opis techniczny**

W produkcji stali nierdzewnej elektrolityczne trawienie wstępne obojętnym elektrolitycznym roztworem siarczanu sodu ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) jest stosowane jako technika obróbki wstępnej, w maksymalnej temperaturze obróbki 80 °C, przed trawieniem kwasem mieszanym ( $\text{HF}/\text{HNO}_3$ ) w celu przyspieszenia usuwania powierzchniowej zgorzeliny tlenkowej, która powstaje podczas wyżarzania. Proces ten zapewnia szybkie tempo trawienia i ogranicza nadmierne trawienie. [168, Ipek et al., 2005].

Inne rozwiązania obejmują alkaliczne elektrolityczne trawienie wstępne w połączeniu z neutralnym trawieniem wstępnym oraz trawienie kwasowe / elektrolizę kwasową.

### **Korzyści dla środowiska**

- Zmniejszenie obciążenia linii trawienia kwasem mieszanym, a tym samym redukcja emisji  $\text{NO}_x$  i azotanów.
- W celu ograniczenia emisji do powietrza z instalacji do wstępnego wybiórczego oczyszczania stosuje się zazwyczaj techniki mokrego oczyszczania przy użyciu kominów.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Elektrolityczne urządzenia do selekcji wstępnej są w pełni uszczelnione; opary są odsysane i przed uwolnieniem kierowane do jednostki płuczającej.

Podczas procesu trawienia powstają nierozpuszczalne sole i metale, które muszą być usunięte z elektrolitycznego roztworu siarczanu sodu, aby utrzymać prawidłowe działanie. W związku z tym, niewielki boczny strumień elektrolitu jest oczyszczany. Częstki stałe w roztworze są usuwane w skośnych odstożnikach płytowych przez osadzanie grawitacyjne. Oczyszczony roztwór jest zwracany do zbiornika elektrolizy, podczas gdy strumień szlamu jest wysyłany do jednostki redukcji chromu.

### **Efekty krzyżowe**

Emisja do powietrza i do wody.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

- Dotyczy tylko walcowania na zimno.
- Zastosowanie do istniejących zakładów może być ograniczone przez brak miejsca.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Skrócenie czasu trawienia na linii trawienia kwasami mieszanymi.

### **Przykładowe zakłady**

[26 CR] [88 CR] [144 CR] [232 CR]

### **Bibliografia**

[168, Ipek et al., 2005].

## **8.6.2.5 Płukanie po odtłuszczeniu alkalicznym**

### **Opis**

Przeniesienie alkalicznego roztworu odtłuszczającego do kąpielii trawiącej jest zredukowane przez płukanie surowca po odtłuszczeniu.

### **Opis techniczny**

Ilość roztworu przeniesionego z kąpielii odtłuszczających do następującego po nich procesu trawienia można zminimalizować poprzez pozostawienie wystarczającej ilości czasu na ociekanie roztworu, ale przede wszystkim poprzez wprowadzenie etapu płukania.

### **Korzyści dla środowiska**

Redukcja powstawania zużytego kwasu trawiącego.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

### **Efekty krzyżowe**

Wytwarzanie ścieków.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Zastosowanie do istniejących zakładów może być ograniczone przez brak miejsca.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Obniżenie kosztów dzięki zwiększonej wydajności materiałowej.

### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

### **Bibliografia**

Brak podanej literatury źródłowej.

## **8.6.2.6 Ogólne techniki zwiększania efektywności trawienia**

### **Opis**

Należą do nich takie techniki jak:

- optymalizacja temperatury trawienia dla maksymalizacji szybkości trawienia przy minimalizacji emisji kwasów;
- optymalizacja składu kąpielii trawiącej (np. stężenia kwasu i żelaza);
- optymalizacja czasu trawienia w celu uniknięcia nadmiernego trawienia;
- unikanie drastycznych zmian w składzie kąpielii trawiącej poprzez częste uzupełnianie jej świeżym kwasem.

### **Opis techniczny**



Stężenie kwasu można zmniejszyć poprzez zastosowanie wysokich temperatur trawienia. Optymalna jest funkcja strat kwasu, wydajności trawienia i zużycia energii. Zwiększenie temperatury trawienia prowadzi do wzrostu wytwarzania NO<sub>x</sub> przy trawieniu stali nierdzewnej, dlatego w bilansie należy uwzględnić unikanie nadmiernego tworzenia NO<sub>x</sub>.

Efektywność trawienia, a tym samym niezbędny czas trawienia, zmienia się w trakcie eksploatacji kąpeli. Wraz ze starzeniem się kąpeli znacznie wzrasta stężenie żelaza i do utrzymania tej samej prędkości trawienia co na początku potrzeba mniej wolnego kwasu. Drastyczne zmiany w cieczy wytrawiającej, np. poprzez wymianę dużej objętości kąpeli, mogą prowadzić do nieznanych warunków trawienia, co może skutkować nadmiernym trawieniem. Zrzucanie zużytego płynu trawiącego i dodawanie świeżego kwasu w częstszych, ale małych dawkach pozwala uniknąć drastycznych zmian w charakterystyce kąpeli i umożliwia bezproblemową pracę.

#### **Korzyści dla środowiska**

- Redukcja powstawania zużytego kwasu trawiącego.
- Mniej nadmiernego trawienia (związane z mniejszą ilością odpadów).

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Dokładne monitorowanie parametrów kąpeli (stężenie kwasu, zawartość żelaza itp.) może pomóc w optymalizacji operacji, np. poprzez skrócenie czasu trawienia, aby uniknąć nadmiernego trawienia.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Zasadniczo nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Obniżenie kosztów dzięki zwiększonej wydajności materiałowej.

#### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

#### **Bibliografia**

Brak podanej literatury źródłowej.

### **8.6.2.7 Oczyszczanie kąpeli trawiącej i ponowne użycie wolnego kwasu**

#### **Opis**

W celu usunięcia cząstek z kwasu trawiącego stosuje się obieg oczyszczający, np. z filtracją, a następnie odzyskuje się wolny kwas poprzez wymianę jonową, np. przy użyciu żywic.

#### **Opis techniczny**

W celu oczyszczenia i przedłużenia okresu użytkowania cieczy wytrawiającej można zastosować boczne filtrowanie mechaniczne, odzyskiwanie kwasu i wewnętrzny recykling. Ciecz jest filtrowana, np. w filtrach z głębokim złożem, w celu usunięcia cząstek stałych. Chłodzenie kwasu za pomocą wymienników ciepła może być konieczne przed jednostką adsorpcyjną, w której fizyko-chemiczny adsorbent (jak żywica) usuwa wolny kwas ze strumienia odpadów. Po nasyceniu urządzenia, wolny kwas jest desorbowany przez strumień świeżej wody i zwracany do procesu trawienia.

#### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszone zużycie kwasu (objętość ścieków i osadów).

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Technika ta umożliwia łatwe utrzymanie stałego składu kwasów trawiących. [184, EUROFER 2018].

### **Efekty krzyżowe**

Zwiększone zużycie energii.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Nie ma zastosowania, jeśli stosuje się trawienie kaskadowe (lub podobne), ponieważ powoduje ono bardzo niski poziom wolnego kwasu.

### **Aspekty ekonomiczne**

Oszczędności wynikają z mniejszego zużycia kwasów. [184, EUROFER 2018].

### **Cel wdrożenia**

Zmniejszone zużycie kwasu trawiącego.

### **Przykładowe zakłady**

Outokumpu Niemcy Krefeld - Zakład 144 CR [184, EUROFER 2018]

Inne przykładowe zakłady w zbiorze danych to [37 CR] [88 CR] [105 CR] [144 CR] [158 CR] [170 CR] [180 CR] [193 CR]

### **Bibliografia**

[219, Brown C., 1999].

## **8.6.2.8 Trawienie metodą odwróconej kaskady**

### **Opis**

Trawienie przeprowadza się w dwóch lub więcej wannach w układzie szeregowym, gdzie wsad jest przemieszczany od wanny o najniższym stężeniu kwasu do wanny o najwyższym.

### **Opis techniczny**

Trawienie kaskadowe odbywa się w dwóch lub więcej wannach połączonych szeregowo. Kwas przepływa (w sposób ciągły lub nieciągły) przeciwbieżnie z jednej wanny do drugiej. Pozwala to na bardzo efektywne wykorzystanie kwasu przy jednoczesnym uzyskaniu dobrej jakości trawienia. [11, B. Gielen, Bekaert 1998].

### **Korzyści dla środowiska**

- Zmniejszone spożycie świeżego kwasu.
- Zmniejszona ilość zużytego kwasu (odpad).

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

### **Efekty krzyżowe**

Brak.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Zastosowanie do istniejących zakładów może być ograniczone przez brak miejsca.

### **Aspekty ekonomiczne**

Koszty obejmują:

- większy budynek, w tym większa kwasoodporna powierzchnia podłogi i większa izolacja wtórna;
- dodatkowy zbiornik, pompa obiegowa i ewentualnie dodatkowy układ wydechowy;

- bardziej złożone oprogramowanie sterujące procesem do śledzenia składu i poziomu kąpieli trawiącej;
- często różne rodzaje walcówki wymagają różnych czasów kontaktu; w takim przypadku wymagane jest również specjalne oprogramowanie sterujące procesem do planowania i śledzenia ruchów różnych walców.

Szacunki: 0,2-0,4 mln EUR w zależności od wydajności.

#### **Cel wdrożenia**

Zmniejszone zużycie kwasu trawiącego.

#### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

#### **Bibliografia**

[11, B. Gielen, Bekaert 1998].

### **8.6.2.9 Minimalizacja wleczenia kwasu trawiącego**

#### **Opis**

Obejmuje to takie techniki jak:

- przy użyciu rolek zaciskowych, np. w przypadku ciągłego trawienia taśmy;
- umożliwiając wystarczający czas ociekania, np. poprzez powolne podnoszenie obrabianych przedmiotów;
- za pomocą wibrujących zwojów walcówki.

#### **Opis techniczny**

Minimalizacja przenoszenia wymaga wystarczającego czasu na ociekanie kwasu z zwojów walcówki. Można to osiągnąć poprzez powolne podnoszenie zwoju walcówki z ostatniej kąpieli kwasowej w kaskadzie, a następnie pozostawienie kilku sekund na ociekanie nad kąpielą kwasową przed przeniesieniem zwoju walcówki do pierwszej kąpieli kaskady płuczącej. Odciekanie można zwiększyć np. poprzez wibrację zwoju walcówki.

#### **Korzyści dla środowiska**

- Zmniejszone zużycie świeżego kwasu.
- Zmniejszona ilość zużytego kwasu (odpad).
- Zmniejszona strata przy trawieniu.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

Energia potrzebna do pracy walców ściskających i wibrujących zwojów walcówki.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Zmniejszone zużycie kwasu trawiącego.

#### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

### **Bibliografia**

Brak podanej literatury źródłowej.

#### **8.6.2.10 Trawienie metodą turbulencji**

##### **Opis**

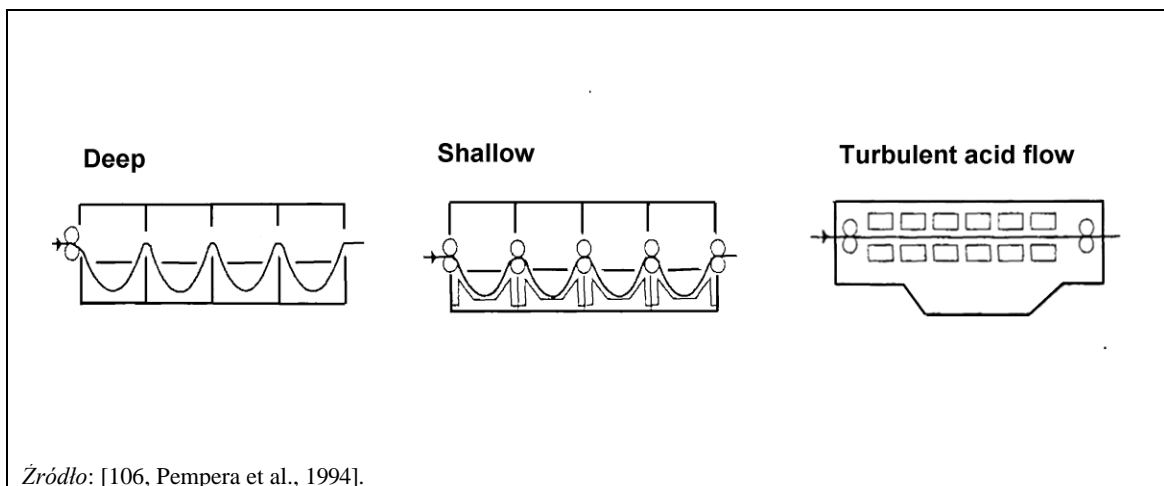
Obejmuje to takie techniki jak:

- wtrysk kwasu trawiącego pod wysokim ciśnieniem przez dysze;
- mieszanie kwasu trawiącego za pomocą zanurzonej turbiny.

##### **Opis techniczny**

Rysunek 8.20 pokazuje rozwój od głębokich zbiorników do trawienia poprzez płytkie zbiorniki do trawienia turbulentnego, gdzie kwas jest rozpylany na taśmę w wąskiej szczelinie pomiędzy zbiornikami do trawienia. Trawienie turbulentne polega na wtryskiwaniu pod wysokim ciśnieniem, za pomocą szeregu dysz, podgrzanego kwasu do kanału trawienia, wzdłuż którego przechodzi taśma. Powoduje to wysoki poziom turbulencji, co prowadzi do maksymalnego kontaktu powierzchni taśmy z kwasem trawiącym. Stosując trawienie turbulencyjne, kwas jest stale wtłaczany w szczeliny w warstwie zgorzeliny, ułatwiając proces trawienia. W rezultacie proces jest bardziej wydajny i możliwe jest uzyskanie niższych temperatur kąpeli kwasowej, co prowadzi do zmniejszenia zużycia kwasu [106, Pempera i in., 1994].

Zmniejsza się zużycie nowego kwasu i/lub zdolności regeneracyjne zużytego kwasu [106, Pempera et al., 1994].



Rysunek 8.20: Różne typy zbiorników do wytrawiania.

Trawienie turbulencyjne może być również osiągnięte przy użyciu zanurzonej turbiny, która miesza kwas trawiący, aby osiągnąć reżim przepływu turbulentnego o wysokiej liczbie Reynoldsa. [191, IT 18-4-17, 2017].

##### **Korzyści dla środowiska**

- Zmniejszenie spożycia kwasu.
- Zwiększona wydajność materiałowa.

##### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

##### **Wtryskiwanie kwasu trawiącego pod wysokim ciśnieniem przez dysze**

Ponieważ trawienie turbulencyjne jest łatwiejsze do kontrolowania (i może być wyposażone w dodatkowe modele procesu) możliwa jest bardziej efektywna kontrola efektu trawienia, co prowadzi do mniejszego nadmiernego trawienia, a tym samym do zmniejszenia strat podczas trawienia (20-30 % lub 0,8-1,2 kg/t) [106, Pempera i in., 1994].

#### **Mieszanie kwasu trawiącego za pomocą zanurzonej turbiny**

W jednym konkretnym przypadku, turbina wykazuje moc silnika równą 7,5 kW i jest zdolna do cyrkulacji ponad 5 000 m<sup>3</sup> /h kwasu przy bardzo niskim zużyciu energii. System mieszania i recyrkulacji wymaga zastosowania wanny podzielonej na dwa połączone ze sobą kanały. Zwykły zbiornik do trawienia jest podzielony na dwie komory, w jednej z nich odbywa się rzeczywiste trawienie detali, a w drugiej zainstalowana jest turbina. W zależności od komory i objętości detali, prędkość kwasu trawiącego przy powierzchni detali wynosi ponad 0,5 m/s. Geometryczna złożoność zanurzanych przedmiotów również przyczynia się do zwiększenia prędkości kwasu trawiącego. Całkowitą jednorodność przepływu kwasu trawiącego w obu kierunkach gwarantuje dwukierunkowe działanie turbiny. [191, IT 18-4-17, 2017].

#### **Efekty krzyżowe**

Zwiększone zużycie energii na wtrysk pod wysokim ciśnieniem i na pracę turbiny.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Zastosowanie do istniejących zakładów może być ograniczone przez brak miejsca.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Niskie koszty inwestycyjne i operacyjne.

#### **Cel wdrożenia**

- Poprawa efektywności procesu trawienia.
- Poprawa jakości produktu.
- Oszczędność w zużyciu kwasu.

#### **Przykładowe zakłady**

[37 CR] [88 CR] [122 CR] [144 CR] [158 CR] [159 CR] [195 CR] [197 CR]

#### **Bibliografia**

[106, Pempera i inni, 1994].

### **8.6.2.11 Stosowanie inhibitorów trawienia**

#### **Opis**

Inhibitory trawienia są dodawane do kwasu trawiącego w celu ochrony czystych metalowych części materiału wsadowego przed nadmiernym trawieniem.

#### **Opis techniczny**

Aby chronić części przedmiotów przed nadmiernym trawieniem, do roztworu trawiącego dodaje się inhibitory trawienia.

#### **Korzyści dla środowiska**

- Zmniejszone spożycie kwasu.
- Mniej kwasu odpadowego.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Inhibitory do trawienia mogą zmniejszyć straty materiałowe przedmiotów obrabianych nawet o 98 % i mogą zmniejszyć zużycie kwasu o 10-20 %. [61, EGGA - b 1999]

Jednak te organiczne inhibitory mogą mieć negatywny wpływ na późniejszy recykling kwasowy.

Inhibitory mogą mieć również szkodliwy wpływ na jakość powierzchni (ze względu na powstawanie rdzy). [1, ABAG 1993].

#### **Efekty krzyżowe**

Niektóre inhibitory trawienia mogą ograniczyć możliwości recyklingu zużytego kwasu.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

- Nie dotyczy stali wysokostopowej.
- Możliwość zastosowania może być ograniczona ze względu na specyfikację produktu.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Oszczędność kosztów. [60, EGGA - a 1999]

#### **Cel wdrożenia**

- Podwyższona jakość produktu.
- Obniżone koszty operacyjne.

#### **Przykładowe zakłady**

Zdecydowana większość (> 90 %) wszystkich cynkowni wsadowych stosuje inhibitory trawienia. [61, EGGA - b 1999].

#### **Bibliografia**

[1, ABAG 1993][60, EGGA - a 1999][61, EGGA - b 1999]

### **8.6.2.12 Aktywne trawienie w kwasie solnym**

#### **Opis**

Trawienie prowadzi się przy niskim stężeniu kwasu solnego (tj. około 4-6 wt-%), a wysokim stężeniu żelaza (tj. około 120-180 g/l), w temperaturze 20-25°C.

#### **Opis techniczny**

Trawienie w kwasie solnym o niskiej zawartości procentowej kwasu i wysokiej zawartości żelaza jest określane jako trawienie aktywowane. W przypadku trawienia stali kwasem solnym zawartość kwasu wynosi zwykle 10-12%, aby uzyskać dość szybkie trawienie. Jednak przy tej zawartości kwasu tworzenie się chlorowodoru jest dość wysokie. W przypadku trawienia aktywnego zawartość kwasu można zmniejszyć o połowę bez negatywnego wpływu na szybkość trawienia, pod warunkiem że stężenie żelaza będzie utrzymywane w granicach 120-180 g/l. Temperatura kąpieli do trawienia musi być utrzymywana na poziomie 20-25 °C.

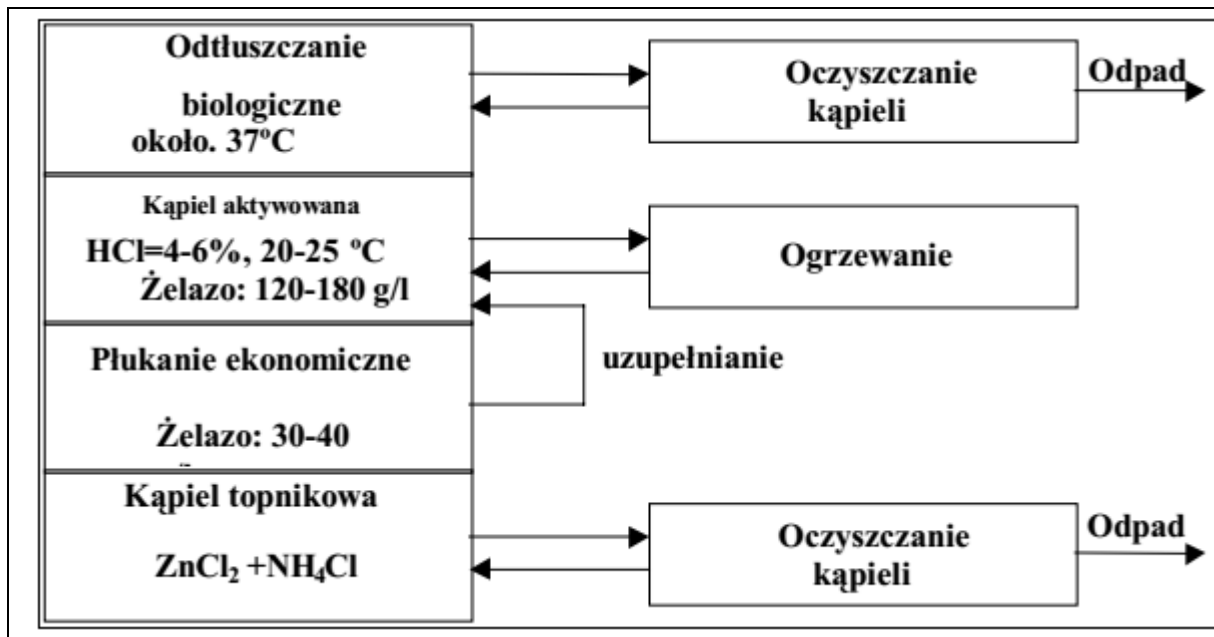
#### **Korzyści dla środowiska**

- Zmniejszone spożycie kwasu.
- Przedłużona żywotność kąpieli trawiących i zmniejszone wytwarzanie zużytego płynu trawiącego (odpady płynne).
- Ograniczenie emisji HCl do powietrza.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

##### Przykład Ferritslev Jernvarefabrik (FJ)

System ten jest stosowany w Ferritslev Jernvarefabrik (FJ), gdzie kąpiel trawiąca jest prawie pozbawiona cynku. Wyrzucone kąpiele mogą być wykorzystane jako środek strącający w miejskiej oczyszczalni ścieków. FJ Varmforzinkning ponosi jedynie koszty transportu. [53, Danish EPA 1993].



Źródło: [53, Danish EPA 1993].

Rysunek 8.21: Schemat trawienia aktywowanego

Wyroby po odtłuszczeniu biologicznym są zanurzane bezpośrednio w aktywowanej kąpeli trawiącej zawierającej 4 - 6% kwasu solnego i 120 - 180 g/l żelaza. Wyroby są podwieszane na czarnych drutach stalowych jednorazowego użytku. Postępowanie to zapobiega przedostawaniu się do kąpeli trawiącej cynku z powłok urządzeń, na których wyroby były zawieszane. Ponadto zastosowano specjalną wannę z kwasem (4 - 7% kwasu solnego) do usuwania powłok cynku z wyrobów, które mają być ponownie cynkowane. W ten sposób możliwe jest utrzymywanie stężenia cynku w kąpeli trawiącej na bardzo niskim poziomie. [53, Danish EPA 1993].

W zakładzie znajdują się 4 wanny trawialnicze, każda o pojemności 100 m<sup>3</sup>. Z każdej wanny 10 m<sup>3</sup>/h cyrkuluje przy pomocy pompy. Cała objętość cyrkulującej wody jest mieszana i przechodzi przez wymiennik ciepła przed powrotem wody do poszczególnych wanien przez system rozdzielczy. W ten sposób jest zapewnione zarówno ogrzewanie, jak i cyrkulacja w wannach trawiących. [53, Danish EPA 1993].

Istotne jest niestosowanie płukania pomiędzy odtłuszczeniem biologicznym a wytrawianiem, ponieważ wynoszone z odtłuszczenia chemikalia działają podczas trawienia jak inhibitory trawienia, chroniąc materiał bazowy wyrobów przed działaniem kwasu. [53, Danish EPA 1993].

Po kąpeli trawiącej przeprowadzane jest tzw. ekonomiczne płukanie, które jest stosowane do rozcieńczania kąpeli trawiącej kiedy jej część ma być zrzucana. Zazwyczaj ekonomiczna kąpiel płuczająca zawiera 30 - 40 g/l żelaza i w konsekwencji znacząco redukuje żelazo wnoszone do kąpeli topnika. [53, Danish EPA 1993].

Odprowadzany zużyty roztwór kwasu stosowany do usuwania powłoki dostarczany jest do Kommunekami normalną drogą. Odprowadzany zużyty roztwór kwasu trawiącego dostarczany jest do zakładu, który wykorzystuje go jako czynnik strącający w oczyszczalni ścieków miejskich. Kiedy zmieniana jest kąpiel trawiąca zwykle odprowadza się 20 m<sup>3</sup> kąpeli, które zostaje zastąpione przez 10 m<sup>3</sup> kwasu solnego i 10 m<sup>3</sup> wody z ekonomicznego płukania. [53, Danish EPA 1993].

Ilość chlorowodoru wydzielanego w hali trawienia jest tak niska, że nawet jeśli nie ma systemów wyciągowych to ilość chlorowodoru jest 11-20 razy niższa od wartości określonej przez przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy. Pomiary wykonywane w środowisku pracy wykazują stężenie chlorowodoru w powietrzu hali w wysokości 0,32 - 0,65 mg/m<sup>3</sup>. Stanowi to tylko 5 - 9% dopuszczalnej

zawartości chlorowodoru określonej na 7 mg/m<sup>3</sup> przez Danish Working Environment Service (Duński Urząd Ochrony Środowiska).

Ponieważ trawienie aktywowane zostało wprowadzone w tym samym czasie, co odłuszczenie biologiczne i regeneracja kąpiel topnika trudno jest ocenić finansowe korzyści. W zasadzie wyciąganie oparów kwasu z hali może być pomijane. Natomiast jeśli stosowana jest taka instalacja może być wymagane oczyszczanie. Rozwiązania zastosowane w omawianym zakładzie oznaczają, że instalacje takie nie są konieczne.

Czas eksploatacji kąpeli trawiących przy stosowaniu trawienia aktywowanego wzrasta o około 50%, ponieważ kąpiel trawiąca jest wymieniana dopiero wtedy, gdy zawartość żelaza osiągnie 180 g/l, podczas gdy przy trawieniu tradycyjnym kąpiel jest wymieniana już przy 120 g/l. Tańsze jest pozbywanie się kąpeli trawiących, jeśli nie zawierają one związków cynku. Zakład musi płacić tylko za transport do Kemira Miljø w Esbjerg, gdzie odprowadzane kąpiele przerabiane są na czynnik strącający. [53, Danish EPA 1993].

Gdy stosowane jest trawienie aktywowane konieczna jest instalacja ogrzewania kąpeli, co oznacza dodatkowy koszt w porównaniu z trawieniem tradycyjnym.

#### **Efekty krzyżowe**

Zwiększone zużycie energii.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Zwiększona żywotność kąpeli trawiących.

#### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowane w cynkowaniu wsadowym.

#### **Bibliografia**

[53, Danish EPA 1993].



## 8.6.3 Techniki zwiększające wydajność materiału w procesie topnikowania

### 8.6.3.1 Płukanie detali po wytrawianiu

#### Opis

W przypadku cynkowania okresowego przeniesienie żelaza do roztworu topnika jest redukowane przez płukanie przedmiotów po wytrawianiu.

#### Opis techniczny

Nadmierne stężenie żelaza w kąpeli topnikowej powoduje wciągnięcie żelaza do kąpeli cynkowej. Każdy kg Fe dostający się do kąpeli cynkowej powoduje utratę 25-30 kg Zn przez tworzenie się kożucha. Dlatego zawartość żelaza powinna być utrzymywana na niskim poziomie. [11, B. Gielen, Beckaert 1998].

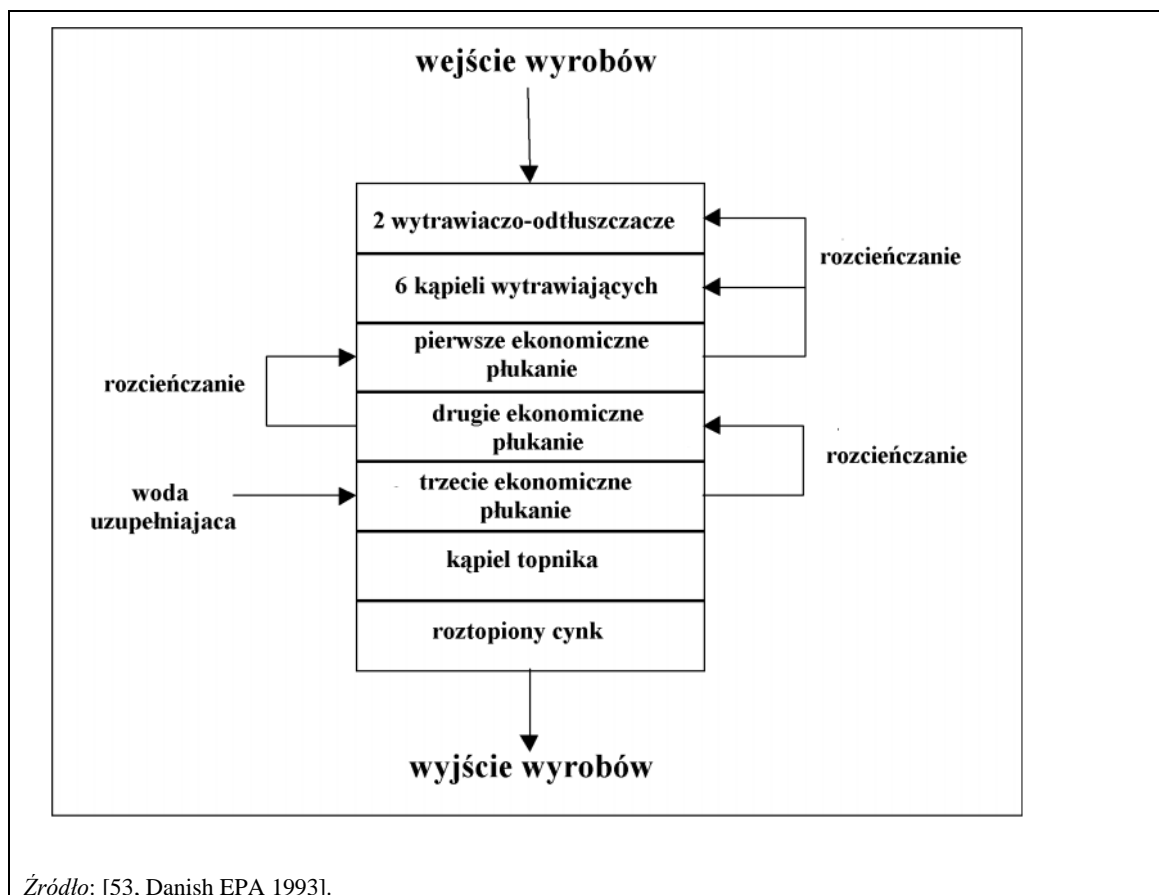
Po wytrawianiu i zapewnieniu minimalizacji przenoszenia roztworu trawiącego (zob. pkt 8.6.2.9) surowiec jest płukany w wodzie przy użyciu statycznego zbiornika płuczącego lub płukania kaskadowego.

#### Korzyści dla środowiska

- Redukcja powstawania zużytego roztworu topnika.
- Redukcja odpadów (kożuchów) i emisji w kolejnym etapie galwanizacji.

#### Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

Na przykład w zakładzie Herning Varmforzinkning po procesie trawienia stosuje się 3 zbiorniki płuczące bez odpływu (patrz Rysunek 8.22). W tym przypadku zanieczyszczenie kąpeli topnikowej jest zmniejszone o 85-90%, co skutkuje dłuższą żywotnością kąpeli topnikowej i mniejszą ilością odpadów topnikowych. Woda płuczająca przepływa przeciwnie do materiału wsadowego i jest ostatecznie wykorzystywana jako woda uzupełniająca w kąpielach trawiących. [53, Danish EPA 1993].



Źródło: [53, Danish EPA 1993].

Rysunek 8.22: Instalacja płukania kaskadowego w ocynkowni

Pomiary wykazały następujące wartości średnie zawartości żelaza w kąpielach trawiących, wannach płuczających i kąpielach topnika: [DK-EPA-93]

- Kąpiel trawiąca: żelazo = 75 - 85 g/l
- Płukanie ekonomiczne - wanna pierwsza: żelazo = 40 - 50 g/l
- Płukanie ekonomiczne - wanna druga: żelaza = 25 - 35 g/l
- Płukanie ekonomiczne - wanna trzecia: żelazo = około 10 g/l
- Kąpiel topnika: żelazo = około 5 g/l

Gdy zawartość żelaza w kąpeli topnika osiąga 10 g/l kąpiel jest ładowana do zbiornika przewoźnego i transportowana do Zakładu Vildbjerg, który posiada instalacje do oczyszczania i regeneracji kąpeli topnika. [53, Danish EPA 1993].

#### **Efekty krzyżowe**

Woda z płukania może być częściowo lub całkowicie wykorzystana jako woda uzupełniająca do kąpeli trawiącej. W przypadku częściowego wykorzystania powstają ścieki.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Zastosowanie do istniejących zakładów może być ograniczone przez brak miejsca.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Trudno jest określić ilościowo uzyskane oszczędności. [53, Danish EPA 1993].

#### **Cel wdrożenia**

Obniżenie kosztów dzięki zwiększonej wydajności materiałowej.

#### **Przykładowe zakłady**

Herning Varmforzinkning A/S, Dania [53, Danish EPA 1993]

#### **Bibliografia**

[11, B. Gielen, Bekaert 1998][53, Danish EPA 1993].

### **8.6.3.2 Optymalne działanie topnika**

#### **Opis**

Skład chemiczny roztworu topnika jest monitorowany i często korygowany. Ilość stosowanego topnika jest zredukowana do minimalnego poziomu wymaganego do osiągnięcia specyfikacji produktu.

#### **Opis techniczny**

Aby uzupełnić straty związane z porywaniem i utrzymać stałe stężenie kąpeli topnikowej, regularnie dodawane są środki topiące i woda. Stężenie żelaza/chlorku żelaza jest ściśle monitorowane. Technika ta nie jest stosowana w powlekanii blach metodą zanurzania na gorąco, gdzie nie przeprowadza się topnikowania.

#### **Korzyści dla środowiska**

Redukcja odpadów i unikanie przedwczesnego wyrzucania kąpeli topnikowych.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Aby zapobiec przenoszeniu chlorków żelaza z kąpeli trawiących, wytrawione przedmioty powinny być dokładnie wypłukane przed topnikiem. Niemniej jednak nie można całkowicie zapobiec gromadzeniu się chlorku żelaza, dlatego też roztwór topnika musi być okresowo wymieniany lub regenerowany.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Zwiększona żywotność kąpielii topnikowych.

#### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

#### **Bibliografia**

Brak podanej literatury źródłowej.

### **8.6.3.3 Usuwanie żelaza i ponowne użycie roztworu topnika**

#### **Opis**

Żelazo usuwa się z roztworu topnika jedną z następujących technik:

- utlenianie elektrolityczne;
- utlenianie przy użyciu powietrza lub  $H_2O_2$ ;
- wymiana jonowa.

Po usunięciu żelaza, roztwór topnika jest ponownie wykorzystywany.

#### **Opis techniczny**

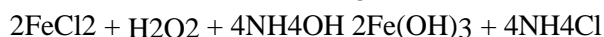
Podczas eksploatacji wzrasta stężenie żelaza w roztworze topnika. Przy pewnym poziomie, roztwór topnika staje się bezużyteczny. Aby móc ponownie wprowadzić roztwór do obiegu, należy usunąć zawartość żelaza. Można to robić w sposób ciągły lub w trybie wsadowym. Technika ta nie jest stosowana w powlekanii blach metodą zanurzania na gorąco, gdzie nie przeprowadza się topnikowania.

#### Usuwanie żelaza z kąpeli topnikowej poprzez napowietrzanie i wytrącanie żelaza

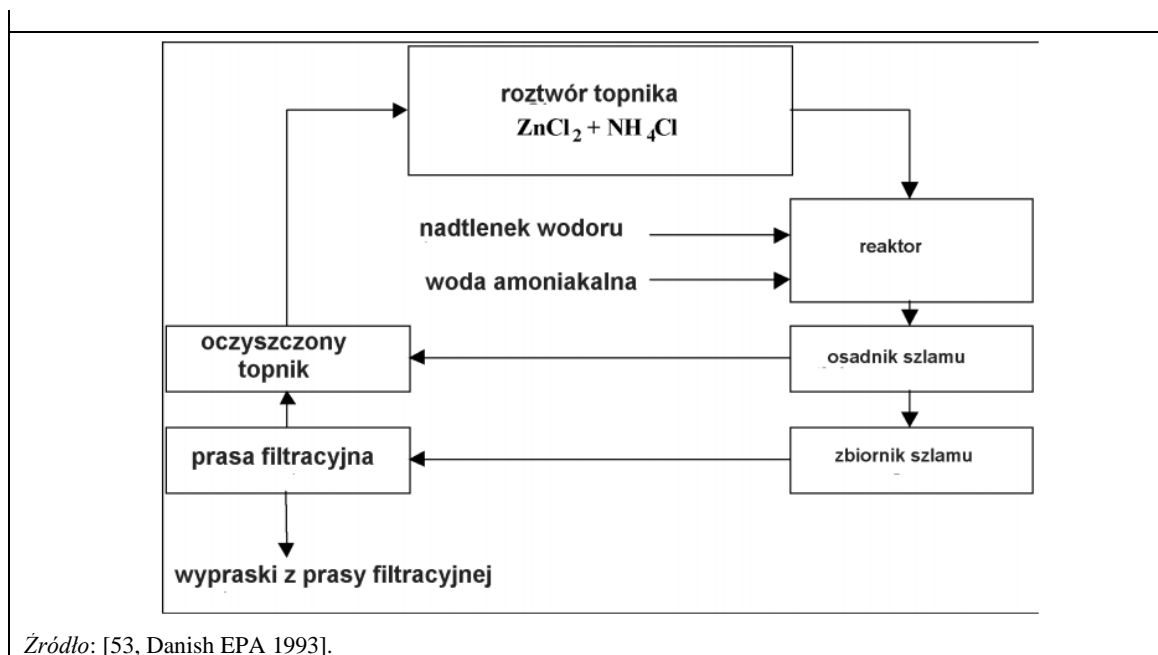
Roztwór topnika jest napowietrzany w celu wspomaganie wytrącania żelaza, a następnie roztwór jest dekantowany w celu usunięcia powstałego osadu z dna zbiornika. Zaletą tej operacji jest obniżenie poziomu żelaza, aczkolwiek nie do bardzo niskich poziomów. [78, Grupa Wedge 2000].

#### Usuwanie żelaza przy użyciu amoniaku i utleniania $H_2O_2$

Poprzez dodanie amoniaku (do regulacji pH) i  $H_2O_2$  (utleniacz) wytrąca się żelazo w postaci  $Fe(OH)_3$  i powstaje  $NH_4Cl$  zgodnie z reakcjami:



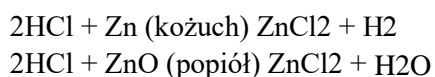
Wytrącony osad wodorotlenku żelaza jest odbierany i usuwany.



Rysunek 8.23: Schemat regeneracji roztworu z topnikiem

Cynk, początkowo obecny w roztworze lub wprowadzony przez przedmioty zaimpregnowane roztworem z kąpieli płuczających lub trawiących, pozostaje w postaci  $ZnCl_2$ .

Zwykle stosunek produkowanego  $NH_4Cl/ZnCl_2$  jest wyższy niż wymagany przez większość galwanizatorów, a ilość produkowanej soli nie wystarcza do zrekompensowania zużycia topnika. Można to skorygować poprzez dodanie zubożonego roztworu trawiącego lub odcynkowującego, co zwiększa produkcję soli topnikowych. Inną możliwością wpływu na stosunek  $NH_4Cl/ZnCl_2$  produkowanych soli jest wstępna reakcja zubożonego roztworu trawiącego lub odżelaziającego z kożuchem lub popiołem, dzięki czemu zamiast  $NH_4Cl$  powstaje  $ZnCl_2$ :

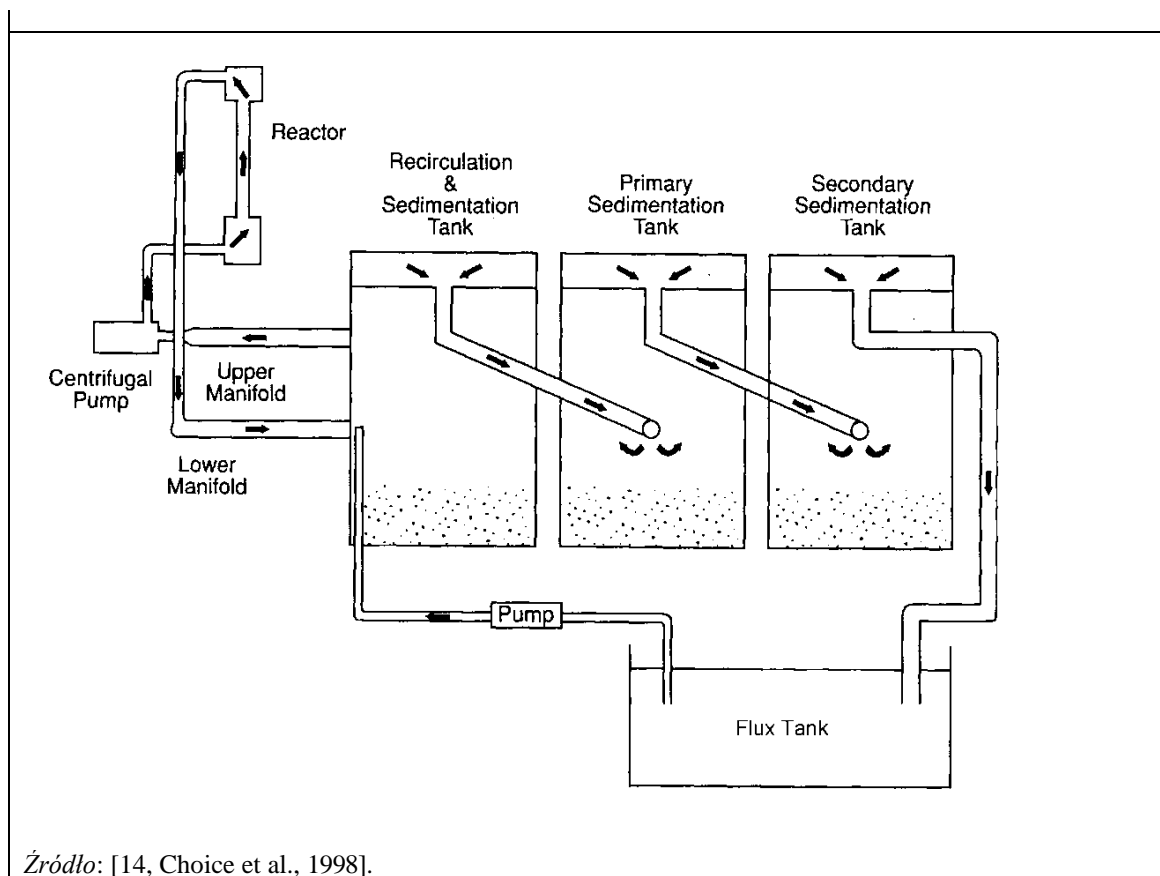


Zautomatyzowana kontrola pH i redoks umożliwia selektywne wytrącanie żelaza (około 50% żelaza w ciałach stałych) i niski potencjał utleniający, co pozwala uniknąć zniszczenia wszelkich dodatków organicznych w strumieniu. Aby uzyskać maksymalną wydajność zagęszczania i filtracji, do pulpy we flokulatorze dodawany jest selektywny flokulant, co skutkuje wysokim wskaźnikiem osadzania substancji stałych, doskonałą przejrzystością przelewu i poprawioną charakterystyką filtracji podfiltracyjnej. Zawartość substancji stałych w placku filtracyjnym prasy wynosi około 50 %.

Możliwe jest wytworzenie roztworu topnika o składzie wymaganym przez galwanizatora. Dla optymalnego składu topnika mogą być wymagane dodatki chlorku cynku lub chlorku amonu. [DK-BAT-93]

#### Usuwanie żelaza za pomocą utleniania elektrolitycznego

Proces utleniania elektrolitycznego składa się z modułu reaktora lub serii modułów reaktora do elektrolitycznego utleniania rozpuszczonego żelaza oraz zestawu zbiorników sedymentacyjnych do usuwania osadu ze strumienia procesu. Schematyczny schemat przepływu przedstawiono na Rysunku 8.24.



Rysunek 8.24: Schemat procesu utleniania elektrolitycznego

W trakcie przepływu kąpieli topnika przez reaktor, żelazo (II - dwuwartościowe) jest utleniane do żelaza (III - trójwartościowego). Żelazo (III) wytrąca się jako wodorotlenek. Procesowi temu towarzyszy powstawanie kwasu. W wyniku tych zmian stężenie rozpuszczonego żelaza i zawartość kwasu w strumieniu opuszczającym reaktor jest inna niż w strumieniu wchodzącym do reaktora. Z tego powodu oraz w wyniku ciągłego wprowadzania do roztworu wody płuczącej lub roztworu trawiącego do wanny z topnikiem, zawartość żelaza w zbiorniku recyrkulacyjnym jest niższa niż w wannie z topnikiem. Stosunek stężeń żelaza w tych zbiornikach zależy od szeregu czynników, ale w praktyce stężenie w zbiorniku recyrkulacyjnym może być doprowadzone do wartości bliskiej zero g/l, a ustalona wielkość stężenia w wannie z topnikiem może z łatwością osiągnąć wartość poniżej 2 g/l. Osiągnięcie stężenia poniżej 1 g/l wymagać będzie bardzo starannego prowadzenia procesu. [14, Choice i inni, 1998].

Krótko mówiąc, główne zalety tej techniki to:

- proces bazuje na bilansie chlorku i cały chlorek wnoszony do wanny z topnikiem z wanny płuczącej wykorzystywany jest do tworzenia z chlorku cynku uzupełniającego chlorku amonu
- żelazo jest usuwane
- nie ma potrzeby obróbki wód odpadowych
- wprowadzanie wody płuczącej do wanny kwasowej pozwala na znaczące obniżenie zużycia kwasu i kosztów
- zmniejsza się zapotrzebowanie wody i związany z tym koszt [14, Choice i in., 1998].

Odnotowano istnienie potencjalnego problemu z częściami zamiennymi do urządzenia, ponieważ ich dostawca znajduje się w Australii. [34, EGGA 2000].

### Usuwanie żelaza przy użyciu kolumn jonowymiennych

W procesie wymiany jonowej do absorpcji żelaza stosowana jest żywica. Ponieważ proces ten jest wrażliwy na cząstki stałe, roztwór topnika jest wstępnie filtrowany. Filtrowanie może być prowadzone w standardowych filtrach płytowych. Przez dodawanie stężonego NaOH utrzymywana jest żądana wartość pH. Aby otrzymywać roztwór jednorodny, roztwór jest ciągle mieszany w neutralizatorze. Następnie roztwór jest przepompowywany przez kolumnę wymiennika jonowego, w której żelazo jest absorbowane przez żywicę. Opuszczający kolumnę wymiennika roztwór, kierowany jest do kąpielii płuczającej/topnika. Gdy żywica zostanie nasycona żelazem, musi ona zostać usunięta i zregenerowana. Roztwór powstały w wyniku usuwania żelaza/regeneracji, przepompowywany jest ze zbiornika magazynującego poprzez kolumnę do innego zbiornika. W kolumnie następuje wymiana żelaza i kwasu. Żelazo jest rozpuszczane w HCl, podczas gdy kwas absorbowany jest przez żywicę. [117, Sprang, 1997].

### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszenie ilości odpadów (zużyty topnik).

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

#### **Usuwanie żelaza przy użyciu amoniaku i utleniania H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

#### **Przykład CM Jernvarer AIS**

W CM Jernvarer AIS w celu umożliwienia ciągłego usuwania żelaza zanieczyszczającego kąpielie topnika, zainstalowano system regeneracji kąpielii topnika stosowanych w zakładzie. W procesie oczyszczania kwas solny jest neutralizowany, w wyniku czego powstaje chlorek amonu będący jednym z dwóch składników kąpielii. Optymalny skład kąpielii topnika jest utrzymywany przez dodatek chlorku cynku i chlorku amonu określany na podstawie standardowej analizy chemicznej. [53, Danish EPA 1993].

System ten został zaprojektowany do ciągłego oczyszczania kąpielii topnika i pozwala na oczyszczanie około 5000 litrów topnika dziennie. Przy tej wydajności system jest obecnie zdolny oczyszczać zanieczyszczony żelazem kąpielie topnika odpowiadające produkcji przynajmniej 10000 ton produktów na rok. Kąpiel jest pompowana przez reaktor, do którego dozowany jest nadtlenuk wodoru i woda amoniakalna przez dozownik sterowany urządzeniem kontrolującym potencjał utleniająco-redukcyjny i pH kąpielii. Żelazo jest utleniane i wytrącane jako wodorotlenek żelaza w postaci szlamu. Kąpiel ze szlamem zbierana jest w osadniku szlamu, gdzie następuje oddzielenie szlamu. Szlam następnie jest odwadniany w prasie filtracyjnej, a przesącz i woda zlewana z osadnika zbierane są w zbiorniku magazynującym i są ponownie wykorzystywane do topnika. Odprowadzane kąpielie topnika zawierające dużo żelaza mogą być także oczyszczane w systemie. Kąpiel topnikowa o wysokiej zawartości jest albo wprowadzana stopniowo w małych ilościach razem z lekko zanieczyszczoną cieczą topnikową ze zbiornika topnika albo może ona być oddzielnie oczyszczana w kilku kolejnych etapach oczyszczania. Kąpiel kwasowa używana do usuwania powłok także może być oczyszczana. W tym przypadku, by uniknąć zbyt dużego stężenia szlamu w cieczy, konieczne jest zmniejszenie wielkości dawki. Kąpiel kwasowa używana do usuwania powłok zawiera duże ilości chlorku cynku, który przechodzi do kąpielii topnika w trakcie tego procesu. Jednakże, ponieważ w kąpielii topnika musi być utrzymany określony stosunek zawartości chlorku amonu do chlorku cynku, określona została górna granica objętości kąpielii kwasowej, która może być przyjęta w systemie, jeśli stężenie chlorku cynku ma być utrzymane na optymalnym poziomie. [53, Danish EPA 1993].

Przy oczyszczaniu starych kąpielii topnika nie była dodawana woda amoniakalna, ponieważ pH miało żądaną wartość 4,5. Normalnie zużycie amoniaku wynosi 2,4 g 25% wody amoniakalnej na 1 gram żelaza II (dwuwartościowego rozpuszczonego żelaza). Odpowiada to zużyciu 1800 kg wody amoniakalnej do regeneracji 50 m<sup>3</sup> kąpielii topnika. Nie napotkano większych problemów w trakcie eksploatacji systemu, a po niewielkich poprawkach system obecnie pracuje zgodnie z planem przy minimalnym czasie potrzebnym na przeprowadzenie procesu i konserwację. Po oczyszczeniu starych kąpielii topnika system został połączony z używanymi w produkcji wannami z topnikiem tak, że stężenie żelaza jest w nich ciągle utrzymywane na najniższym możliwym poziomie. Nie rozpoczęto jeszcze obróbki odprowadzanych kąpielii kwasu do usuwania powłok w systemie. [53, Danish EPA 1993].

## Przykład Galva 45

Wyniki (styczeń - kwiecień 1993) procesu regeneracji topnika prowadzonego w Galva 45, we Francji, podano poniżej w tabeli 8.6.:

Tabela 8.6: Dane operacyjne procesu regeneracji strumienia w Galva 45 (Francja)

		Linia pierwsza (wanna 7m)	Nowa zautomatyzowana linia (wanna 3,5m)
Całkowita zawartość soli	(g/l)	461	450
ZnCl <sub>2</sub> % - NH <sub>4</sub> Cl%		55 - 45	57 - 43
Temperatura	(°C)	46	50
Fe	(g/l)	0,9	0,38
Dodatek ZnCl <sub>2</sub> lub NH <sub>4</sub> Cl		0	NI
Uwaga: NI = brak informacji.			

### Korzyści z oczyszczania kąpeli topnikowych

- Poprawa jakości: przez utrzymywanie zawartości kwasu i żelaza w kąpeli topnika na bardzo niskim poziomie (poniżej 1 g/l), nastąpi znaczne zmniejszenie tworzenia się żużla, a w konsekwencji mniejsza ilość wad powłoki powodowanych obecnością wtrąceń żużlowych w cynku. Grubość powłoki cynkowej będzie bardziej równomierna, a przez to powłoka będzie bardziej błyszcząca. Zmniejszenie ilości wyrobów z wadami powierzchniowymi będzie prowadzić do zmniejszenia ilości wyrobów, które muszą być recyklingowane.
- Zmniejszenie zużycia cynku: zmniejszona zostanie ilość wytrysków, a także ilość powstającego żużlu i popiołu, co prowadzić będzie do zmniejszenia całkowitego zużycia cynku.
- Wzrost opłacalności dzięki produkcji topnika i zmniejszeniu odprowadzanych roztworów, co będzie kompensować koszty odczynników i kosztów usuwania stałych pozostałości żelaza. Zyski bezpośrednie wyniosły w przybliżeniu 1,7 ecu na tonę cynkowanych wyrobów.
- Proces ekologiczny: nastąpiło znaczne zmniejszenie pozostałości pochodzących z produkcji, ponieważ tonaż roztworów ściekowych wykorzystanych do produkcji topnika był wyższy niż produkcja nowych pozostałości stałych z zawartością żelaza.

### Usuwanie żelaza za pomocą utleniania elektrolitycznego

#### **Przykładowy zakład: Industrial Galvanizers Corporation:**

W zakładzie rocznie cynkowanych jest 10000 - 12000 ton wyrobów, wśród których zachowana jest właściwa proporcja między rurami i innymi wyrobami przemysłowymi. Średnia grubość wyrobów stalowych poddawanych cynkowaniu w tym zakładzie wynosi w przybliżeniu 3mm.

Wyróżnia się trzy rodzaje kosztów eksploatacyjnych związanych z zanieczyszczeniem kąpeli topnika żelazem. Są to: usuwanie ścieków, koszt zużywanego cynku oraz koszt zużywanych odczynników. Koszty będą różne w poszczególnych zakładach i będą różnić się w obrębie każdego zakładu w zależności od zastosowanej metody kontroli składu roztworu topnika. W rozpatrywanym przypadku, aby uniknąć przenoszenia kwasu i żelaza do kąpeli topnika zastosowany był system płukania.

Analiza kosztów eksploatacyjnych zakładu przed i po wprowadzeniu regeneracji wykazała poniższe oszczędności:

Usuwanie ścieków 20,2%

Powstawanie żużla 27,6%

Chemikalia 10,5%

Powstawanie popiołu 39,0%



Cynk 10,4%

### **Korzyści**

- Wyeliminowanie konieczności oczyszczania wody płuczającej i przelewów wody płuczającej.
- Zmniejszenie ilości szlamów do usuwania z konwencjonalnego oczyszczania topnika.

### **Wady**

Zaznaczono, że system wymaga znacznego wysiłku obsługi oraz zwrócono uwagę na problem części zamiennych (dostarczanych z Australii). [34, EGGA 2000].

Usuwanie żelaza z kąpeli topnika w kolumnowych wymiennikach jonowych  
Przykładowy zakład w Holandii

### **Korzyści**

- Spadek wytrysków cynku z 9,5 do < 7%.
- Wyższa wydajność produkcji - wzrost o ponad 10%.
- Zmniejszenie ilości popiołu cynkowego.
- Zmniejszenie ilości oparów.
- Zmniejszenie ilości zużycia z 8 t/2 tygodnie do 2 t/ 6 tygodni.
- Wyższa jakość produktu [117, Sprang, 1997].

### **Efekty krzyżowe**

Wytwarzanie osadu wodorotlenku żelaza (60 % wody, 6,5 % cynku, 20 % żelaza) wymagającego usunięcia w przypadku usuwania żelaza przy użyciu amoniaku i utleniania H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Możliwość zastosowania w istniejących galwanizerniach wsadowych może być ograniczona brakiem miejsca.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Obniżenie kosztów dzięki zwiększonej wydajności materiałowej.

### **Przykładowe zakłady**

CM Jernvarer A/S.

### **Bibliografia**

[14, Choice i in., 1998] [78, Wedge Group 2000] [53, Danish EPA 1993] [DK-BAT-93] [34, EGGA 2000]

## **8.6.3.4 Odzyskanie soli z zużytego roztworu topnika w celu produkcji topników**

### **Opis**

Zużyty roztwór topnika jest wykorzystywany do odzyskiwania zawartych w nim soli w celu produkcji środków topnikowych. Może to mieć miejsce na terenie zakładu lub poza nim.

### **Opis techniczny**

Sole w zużyтым roztworze topnika mogą być ponownie wykorzystane do produkcji topnika. Może się to odbywać na miejscu lub poza zakładem u producentów topników. Technika ta nie jest stosowana w



powlekanii blach metodą zanurzania na gorąco, gdzie nie przeprowadza się topnikowania.

#### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszona ilość odpadów przekazywanych do utylizacji.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak informacji.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Możliwość zastosowania może być ograniczona w zależności od dostępności rynku.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Obniżenie kosztów dzięki zwiększonej wydajności materiałowej.

#### **Przykładowe zakłady**

Th. Goldschmidt, Niemcy.

#### **Bibliografia**

Brak podanej literatury źródłowej.

### **8.6.3.5 Minimalizacja przeciągania roztworu topnika**

#### **Opis**

Opór roztworu topiącego jest zminimalizowany poprzez pozostawienie wystarczającej ilości czasu na jego ściekanie.

#### **Opis techniczny**

Opór roztworu topnika jest zminimalizowany poprzez pozostawienie wystarczającej ilości czasu na jego ściekanie. Technika ta nie jest stosowana w powlekanii blach metodą zanurzania na gorąco, gdzie nie przeprowadza się topnikowania.

#### **Korzyści dla środowiska**

Zwiększona wydajność materiałowa.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak informacji.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Brak informacji.

### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

### **Bibliografia**

Brak podanej literatury źródłowej.

## **8.6.4 Techniki zwiększające wydajność materiałową w procesie cynkowania ogniowego**

### **8.6.4.1 Ograniczenie powstawania kożucha dennego**

#### **Opis**

Wytwarzanie kożucha dennego jest ograniczone, np. poprzez wystarczające płukanie po trawieniu, usuwanie żelaza z roztworu topnika (patrz punkt 8.6.3.3), stosowanie topników o łagodnym działaniu trawiącym oraz unikanie miejscowego przegrzania w kotle galwanizacyjnym.

#### **Opis techniczny**

Poniższe techniki ograniczają powstawanie kożucha dolnego:

- Wystarczające płukanie po trawieniu.
- Ciągła regeneracja kąpeli topnikowej.
- Stosowanie środków topiących o niskiej zawartości chlorku amonu, które mają niski efekt trawienia (usuwania żelaza).
- Unikanie lokalnych przegrzań w ogrzewanych zewnątrz kotłach galwanicznych (reakcja ze ścianami kotła) [27, DE, członek TWG, 1999] [34, EGGA 2000].

Technika ta nie jest stosowana w powlekanii blach na gorąco, gdzie nie przeprowadza się topnikowania.

#### **Korzyści dla środowiska**

Mniej odpadów, bardziej efektywne wykorzystanie surowca (brak konieczności recyklingu kożucha dolnego).

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

W wyniku płukania powstają ścieki.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Obniżenie kosztów dzięki zwiększonej wydajności materiałowej.

### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

### **Bibliografia**

[27, DE, TWG member, 1999] [34, EGGA 2000].

## **8.6.4.2 Zapobieganie, zbieranie i ponowne wykorzystanie odprysków cynku w cynkowaniu ogniowym**

## **Opis**

Wytwarzanie odprysków cynku z kotła galwanizacyjnego jest ograniczone poprzez minimalizację przenoszenia roztworu topnika. Odpryski cynku z kotła są zbierane i ponownie wykorzystywane. Obszar wokół kotła jest utrzymywany w czystości, aby ograniczyć zanieczyszczenie rozpryskami.

## **Opis techniczny**

Poniższe techniki ograniczają powstawanie rozprysków:

- Wystarczające wysuszenie po kąpeli topnikowej.
- Obszar wokół kotła galwanizacyjnego jest utrzymywany w czystości, aby uzyskać odzyskiwalny cynk zawierający minimalną ilość zanieczyszczeń. [27, DE, członek TWG, 1999].

## **Korzyści dla środowiska**

Mniej odpadów, bardziej efektywne wykorzystanie surowca (brak konieczności recyklingu rozprysków w celu odzyskania cynku).

## **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

## **Efekty krzyżowe**

Energia potrzebna do suszenia obrabianych elementów.

## **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

## **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

## **Cel wdrożenia**

Obniżenie kosztów dzięki zwiększonej wydajności materiałowej.

## **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

## **Bibliografia**

[27, DE, członek TWG, 1999].

### **8.6.4.3 Ograniczenie powstawania popiołu z cynku**

#### **Opis**

Tworzenie się popiołu cynkowego, czyli utlenianie cynku na powierzchni kąpeli, jest ograniczone np. przez:

- wystarczające wysuszenie przedmiotów/ drutów przed zanurzeniem;
- unikanie niepotrzebnych zakłóceń w kąpeli podczas produkcji, w tym podczas odtłuszczenia;
- w ciągłym zanurzaniu drutów na gorąco, zmniejszenie powierzchni wanny mającej kontakt z powietrzem za pomocą pływającej osłony ogniotrwałej, zwłaszcza w czasie czuwania.

#### **Opis techniczny**

Popiół cynkowy jest mieszaniną składającą się z metalu cynkowego, tlenku cynku i chlorku cynku, która tworzy się na powierzchni roztopionej kąpeli cynkowej. Aby zminimalizować ilość popiołu cynkowego tworzącego się na powierzchni kąpeli, można zastosować szereg prostych środków, takich jak dokładne wysuszenie obrabianych przedmiotów i/lub drutów przed zanurzeniem na gorąco, utrzymywanie stałej

pracy kąpielii (w tym podczas odfuszczenia) oraz stosowanie pływających osłon ogniotrwałych podczas ciągłego powlekania drutów na gorąco, aby zminimalizować utlenianie cynku otaczającym powietrzem.

#### **Korzyści dla środowiska**

Zwiększona wydajność materiałowa.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

Nie zgłoszono.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Obniżenie kosztów dzięki zwiększonej wydajności materiałowej.

#### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

#### **Bibliografia**

Brak podanej literatury źródłowej.

## **8.6.5 Techniki odzyskiwania zużytych kwasów do trawienia**

### **Opis**

Techniki odzyskiwania zużytych kwasów trawiących na miejscu lub poza nim obejmują:

- prażenie natryskowe lub wykorzystanie reaktorów ze złożem fluidalnym do odzysku kwasu solnego;
- krystalizacja siarczanu żelazowego do odzysku kwasu siarkowego;
- prażenie natryskowe, odparowanie, wymiana jonowa lub dializa dyfuzyjna, w celu odzyskania kwasu mieszanego;
- wykorzystanie zużytego kwasu trawiącego jako surowca wtórnego (np. do produkcji chlorku żelaza lub pigmentów).

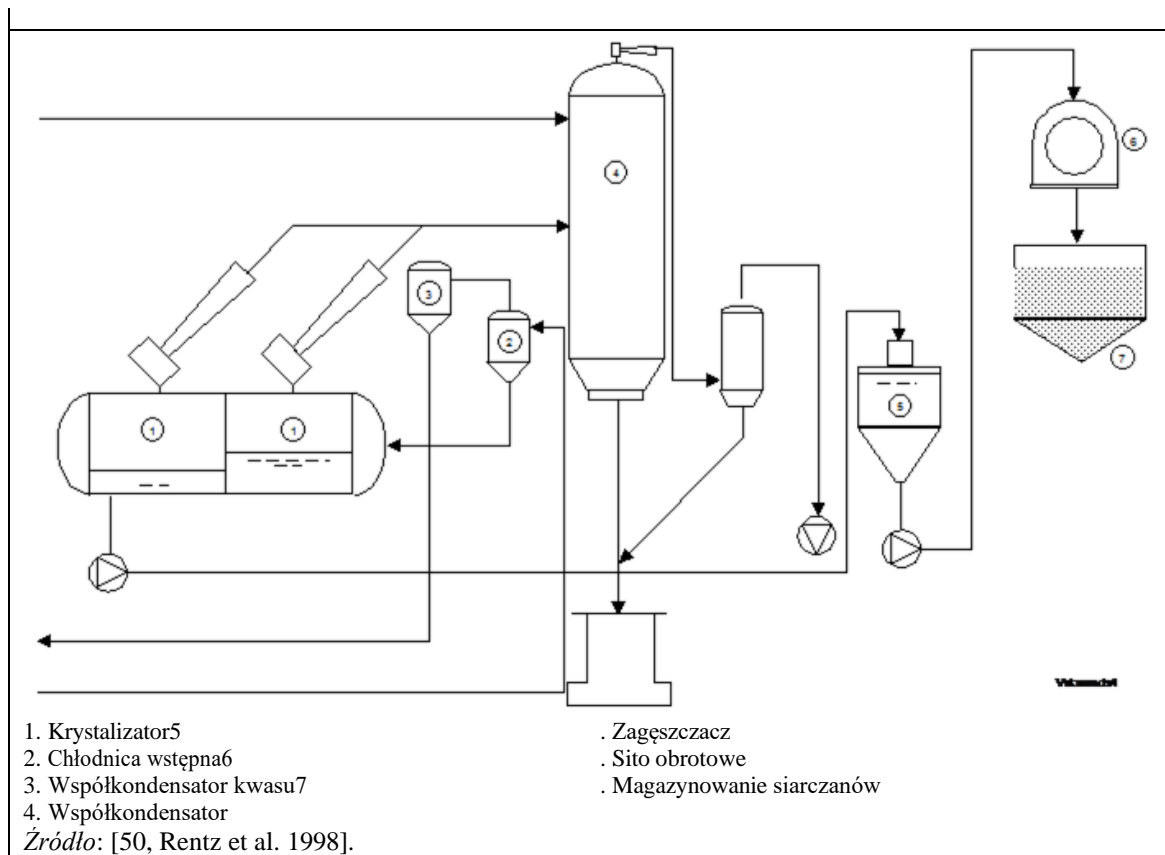
### **Opis techniczny**

#### **Krystalizacja (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)**

Odzysk kwasu siarkowego poprzez krystalizację opiera się na zmniejszającej się rozpuszczalności siarczanu żelaza wraz ze spadkiem temperatury. W wyniku schłodzenia zużytego kwasu wytrawiającego (np. do temperatury 6-10 °C) heptahydrat siarczanu żelaza (FeSO<sub>4</sub> · 7 H<sub>2</sub>O) krystalizuje się i jest usuwany z kwasu poprzez sedimentację, a następnie odwirowanie. Zregenerowany kwas siarkowy jest zwracany do zbiornika do wytrawiania, natomiast siarczan żelaza może być sprzedany [191, IT 18-4-17, 2017] [BG Q 198].

Jeśli chodzi o rodzaj chłodzenia, dostępne są następujące procesy krystalizacji heptahydratu do regeneracji: krystalizacja z chłodzeniem pośrednim, krystalizacja w cyklonie i krystalizacja z chłodzeniem próżniowym. Obróbka zużytego roztworu marnaty poprzez krystalizację pozwala uniknąć konieczności neutralizacji wolnego kwasu; ponadto żelazo wytrąca się w postaci heptahydratu i również nie musi być neutralizowane. W procesach krystalizacji można osiągnąć znaczne zwiększenie

ilości uwolnionych ścieków i zmniejszenie ładunku soli. Na Rysunku 8.25 przedstawiono przykładowo proces krystalizacji z chłodzeniem próżniowym.



Rysunek 8.25: Proces krystalizacji z chłodzeniem próżniowym dla H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

### Odzysk z parowania (HCl)

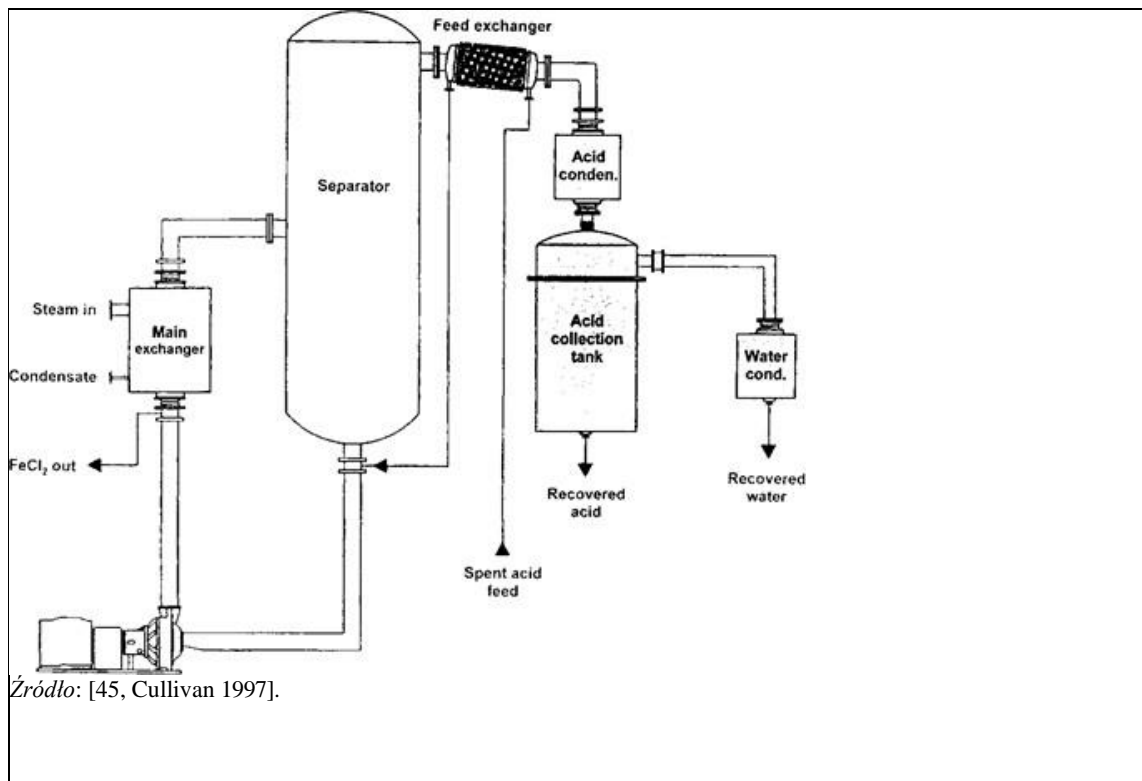
System ewaporacyjnego odzyskiwania kwasu solnego jest parownikiem flash z wymuszonym obiegiem i kontrolowaną dwustopniową kondensacją/separacją. Zużyty roztwór kwasu jest agresywnie podgrzewany w celu ekstrakcji kwasu i wody ze zużytego kwasu trawiącego. Pozostaje tylko stężony roztwór chlorku żelaza.

Zużyty roztwór kwasu jest prowadzony do jednostki odzysku przez filtr i wymiennik wstępny, wykorzystując pozostałe ciepło kwasu i pary wodne powstałe w procesie odparowania (patrz Rysunek 8.26). Wstępnie podgrzany zużyty roztwór kwasu trafia następnie do sekcji odparowywania, gdzie szybko przepływa przez główny wymiennik ciepła i trafia do zbiornika separatora, gdzie następuje odparowanie wody i kwasu. Kwas i para wodna są w sposób ciągły usuwane z roztworu odpadowego do momentu, gdy temperatura roztworu osiągnie około 110 °C. W tej temperaturze roztwór osiągnął nasycenie i jest gotowy do usunięcia z parownika. PLC (programowalny sterownik logiczny) automatycznie reguluje szybkość zużytego kwasu podawanego do procesu oraz objętość koncentratu chlorku żelaza usuwanego z pętli i przechowywanego w zbiorniku podtrzymującym. [45, Cullivan 1997].

Wymuszone przez rozszerzające się pary w separatorze, pary kwasu i wody są kierowane przez wymiennik zasilający do skraplacza kwasu. Skraplająca się para kwasu łączy się z częścią skraplającej się pary wodnej podczas opadania przez skraplacz kwasu. Na tym etapie kontrolowane jest stężenie kwasu, aby przywrócić odpowiednią jakość procesu trawienia. Pozostała para wodna jest kierowana do skraplacza wody, gdzie jest chłodzona i oczyszczana z resztek pary kwasowej. Żadna para nie opuszcza systemu, ponieważ proces schładza pozostałą parę do kondensatu. Kondensat końcowy może być ponownie wykorzystany, np. jako woda do płukania w procesie trawienia.

Opcjonalna pętla grzewcza dodana do sekcji skraplania kwasu może zapewnić dokładne stężenie kwasu

trawiącego. Ponieważ stężenie odzyskanego kwasu wynosi zazwyczaj od 5 do 15 %, ten dodatkowy koszt nie jest zazwyczaj uzasadniony. Odzyskany kwas jest wystarczająco mocny do trawienia i jest łączony z bardziej skoncentrowaną mieszaniną HCl, gdy dodawany jest świeży kwas uzupełniający. [45, Cullivan 1997].



Rysunek 8.26: Odzysk kwasu przez odparowanie

Proces jest łatwy w obsłudze. Ponieważ ma tylko kilka ruchomych części, a opary kwasu zasadniczo oczyszczają system podczas pracy, czas przestoju na konserwację wymienników ciepła i reaktorów okazał się minimalny. Normalna konserwacja obejmuje wymianę filtrów, obsługę pomp i sprawdzanie pętli kotła i komina chłodniczego w celu zapewnienia optymalnej wydajności. [45, Cullivan 1997].

### Opóźnienie działania kwasów (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HF/HNO<sub>3</sub>)

Zasada procesu retardacji opiera się na adsorpcji wolnego, niezdisocjowanego kwasu na żywicach jonowymiennych w miarę przechodzenia rozpuszczonych metali przez złożę żywicy. Podczas płukania wstecznego wodą, zaadsorbowany kwas jest ponownie uwalniany z powodu różnicy w ciśnieniu osmotycznym. Stopień odzysku wolnych kwasów wynosi około 80-90% dla kwasu solnego i siarkowego. Zaletami procesu jest to, że wymaga on niewielkiej aparatury i miejsca. Zapotrzebowanie na energię w procesie regeneracji ogranicza się do energii elektrycznej. Zużycie energii elektrycznej waha się od około 0,25 kWh/kg do 0,40 kWh/kg żelaza w zależności od przepustowości. Zapotrzebowanie na wodę demineralizowaną wynosi około 1 m<sup>3</sup> /m<sup>3</sup> zregenerowanego roztworu trawiącego. [27, DE, członek TWG, 1999] [90, Fichtner 1994].

Zastosowanie procesu opóźniania jest realne, gdy zużycie kwasu wynosi co najmniej około 40 l/h. Średnia zawartość metali w roztworze trawiącym nie powinna przekraczać 50-60 g/l. Powstały odpad składa się z roztworu soli metalicznej, który w zależności od składu może być wykorzystany. [27, DE, członek TWG, 1999] [90, Fichtner 1994].

### Dializa dyfuzyjna (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HF/HNO<sub>3</sub>)

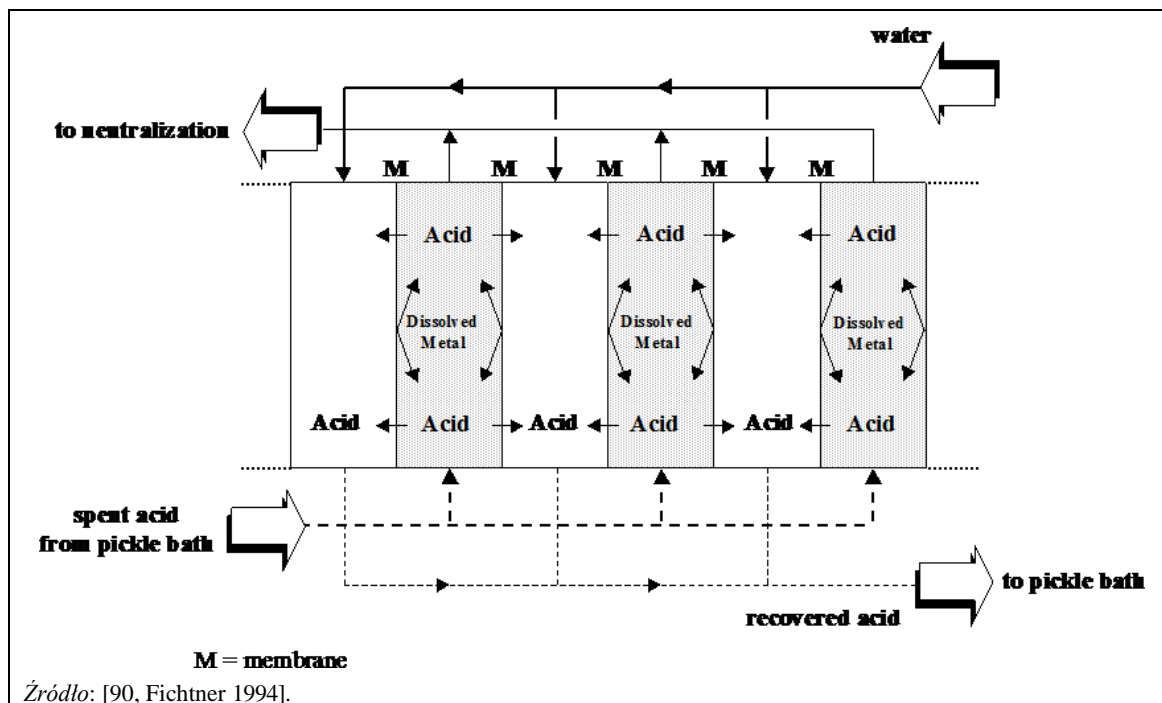
Dializa dyfuzyjna jest procesem separacji membranowej, w którym membrana anionowymienna jest umieszczona pomiędzy strumieniem wody płuczącej (strona wodna) a przepływającym zużytym ługiem ogórkowym zawierającym rozpuszczone metale w roztworze (strona zasilająca). Membrana

anionowymienna wykazuje dodatni ładunek na swojej powierzchni, który przyciąga ujemnie naładowane aniony w roztworze. Dlatego jony chlorkowe (lub siarczanowe / azotanowe / fluorkowe), które są naładowane ujemnie, przepływają ze strony zasilania do strony wody (patrz Rysunek 8.27). Rozpuszczone metale naładowane dodatnio (np.  $Fe^{2+}$ ) obecne w stronie zasilania nie będą w stanie przejść przez dodatnio naładowaną membranę i pozostaną w stronie zasilania. Natomiast jony  $H^+$  pomimo, że są dodatnio naładowane będą przepływać przez membranę razem z jonami chlorkowymi ze względu na ich mniejszy rozmiar i większą mobilność umożliwiającą neutralność elektryczną po stronie wody. [175, Luo et al., 2011].

Membrany są połączone w stos membranowy podobny do prasy filtracyjnej o typowej wydajności specyficznej 0,5-2 l/hm<sup>2</sup>. Woda zdeminalizowana i zużyty kwas są prowadzone w przeciwnym kierunku przez komórki w sposób przemienny. Woda demineralizowana przyjmuje wolny kwas, a powstały dyfuzat jest zawracany do procesu trawienia. Drugi strumień częściowy - dializat - jest najczęściej prowadzony do neutralizacji. W niektórych przypadkach ten strumień częściowy może być również poddany recyklingowi lub retrakcji. [111, Deuschle, 1993].

Od lat proces dializy dyfuzyjnej jest z powodzeniem stosowany do odzysku  $H_2SO_4$ , HCl,  $HNO_3$  i HF. Możliwe jest wyodrębnienie 80-85 % wolnych kwasów ze zużytych roztworów trawiących i poddanie ich recyklingowi w postaci oczyszczonej z około 5 % zanieczyszczeniem metalami. [111, Deuschle, 1993].

Żywotność membrany wynosi zwykle 3-5 lat, ale może być skrócona przez substancje utleniające, takie jak nadtlenek wodoru, kwas chromowy, kwas azotowy o stężeniu powyżej 20%, jak również temperatury powyżej 45°C i substancje organiczne, takie jak tenzyd, oleje, smary, rozpuszczalniki lub środki czyszczące. W większości przypadków, w których substancje organiczne powodują fouling membrany, pomaga wstępna obróbka surowego roztworu za pomocą węgla aktywnego. [111, Deuschle, 1993].



Rysunek 8.27: Zasada dializy dyfuzyjnej

Zaletami procesu jest to, że wymaga niewielkiej ilości aparatury i miejsca oraz ma niskie koszty operacyjne. Zapotrzebowanie na energię w dializie dyfuzyjnej ogranicza się do energii elektrycznej do

zasilania pomp. Zużycie energii elektrycznej na kilogram usuniętego żelaza waha się od 0,1 kWh do 0,23 kWh. Zapotrzebowanie na demineralizowaną wodę do płukania wynosi około 1 m<sup>3</sup> /m<sup>3</sup> zregenerowanego roztworu trawiącego. Dializa dyfuzyjna może być stosowana, gdy zużycie kwasu wynosi co najmniej około 60 l/h. Średnia zawartość metali w roztworze trawiącym nie powinna przekraczać 50-60 g/l. [27, DE, członek TWG, 1999] [90, Fichtner 1994].

**Kolejne zgłoszone zalety procesu:**

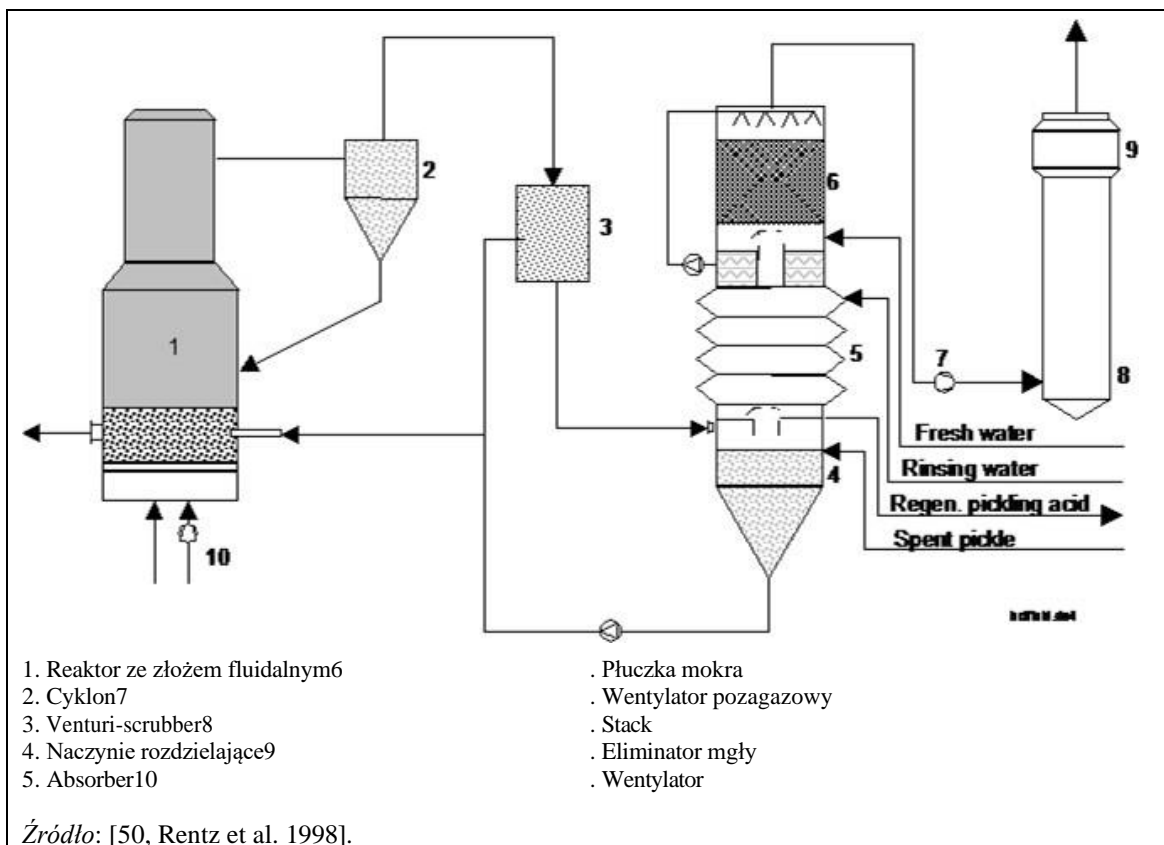
- Małe zapotrzebowanie na energię.
- Znaczna redukcja zapotrzebowania na świeży kwas, kosztów neutralizacji i osadzania.
- Bardzo niskie koszty utrzymania.
- Długa żywotność membrany.
- Krótki czas amortyzacji [111, Deutsche, 1993].

**Pirohydrolyza: Proces ze złożem fluidalnym (HCl)**

Podstawą procesu jest termiczny rozkład zużytego płynu z marynat, który w wysokiej temperaturze w obecności pary wodnej i tlenu przekształca się w kwas solny i tlenek żelaza:



Rysunek 8.28 przedstawia główne podprocesy procesu regeneracji kwasu w złożu fluidalnym. Zużyty płyn piklowy jest pompowany do zbiornika rozdzielającego, a następnie zagęszczany w pętli Venturiego przez gorące gazy z reaktora. Część zagęszczonego syfonu z tej pętli jest stale podawana do złoża fluidalnego reaktora. W złożu fluidalnym, które składa się z granulatu tlenku żelaza, kwas i woda odparowują w temperaturze około 850 °C, a chlorek żelaza przekształca się w tlenek żelaza i gaz chlorowodorowy zgodnie z równaniem (1).





Rysunek 8.28: Proces regeneracji kwasu HCl w złożu fluidalnym

Wzrost i tworzenie się nowych ziaren tlenku żelaza w złożu fluidalnym są kontrolowane tak, aby otrzymać bezpyłowy produkt granulowany o wielkości ziaren 1-2 mm i gęstości nasypowej około  $3,5 \text{ t/m}^3$ . Produkt granulowany jest odprowadzany w sposób ciągły z dna reaktora i transportowany wibracyjną rynną chłodzącą oraz wibracyjnym przenośnikiem spiralnym do zasobnika tlenku.

Gorący gaz odlotowy z reaktora zawiera gaz solny, przegrzaną parę wodną, produkty spalania i niewielkie ilości pyłu z tlenku żelaza, który jest oddzielany od gazu w cyklonie i zawracany do złoża fluidalnego. Gaz odlotowy jest następnie schładzany do temperatury około  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  w skruberze Venturiego. Energia cieplna gorących gazów odlotowych jest wykorzystywana do zagęszczania zużytego płynu trawiącego poprzez odparowanie, zanim zostanie on wprowadzony do reaktora. Bardzo drobne cząstki pyłu w strumieniu gazu są usuwane przez skrubery.

Z płuczki Venturiego schłodzony strumień gazu trafia do absorbera, gdzie chlorowódz jest absorbowany adiabatycznie z cieczą płuczącą z linii trawienia i wodą słodką. Wytworzony w ten sposób kwas chlorowodorowy ma stężenie około 18 wt-%. Jest on zawracany do instalacji wytrawiania lub przechowywany w zbiorniku magazynowym. Po przejściu przez etap skruberyzacji i kolektor mgły, gaz odlotowy jest praktycznie wolny od kwasu solnego i jest uwalniany do atmosfery.

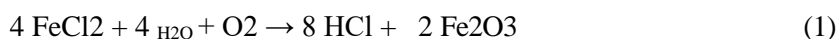
Granulowany produkt tlenku żelaza może być stosowany jako surowiec w różnych gałęziach przemysłu. Najważniejsze możliwości to produkcja materiałów magnetycznych (np. twardych i miękkich ferrytów), proszku żelaznego do produkcji części spiekanych i elektrod spawalniczych oraz jako dodatku do produkcji taśm magnetycznych, materiałów ściernych, płytek, szkła, kosmetyków i pigmentów.

Opisana regeneracja kwasu solnego w złożu fluidalnym może przetwarzać zużyty płyn piklowy o dowolnym stężeniu żelaza. Nawet przy wysokim stężeniu żelaza we wstępnie skoncentrowanej cieczy wytrawiającej, do  $250 \text{ g/l}$ , rury nie blokują się. Ponadto, zużyta ciecz wytrawiająca z dużą zawartością osadu (np. z wytrawiania stali wysokokrzemowej) może być bez problemu wykorzystana dzięki specjalnej konstrukcji urządzeń wtryskowych.

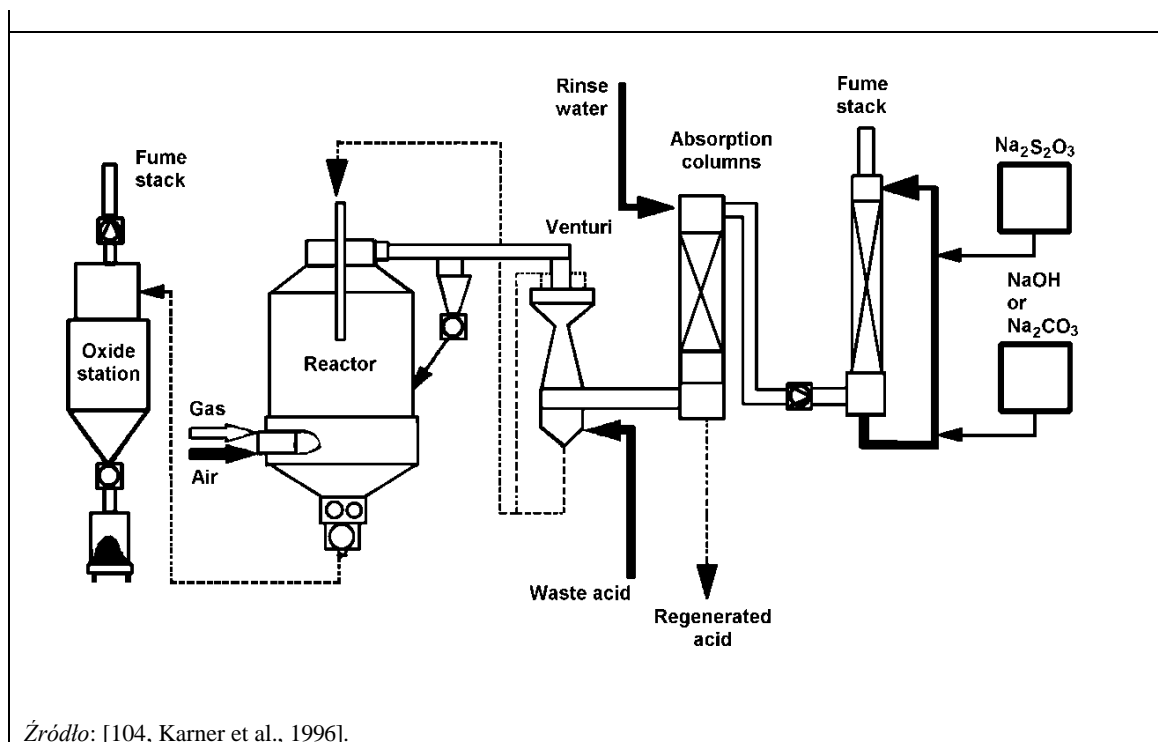
Ponieważ odzyskany kwas jest prawie wolny od  $\text{Fe}^{++}$ , wydajność odzysku jest znacznie wyższa niż 99 %, w przeciwieństwie do innych procesów regeneracji, gdzie można oczekiwać do  $10 \text{ g/l Fe}^{++}$  [114, Rituper, 1995].

### **Pirohydrolyza: prażenie natryskowe (HCl, HF/HNO<sub>3</sub>)**

Regeneracja roztworów trawiących kwasu solnego może być przeprowadzona z wykorzystaniem procesu prażenia natryskowego. Przykład przedstawiono na rysunku 8.29. Pirohydrolytyczny rozdział chlorku żelaza i wody odbywa się w temperaturze ok.  $450 \text{ }^\circ\text{C}$  (temperatura reakcji ArcelorMittal Ghent:  $600 \text{ }^\circ\text{C}$ ) w reaktorze prażenia natryskowego. Zużyty kwas jest podawany do rekuperatora venturi, gdzie gorące gazy pochodzące z reaktora są chłodzone, a kwas jest wstępnie koncentrowany. Koncentrat jest następnie rozpylany do bezpośrednio wypalanego reaktora od góry. Gorące gazy spalinowe powodują, że drobne kropelki odparowują w trakcie opadania. Chlorek żelaza jest rozdzielany na gaz solny i tlenek żelaza za pomocą pary wodnej i tlenu w powietrzu zgodnie z następującą reakcją:



Tak powstały tlenek żelaza zbiera się na dnie reaktora i jest pneumatycznie transportowany do pojemnika na tlenek. Ciężar spiętrzonego proszku wynosi około  $0,3\text{-}0,4 \text{ t/m}^3$ . ( $0,48\text{-}0,6 \text{ t/m}^3$  ArcelorMittal Ghent). Tlenek ten jest cennym surowcem do produkcji materiałów magnetycznych, tj. twardych i miękkich ferrytów. Wytworzony tlenek żelaza może być wykorzystywany do różnych celów w zależności od jego jakości.



Źródło: [104, Karner et al., 1996].

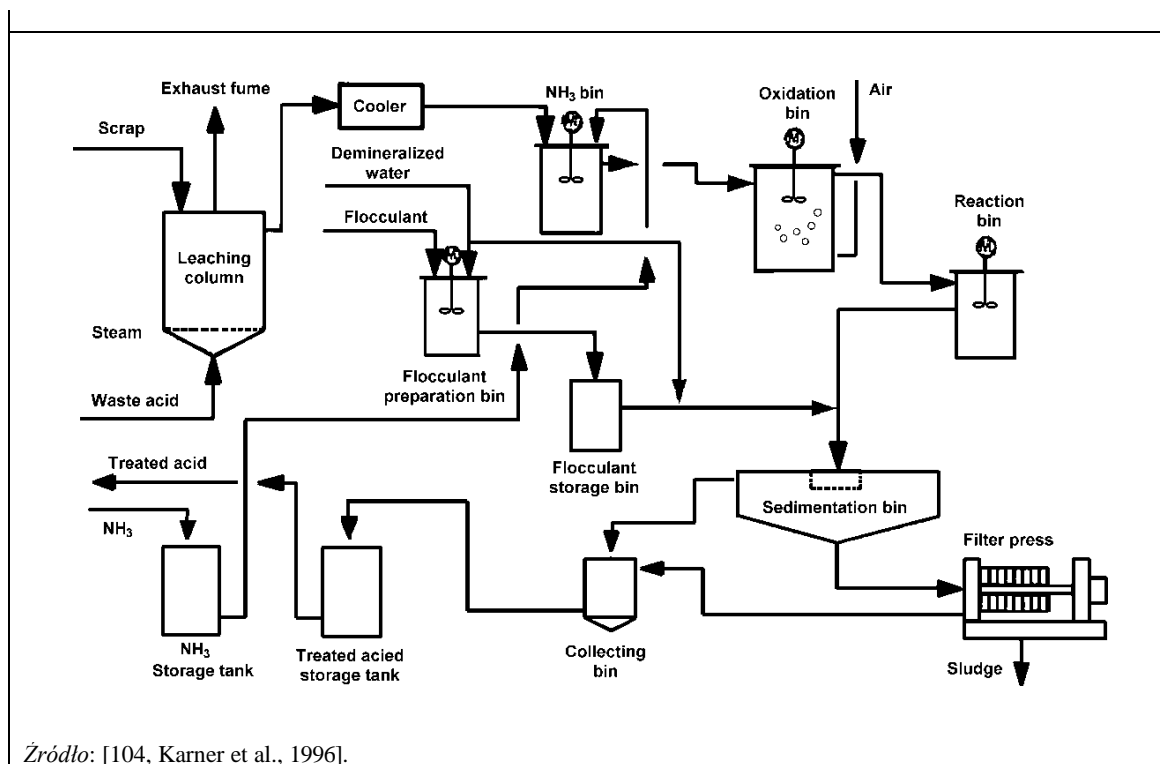
Rysunek 8.29: Proces regeneracji kwasu HCl metodą prażenia rozpyłowego

Gaz chlorowodorowy, para i gazy spalinowe są kierowane przez parownik wstępny do absorbera. Powstałe gazy odlotowe są następnie oczyszczane przez mycie alkaliczne i uwalniane przez komin do atmosfery.

Gazy zawierające HCl są absorbowane w kolumnie adiabatycznej, gdzie jako wodę absorpcyjną można wykorzystać wodę płuczącą z linii trawienia. Powstały kwas solny (ok. 18 %) może być zwracany do procesu trawienia. Gaz odlotowy z jednostki absorpcyjnej jest następnie oczyszczany w płuczce kaustycznej z dodatkiem tiosiarczanu sodu, co powoduje, że stężenie zanieczyszczeń HCl i wolnego  $\text{Cl}_2$  wynosi poniżej  $2 \text{ mg/m}^3$ .

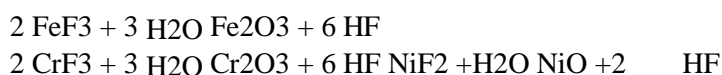
Ze względu na zastosowanie produktu ubocznego tlenku żelaza w przemyśle ferrytowym, wyższa jakość. W ostatnich latach pojawiły się wymagania dotyczące tlenku. Oprócz parametrów fizycznych, takich jak powierzchnia właściwa, wielkość cząstek pierwotnych i gęstość stożkowa, które są ważne dla reakcji tlenku żelaza w stanie stałym z manganem, nikiem i tlenkiem cynku, krytyczny jest poziom zanieczyszczeń tlenku. W związku z tym opracowano proces wstępnego przetwarzania w celu wytworzenia **ultraczystego tlenku żelaza** o szczególnie niskiej zawartości krzemu, fosforu i metali ciężkich takich jak chrom, nikiel czy miedź. Schemat przepływu procesu pokazano na Rysunku 8.30, przedstawiając następujące etapy procesu:

- Redukcja wolnego kwasu i cementacja metali ciężkich przez złom.
- Wzrost pH przez dodatek amoniaku.
- Częściowe utlenianie  $\text{Fe}^{2+}$  do  $\text{Fe}^{3+}$  prowadzące do specyficznej adsorpcji Si i P na wodorotlenku żelazowym i glinowym.
- Filtracja w celu usunięcia osadu wodorotlenkowego.



Rysunek 8.30: Schemat przepływu procesu produkcji tlenków o wysokiej czystości

Proces prażenia natryskowego do regeneracji **mieszanych kwasów** z wytrawiania stali nierdzewnej jest dość podobny do procesu dla kwasu solnego, ale zawiera również izotermiczny etap absorpcji i system oczyszczania gazów odlotowych z wykorzystaniem katalizatora dla NO<sub>x</sub>. Zużyty płyn wytrawiający, zawierający kompleksy fluorkowe żelaza, chromu, niklu i drobnych metali, jak również wolny kwas fluorowodorowy i azotowy, jest najpierw prowadzony do parownika wstępnego, gdzie ulega częściowemu odparowaniu w wyniku kontaktu z gorącymi gazami z reaktora. Wstępnie skoncentrowany płyn piklowy jest podawany do reaktora przez dysze. Wewnątrz reaktora zachodzą następujące reakcje rozkładu:



Ponadto kwas azotowy jest częściowo rozkładany na tlenki azotu:

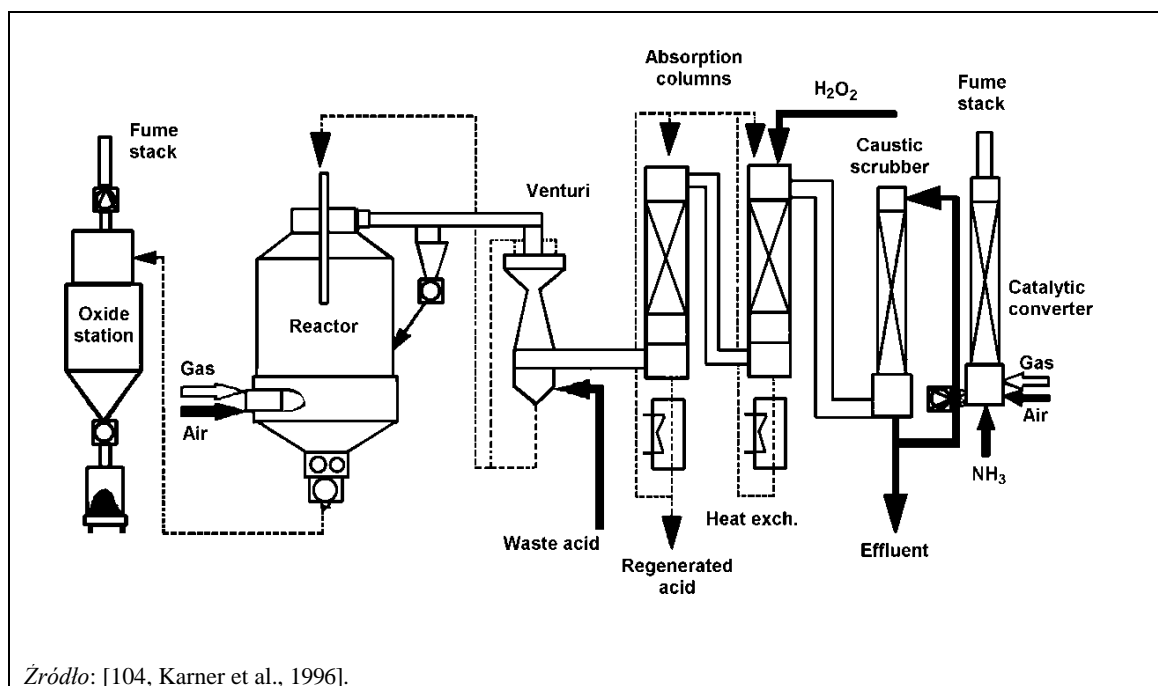


Reaktor jest bezpośrednio ogrzewany za pomocą palników z wykorzystaniem gazów naturalnych lub innych. Mieszany tlenek metalu jest zbierany na dnie reaktora. Tlenek jest utrzymywany w temperaturze 500 °C do 600 °C na płaskim dnie reaktora w celu zmniejszenia zawartości fluorków poniżej 1,5 %. Tlenek ten jest zwykle granulowany i może być ponownie wykorzystany w EAF. [104, Karner et al., 1996] [39, Karner 1999].

Gazy wylotowe z reaktora, które zawierają parę wodną, gazy spalinowe, HF, HNO<sub>3</sub> i NO<sub>x</sub> są kierowane do dwustopniowej jednostki absorpcyjnej, gdzie schłodzony kwas recykulowany jest używany do absorpcji. Nadtlenek wodoru jest dodawany do drugiej kolumny w celu utlenienia NO do NO<sub>2</sub>, który może być łatwiej absorbowany. W przeciwieństwie do regeneracji kwasu solnego, absorpcja jest przeprowadzana izotermicznie, tj. ciecz w dwóch kolumnach jest recykulowana i chłodzona w zewnętrznych wymiennikach ciepła. W kolumnach powstaje zregenerowany kwas, który zawiera wolny i związany kwas fluorowodorowy oraz do 85% kwasu azotowego. Zregenerowany kwas jest ponownie wykorzystywany w procesie trawienia. [104, Karner i in., 1996] [39, Karner 1999].

Gazy odlotowe z kolumn absorpcyjnych są najpierw oczyszczone w płuczce mokrej (alkalicznej) w celu usunięcia śladów HF, a gazy odlotowe, które nadal zawierają NOx z kwasu azotowego, są oczyszczone w drodze selektywnej redukcji katalitycznej przy użyciu NH<sub>3</sub> lub mocznika albo związków amonowych jako czynnika redukującego.

NOx jest w ten sposób przekształcany w nieszkodliwy azot i wodę. Rysunek 8.31 przedstawia schemat przepływów takiego procesu prażenia rozpyłowego kwasów mieszanych (proces Pyromars). [104, Karner et al., 1996] [39, Karner 1999].



Rysunek 8.31: Proces regeneracji kwasów mieszanych metodą prażenia natryskowego.

### Regeneracja elektrolityczna (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

Elektrolityczna regeneracja kwasu polega na wytrącaniu żelaza na katodzie ogniwa elektrolitycznego oraz rozszczepianiu wody i reformacji kwasu na anodzie.

W przypadku HCl możliwy jest odzysk wolnego i związanego z żelazem kwasu, ale jednocześnie z rozszczepieniem wody na anodzie powstaje gaz chlorkowy. Wymaga to urządzenia do odsysania i oczyszczania gazów odlotowych.

W regeneracji H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> używany jest dodatkowy elektrolit (siarczan amoniaku), a katoda i anoda są oddzielone membraną jonowymienną. Żelazo jest wytrącane na katodowych płytach ze stali nierdzewnej, podczas gdy jony siarczanowe w części anodowej reformują H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, który może być ponownie wykorzystany do operacji trawienia.

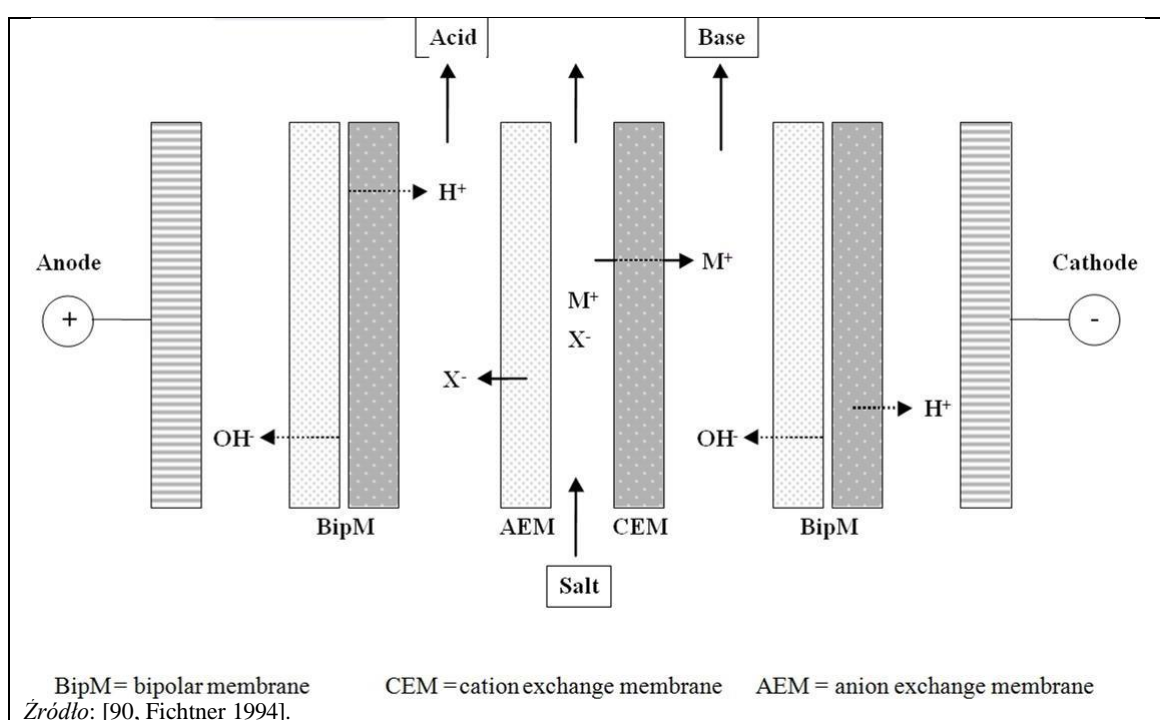
### Membrana bipolarna (HF/HNO<sub>3</sub>)

Regeneracja kwasu przy użyciu membran bipolarnych obejmuje kombinację etapów przetwarzania. Po pierwsze, wolny kwas jest odzyskiwany, np. poprzez dyfuzję. Następnie pozostały roztwór kwasu jest neutralizowany wodorotlenkiem potasu (KOH), co powoduje powstanie wodorotlenków metali i soli takich jak chlorek potasu (KCl) lub - w przypadku kwasów mieszanych - fluorek potasu (KF). Wodorotlenki metali są wytrącane w postaci osadu i dalej przetwarzane, np. odwadniane. Dzięki dokładnemu przemyciu szlamu wodorotlenków metali, praktycznie cały chlor i fluorki przechodzą do roztworu. Roztwór soli zawierający KCl/KF jest następnie dalej zagęszczany przez elektrodializę.

Powstała woda może być wykorzystana do mycia szlamu wodorotlenku metalu. [90, Fichtner 1994].

Proces membranowy bipolarny jest elektrycznie napędzanym procesem membranowym podobnym do elektrodializy w tym sensie, że wykorzystuje membrany jonowymiennne do selektywnego rozdzielania naładowanych jonów w roztworze, ale wyróżnia się charakterystyką rozszczepiania wody przez membranę bipolarną. [55, Haskoning 1993].

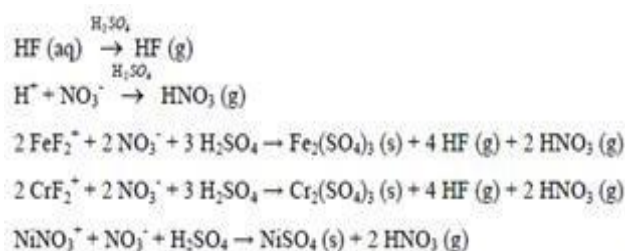
Membrany składają się z dwóch oddzielnych warstw przeciwnie naładowanych materiałów jonowymiennych. Pod wpływem prądu elektrycznego, kationy w roztworze soli (potas) przechodzą przez membranę wymiany kationów do równoległego strumienia wody (patrz Rysunek 8.32); aniony (chlorki, fluorki) przechodzą przez membranę wymiany anionów do innego równoległego strumienia wody. Dzięki bipolarnej membranie, woda jest w sposób ciągły dysocjowana (dzielona) na  $H^+$  i  $OH^-$ . Z anionami i kationami roztworu soli powstają kwas i zasada, w tym przypadku KOH. Kwas jest zawracany do procesu trawienia; KOH jest zawracany do etapu neutralizacji. [90, Fichtner 1994].



Rysunek 8.32: Zasada rozdzielania soli przez membrany bipolarne

### Proces odparowania (HF/HNO<sub>3</sub>)

Zużyty kwas trawiący jest podawany do wyparki próżniowej wraz z krążącym kwasem siarkowym. W wyparce próżniowej zmieszany kwas jest podgrzewany w temperaturze około 90 °C. Uzupełniający kwas siarkowy jest dodawany w takim stopniu, aby osiągnąć stężenie co najmniej 60 %. Takie stężenie zapewnia wysoką wydajność odzyskanych kwasów trawiących. Podczas uwalniania kwasu fluorki i azotany metali tworzą siarczany metali. Te produkty reakcji powstają według następujących reakcji:



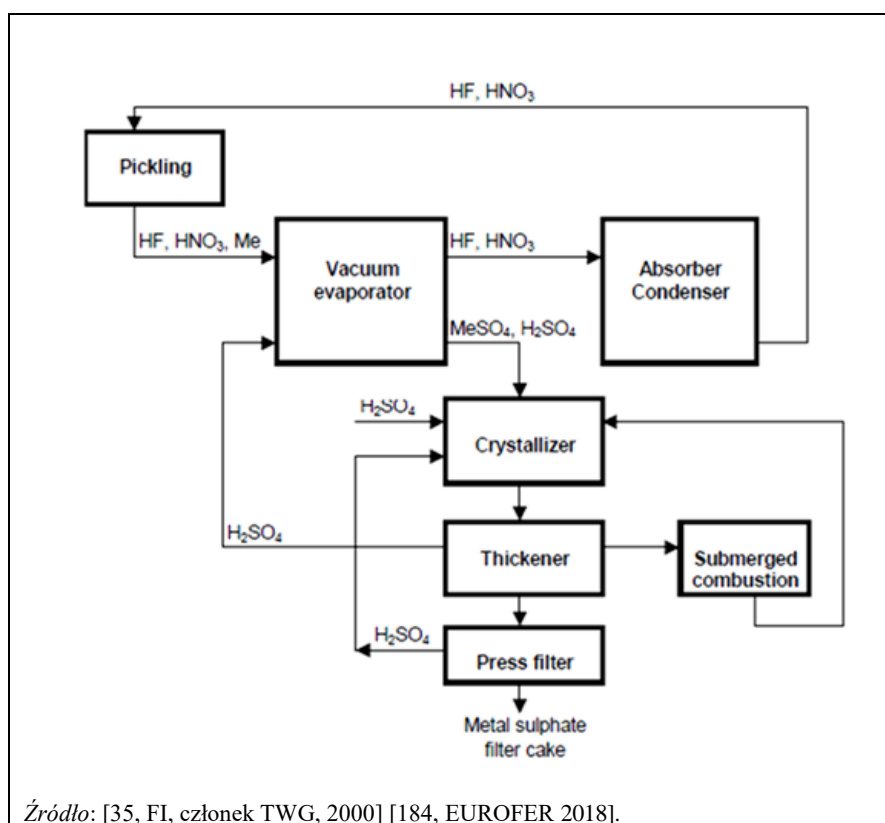
W procesie odparowania zachodzą następujące etapy. Najpierw gazy spalinowe powstające w wyparce próżniowej są odprowadzane przez rurę zanurzeniową poniżej powierzchni cieczy kwasowej. W tym momencie w temperaturze 150 °C osiągane jest stężenie kwasu siarkowego wynoszące 80 %. Spodnia część zanurzonego parownika spalinowego jest kierowana do zbiornika krystalizatora. Gazy spalinowe są myte w dwóch etapach w celu odzyskania z nich kwasów HF i HNO<sub>3</sub>. Najpierw gaz jest myty za pomocą płuczki Venturiego. Dodatkowo do procesu regeneracji włączona jest płuczka gazu ogólnego. Gazy z płuczki Venturiego, z krystalizacji i z innych etapów procesu są oczyszczane razem. Wypłukany z gazów roztwór kwasu jest łączony z kwasem produktowym z części odparowania i skraplania procesu. [184, EUROFER 2018].

Odpowiednio długi czas przebywania w obiegu odparowania-krystalizacji poprawia właściwości filtracyjne powstałej soli siarczanowej. Zawiesina siarczanowa ze zbiornika krystalizatora jest pompowana do zagęszczacza stożkowego. Podlew zagęszczacza jest prowadzony do filtra prasowego w celu oddzielenia siarczanów metali od cieczy kwaśnej. Przesącz jest zawracany do krystalizatora. Placek siarczanów metali z filtra prasowego jest neutralizowany w oddzielnym procesie w celu utworzenia wodorotlenków metali. [184, EUROFER 2018].

W procesie odparowania jako materiały konstrukcyjne urządzeń procesowych szeroko stosowane są wysokiej jakości materiały, w tym specjalne stale odporne na korozję i polimery fluorowęglowe. [184, EUROFER 2018].

Proces odparowania ma również zastosowanie do trawienia trzema kwasami (HF, HNO<sub>3</sub> i H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) - (Patrz punkt 3.4.1.13). [184, EUROFER 2018].

Schemat przepływu procesu odparowania dla odzysku kwasów mieszanych przedstawiono na Rysunku 8.34.



Rysunek 8.33: Proces odparowania przy regeneracji kwasów mieszanych

**Korzyści dla środowiska**

- Zwiększona wydajność materiałowa.
- Zmniejszenie ilości kwasu trawiącego przekazywanego do utylizacji.

**Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

W tabeli 8.7 przedstawiono przegląd dostępnych technik regeneracji i rekultywacji kwasów.

Tabela 8.7: Przegląd procesów regeneracji i rekultywacji

Procesy odzysku i regeneracji zużytych kwasów z instalacji do wytrawiania HCl							
	Pirohydroлиза	Retardacja	Dializa	Utlenianie elektrolityczne	Elektrolityczne wytrawianie Fe	Utlenianie chemiczne	Wymiana jonowa
1. Zasada działania procesu.	Regeneracja	Odzyskanie wolnego HCl	Odzyskanie wolnego HCl	Transformacja FeCl <sub>2</sub> do FeCl <sub>3</sub>	Regeneracja HCl Elektroliza	Przemiana FeCl <sub>2</sub> w FeCl <sub>3</sub>	Odzysk wolnego kwasu HCl
2. Pozostałe produkty	Tlenki żelaza	-	-	FeCl <sub>3</sub>	Strzały żelazne	FeCl <sub>3</sub>	FeCl <sub>3</sub>
2.1 Odpady do usunięcia	-	Kwaśny roztwór FeCl <sub>2</sub>	Kwaśny roztwór FeCl <sub>2</sub>	-	-	-	-
3. Wskaźnik regeneracji kwasu ogółem	> 99 %	Do neutralizacji	Do neutralizacji	> 95 %	> 95 %	> 95 %	
3.1 wolny kwas		75 - 90 %	75 - 90 %				50 - 70 %
4. Wejście do regeneracji	- Energia elektryczna - Gaz ziemny - Woda świeża i ścieki	- Energia elektryczna - VE-woda	- Energia elektryczna - VE-woda	- Energia elektryczna - kwas szemrany	- Energia elektryczna	- Energia elektryczna - HCl + powietrze lub Cl <sub>2</sub> lub HCl + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	- Energia elektryczna - VE-woda - Środki utleniające jak dla utleniania chemicznego
5. Zakres stosowania l/h	> 300	> 40	> 60	> 20	> 20	> 20	> 40
6. Złożoność instalacji	High	Niski	Medium	Niski	Medium	Medium	High
7. Wymagane miejsce	Big	Mała	Medium	Mała	Mała	Medium	Medium
8. Stosunek korzyści do kosztów	High	Medium	Medium	Medium	Medium	Niski	Niski
9. # zakłady <sup>1</sup>	ok. 250	ok. 15	ok. 5	2	???	???	1
Procesy odzysku i regeneracji zużytych kwasów z instalacji do wytrawiania H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>							
	Krystalizacja (pośrednia chłodzenie cyklonowe lub próżniowe)	Retardacja	Dializa	Utlenianie elektrolityczne	Proces z użyciem HCl i pirolizy	Krystalizacja i prażenie	Wytrącanie za pomocą rozpuszczalników
1. Zasada procesu	Odzysk wolnego H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Odzysk wolnego H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Odzysk wolnego H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Regeneracja	Regeneracja	Regeneracja	Odzysk wolnego H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
2. Pozostałe produkty	FeSO <sub>4</sub> ; 7H <sub>2</sub> O	-	-	Strzały żelazne	Tlenek żelaza	Tlenek żelaza	Tlenek żelaza
2.1 Odpady do usunięcia	(Jeśli obecne są Cr, Ni, Zn)	Kwasowy FeSO <sub>4</sub> do neutralizacji	Kwasowy FeSO <sub>4</sub> do neutralizacji	-	-	-	(Jeśli obecne są Cr, Ni, Zn)
3. Stopień regeneracji kwas całkowity				> 99 %	> 95 %	> 95 %	
3.1 wolny kwas	> 99 %	80 - 90 %	75 - 85 %				> 99 %
4. Wejście do regeneracji	- Energia elektryczna - Para - Woda chłodząca	- Energia elektryczna - VE-woda	- Energia elektryczna - VE-woda	- Energia elektryczna - Dodatkowy elektrolit w pętli	- Energia elektryczna - Gaz ziemny - Woda chłodząca - HCl w pętli przez wodę świeżą i płukaną	- Energia elektryczna - Para - Gaz ziemny - Woda chłodząca - Woda świeża i ścieki	- Energia elektryczna - Para - Woda chłodząca - Rozpuszczalnik w pętlach
5. Zakres stosowania l/h	> 200	> 40	> 60	> 20	> 500	> 500	> 200
6. Złożoność instalacji	Średnie/ wysokie	Niski	Medium	Medium	High	High	High
7. Wymagane miejsce	Średnie/duże	Mała	Medium	Medium	Big	Big	Medium
8. Stosunek korzyści do kosztów	Medium	Medium	Medium	Medium	Niski	Niski	Niski
9. # zakłady <sup>1</sup>	ok. 80	ok. 30	ok. 5	2	1	1	b.d.



---

Procesy odzysku i regeneracji zużytych kwasów z instalacji do trawienia HNO <sub>3</sub> / HF								
	Ekstrakcja rozpuszczalników	Retardacja	Dializa	Krystalizacja	Pirohydrolyza	Membrany bipolarne	Proces Outokumpu <sup>2</sup>	Proces Kawaski
1. Zasada procesu	Całkowita regeneracja	Regeneracja wolnego kwasu	Regeneracja wolnego kwasu	Regeneracja wolnego kwasu	Razem regeneracja	Razem regeneracja	Całkowita regeneracja	Całkowita regeneracja
2. Regeneracja / reg. kwas	Ogółem HNO <sub>3</sub> i HF	Wolne HNO <sub>3</sub> i HF	Wolne HNO <sub>3</sub> i HF	Wolne HNO <sub>3</sub> i HF	Ogółem HNO <sub>3</sub> i HF	Ogółem HNO <sub>3</sub> i HF	Ogółem HNO <sub>3</sub> i HF	Razem HNO <sub>3</sub> i HF
3. Inne produkty	-			Fluorki metali	Tlenek metalu	Wodorotlenki metali	Ni(OH) <sub>2</sub>	Tlenek żelaza
3.1 Odpady do usunięcia	Sól metaliczna rozwiązanie	Roztwór soli metalicznej	Roztwór soli metalicznej				Wodorotlenki metali	Sól metaliczna rozwiązanie
4. Stopień regeneracji kwasu ogółem	HNO <sub>3</sub> 80 - 95 %. HF50 - 65 %.				HNO <sub>3</sub> 80-90 % HF90 - 99 %.	HNO <sub>3</sub> 90 - 95 %. HF90 - 97 %.	HNO <sub>3</sub> > 97 % HF99 %	HNO <sub>3</sub> 75-90 % HF85 - 95 %.
4.1 wolne kwasy		HNO <sub>3</sub> 80 - 95 %. HF80 - 90 %.	HNO <sub>3</sub> 85 - 95 %. HF80 - 90 %.	HNO <sub>3</sub> 80 - 95 %. HF50 - 55 %.				
5. Wejście do regeneracji	- Energia elektryczna - H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - Woda chłodząca - TBP w pętli - Węgiel aktywny	- Energia elektryczna - VE-woda	- Energia elektryczna - VE-woda	- Energia elektryczna - Woda chłodząca	- Energia elektryczna a - Gaz ziemny - Woda chłodząca - Woda świeża i ścieki - H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> lub podobny	- Energia elektryczna a - Żrący roztwór potażu w pętli - Ziemia krzemkowa	- Energia elektryczna - H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> w pętli- - Propan - wapień - Para - Woda chłodząca	- Energia elektryczna - Czynniki ekstrakcyjne TBP i D2EHPA w pętli - NH <sub>4</sub> HF <sub>2</sub> w pętli - Gaz ziemny, - Słodka woda
6. Zakres stosowania l/h	>300	>40	>60	>300	>500	>100	4500	>1000
7. Złożoność instalacji	Medium	Niski	Medium	Medium	High	High	Medium	Bardzo wysoka
8. Wymagane miejsce	Medium	Mała	Medium	Medium	Duża	Medium	Medium	Bardzo duży
9. Stosunek korzyści do kosztów	Medium	Medium	Medium	Niski	Medium	Medium	Medium	Medium
10. # zakłady <sup>1</sup>	2	ok. 30	ok. 5	1	2	2	2	1

Źródło danych w tabeli: [50, Rentz et al. 1998].

<sup>1</sup> Na całym świecie, według stanu na rok 1990, zakłady produkcyjne i pilotażowe

<sup>2</sup> Źródło danych [35, FI, członek TWG, 2000].

---

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

W przypadku cynkowania okresowego, gdy wykorzystanie zużytego kwasu wytrawiającego jako surowca wtórnego jest ograniczone ze względu na niedostępność na rynku, wyjątkowo można przeprowadzić neutralizację zużytego kwasu wytrawiającego.

Procesy fluidalne i prażenia natryskowego do odzysku HCl są przydatne tylko w przypadku cieczy, które zawierają żelazo, ale nie zawierają cynku. W przypadku dostania się cynku do materiału wsadowego istnieje duże prawdopodobieństwo zakłócenia procesu.

### **Cel wdrożenia**

Obniżenie kosztów dzięki zwiększonej wydajności materiałowej.

### **Bibliografia**

[90, Fichtner 1994] [104, Karner i in., 1996] [55, Haskoning 1993] [39, Karner 1999] [114, Rituper, 1995] [50, Rentz et al. 1998] [111, Deutschle, 1993] [184, EUROFER 2018][45, Cullivan 1997] [191, IT 18-4-17, 2017] [BG Q 198] [175, Luo et al., 2011].

### **Więcej informacji na temat technik**

Więcej informacji na temat przedstawionych powyżej technik, a mianowicie na temat efektywności środowiskowej i danych operacyjnych, efektów krzyżowania się mediów, ekonomii i przykładowych zakładów, jest dostępnych w sektorowych sekcjach 3.4.1.3, 3.4.1.4, 3.4.1.6 do 3.4.1.10 oraz 6.4.2.2.

## **8.7 Zużycie wody i wytwarzanie ścieków**

### **8.7.1 Plan gospodarowania wodą i audyty**

#### **Opis**

Plan zarządzania wodą i audyty wodne są częścią systemu zarządzania środowiskowego (EMS) i obejmują:

- diagramy przepływu i bilans masy wody w zakładzie;
- ustanowienie celów w zakresie oszczędnego gospodarowania wodą;
- wdrożenie technik optymalizacji zużycia wody (np. kontrola zużycia wody, recykling, wykrywanie i naprawa wycieków).

Kontrole wodne przeprowadza się co najmniej raz w roku, aby zapewnić, że cele planu gospodarowania wodą są realizowane. Plan gospodarki wodnej i audyty wodne mogą być zintegrowane w ogólnym planie gospodarki wodnej większej instalacji (np. do produkcji żelaza i stali).

#### **Opis techniczny**

Niektóre techniki optymalizacji wody do rozważenia są następujące:

##### **a) Kontrola zużycia wody**

Warunkiem wstępnym każdego programu zapobiegania zbędnemu zużyciu wody jest najpierw zebranie informacji na temat instalacji i objętości zużywanych w różnych procesach, w ramach zbierania informacji o rodzajach, ilości, składzie i źródłach wszystkich strumieni odpadów.

Podobnie jak w przypadku zużycia wody, dane na poziomie zakładu są już dobrym punktem odniesienia w określaniu, czy zużycie wody jest nadmierne i stanowią dobrą bazę, w stosunku do której można mierzyć usprawnienia. Aby umożliwić analizę specyficzną dla danego procesu, zużycie wody jest monitorowane i rejestrowane na poziomie maszyny/procesu, a wodomierze są regularnie konserwowane i kalibrowane.

##### **b) Zmniejszenie zużycia wody**

##### Poprzez poprawę praktyk roboczych

Ustanowiono procedury produkcyjne i przeszkolono personel, aby uniknąć niewłaściwych praktyk

roboczych i braku automatycznych systemów kontroli, które mogą prowadzić do znacznego marnotrawstwa wody, np. z powodu przepełnienia, które może wystąpić podczas napełniania i płukania.

#### Poprzez modyfikacje techniczne

- W celu zmniejszenia zużycia wody i zapobiegania wyciekom płynów zamiast pomp mechanicznych stosuje się pompy z napędem magnetycznym (patrz punkt 3.4.1.11).
- Instalacja odwrotnych systemów płukania kaskadowego (patrz punkt 8.7.5).

#### Poprzez optymalizację systemu zaopatrzenia w wodę i uzdatniania

Półzamknięte i zamknięte obiegi wody są instalowane w celu ponownego wykorzystania wody procesowej i chłodzącej po uzdatnieniu oraz zminimalizowania zużycia wody (patrz punkty 2.2.17 i 2.4.11.1).

#### Poprzez poprawę uzdatniania wody przed jej ponownym wykorzystaniem

Ścieki zawierające kamień i substancje ropopochodne są oczyszczane oddzielnie z zastosowaniem sekwencji etapów oczyszczania (np. doły zgorzelinowe, osadniki, cyklony, filtracja) w celu oddzielenia oleju i kamienia przed ponownym użyciem (np. Patrz punkt 2.4.11.2).

#### Poprzez ponowne wykorzystanie i/lub recykling wody

- Strumienie wody (np. woda procesowa, ścieki z mokrego oczyszczania lub kąpieli hartowniczych) są ponownie wykorzystywane i/lub poddawane recyklingowi w obiegach zamkniętych lub półzamkniętych (patrz sekcja 2.2.17 i 2.4.11.1), w razie potrzeby po oczyszczeniu (patrz sekcja 8.9).
- Woda z płukania po wytrawianiu lub odfuszczeniu jest zwracana do poprzedzających kąpieli procesowych jako woda uzupełniająca (patrz punkt 8.7.6).

#### Poprzez eksploatację systemów chłodzenia wodą w zamkniętych pętlach

Woda chłodząca jest ponownie schładzana w kominach chłodniczych, wymiennikach ciepła lub hybrydowych kominach chłodniczych (patrz część 8.7.7).

#### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszenie ilości zużywanej wody i odprowadzanych ścieków.

#### **Informacje dotyczące efektywności środowiskowej i danych operacyjnych**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Poziom szczegółowości planu gospodarki wodnej i audytów wodnych będzie generalnie związany z charakterem, skalą i złożonością zakładu.

#### **Aspekty ekonomiczne**

- Czas pracy personelu.
- Koszt wszelkich wymaganych dodatkowych pomiarów.

#### **Cel wdrożenia**

Redukcja kosztów w zależności od ceny wody i jej dostępności.

#### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

#### **Bibliografia**

Brak podanej literatury źródłowej.

## 8.7.2 Rozdział strumienia wody

### Opis

Każdy strumień wody (np. spływ powierzchniowy, woda technologiczna, ścieki alkaliczne lub kwaśne, zużyty roztwór odłuszczejący) jest zbierany oddzielnie, w zależności od zawartości substancji szkodliwych i wymaganych technik oczyszczania. Strumienie ścieków, które można poddać recyklingowi bez oczyszczania, są oddzielane od strumieni ścieków wymagających oczyszczania.

### Opis techniczny

Szczegółowy opis techniczny systemu odbioru i segregacji ścieków znajduje się w CWW BREF [239, Brinkmann et al. 2016].

### Korzyści dla środowiska

Zmniejszenie ilości zużywanej wody i odprowadzanych ścieków.

### Informacje dotyczące efektywności środowiskowej i danych operacyjnych

Aby uniknąć efektu rozcieńczenia oczyszczonych ścieków, zaleca się oddzielne odprowadzanie. Im bardziej skoncentrowane są ścieki powstałe w wyniku rozdzielania, tym bardziej efektywne jest ich dalsze oczyszczanie.

### Efekty krzyżowe

Brak.

### Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania

Możliwość zastosowania do istniejących zakładów może być ograniczona przez układ systemu zbierania wody.

### Aspekty ekonomiczne

Koszty modernizacji związane z separacją/segregacją ścieków mogą być znaczne w istniejących zakładach. Systemy separacji/segregacji ścieków mogą być efektywnie instalowane w nowych zakładach. Oszczędności mogą wynikać ze zmniejszenia pojemności wodnej potrzebnej na terenie zakładu.

### Cel wdrożenia

Redukcja kosztów w zależności od ceny wody i jej dostępności.

### Przykładowe zakłady

Szeroko stosowany.

### Bibliografia

[239, Brinkmann et al. 2016].

## 8.7.3 Minimalizacja zanieczyszczenia węglowodorami wody procesowej

### Opis

Zanieczyszczenie wody technologicznej stratami oleju i smaru jest minimalizowane poprzez zastosowanie takich technik jak:

- olejoszczelne łożyska i uszczelnienia łożysk rolek roboczych;
- wskaźniki wycieku;
- regularne kontrole i konserwacja zapobiegawcza uszczelnień pomp, rurociągów i rolek roboczych.

### Opis techniczny

Ograniczenie strat oleju i smaru jest środkiem zapobiegawczym przed zanieczyszczeniem wód

procesowych i zawartym w nich kamieniem. Zastosowanie łożysk i uszczelnień łożysk wałków roboczych i zapasowych o nowoczesnej konstrukcji oraz zainstalowanie wskaźników przecieków w przewodach smarowych (urządzenia monitorujące ciśnienie, np. przy łożyskach hydrostatycznych) może zmniejszyć zawartość węglowodorów (oleju) w zgorzelinie i ściekach oraz obniżyć zużycie oleju o 50-70 %. [87, EUROFER 1998]. Ponadto prewencyjne okresowe kontrole i konserwacja uszczelnień, uszczelnień, pomp i rurociągów zmniejszają prawdopodobieństwo wystąpienia awarii urządzeń i wycieków oleju.

Zanieczyszczona woda drenażowa przy poszczególnych odbiornikach (agregatach hydraulicznych) jest zbierana i pompowana do pośrednich zbiorników magazynowych. Olej odpadowy, po oddzieleniu od wody, może być wykorzystany jako środek redukcyjny w wielkim piecu lub może być poddany recyklingowi poza zakładem. Oddzielona woda może być dalej przetwarzana albo w stacji uzdatniania wody, albo w zakładach opatrunkowych za pomocą ultrafiltracji lub wyparki próżniowej. [37, Hot Rolling Shadow Group 2000].

Całkowite zapobieżenie zanieczyszczeniu wody i kamienia przez węglowodory (oleje i smary) jest, nawet przy zastosowaniu środków ostrożności, prawie niemożliwe.

#### **Korzyści dla środowiska**

- Zapobieganie zanieczyszczeniu wody olejami (węglowodorami) i kamieniami.
- Zmniejszona ilość tłustego kamienia.
- Zmniejszenie zużycia wody.
- Zmniejszenie ilości wytwarzanych ścieków.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Optymalizacja zużycia wody.

#### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

#### **Bibliografia**

[87, EUROFER 1998][37, Hot Rolling Shadow Group 2000].

### **8.7.4 Ponowne wykorzystanie i/lub recykling wody**

#### **Opis**

Strumienie wody (np. woda procesowa, ścieki z mokrego oczyszczania lub kąpieli hartowniczych) są ponownie wykorzystywane i/lub poddawane recyklingowi w obiegach zamkniętych lub półzamkniętych, w razie potrzeby po uzdatnieniu (patrz punkt 8.9).

#### **Opis techniczny**

W celu zmniejszenia kosztów, zakłady będą dążyć do ponownego użycia i/lub recyklingu wody w jak największym stopniu. Stąd strumienie wody (np. woda procesowa, ścieki z mokrego oczyszczania lub

kąpieli hartowniczych) są ponownie wykorzystywane i/lub poddawane recyklingowi w obiegach zamkniętych lub półzamkniętych (patrz punkty 2.2.17 i 2.4.11.1), w razie potrzeby po oczyszczeniu (patrz punkt 8.9). Jednakże, recykling niektórych strumieni wody może być tylko częściowo możliwy. Na przykład, aby zmniejszyć ilość wytwarzanych ścieków, woda hartownicza jest często używana do przygotowania i odświeżania kwasów trawiących. Jednakże, może to dodać duże ilości cynku do kwasu, co utrudniłoby jego odzyskanie. [1, ABAG 1993].

#### **Korzyści dla środowiska**

- Zmniejszenie zużycia wody.
- Zmniejszenie ilości wytwarzanych ścieków.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Stopień ponownego wykorzystania i/lub recyklingu wody jest ograniczony przez bilans wodny zakładu, zawartość zanieczyszczeń i/lub charakterystykę strumieni wody.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Obniżenie kosztów dzięki zmniejszeniu zużycia wody i zmniejszeniu ilości wytwarzanych ścieków.

#### **Przykładowe zakłady**

Stosowanie zamkniętych i półzamkniętych obiegów wody technologicznej odnotowano w różnych zakładach walcowania na gorąco, walcowania na zimno, ciągnięcia drutu i powlekania na gorąco [150, FMP TWG 2018].

#### **Bibliografia**

[1, ABAG 1993].

### **8.7.5 Płukanie kaskadowe**

#### **Opis**

Płukanie przeprowadza się w dwóch lub większej liczbie wanien w układzie szeregowym, gdzie wsad jest przemieszczany z najbardziej zanieczyszczonej wanny płukania do najczystszej.

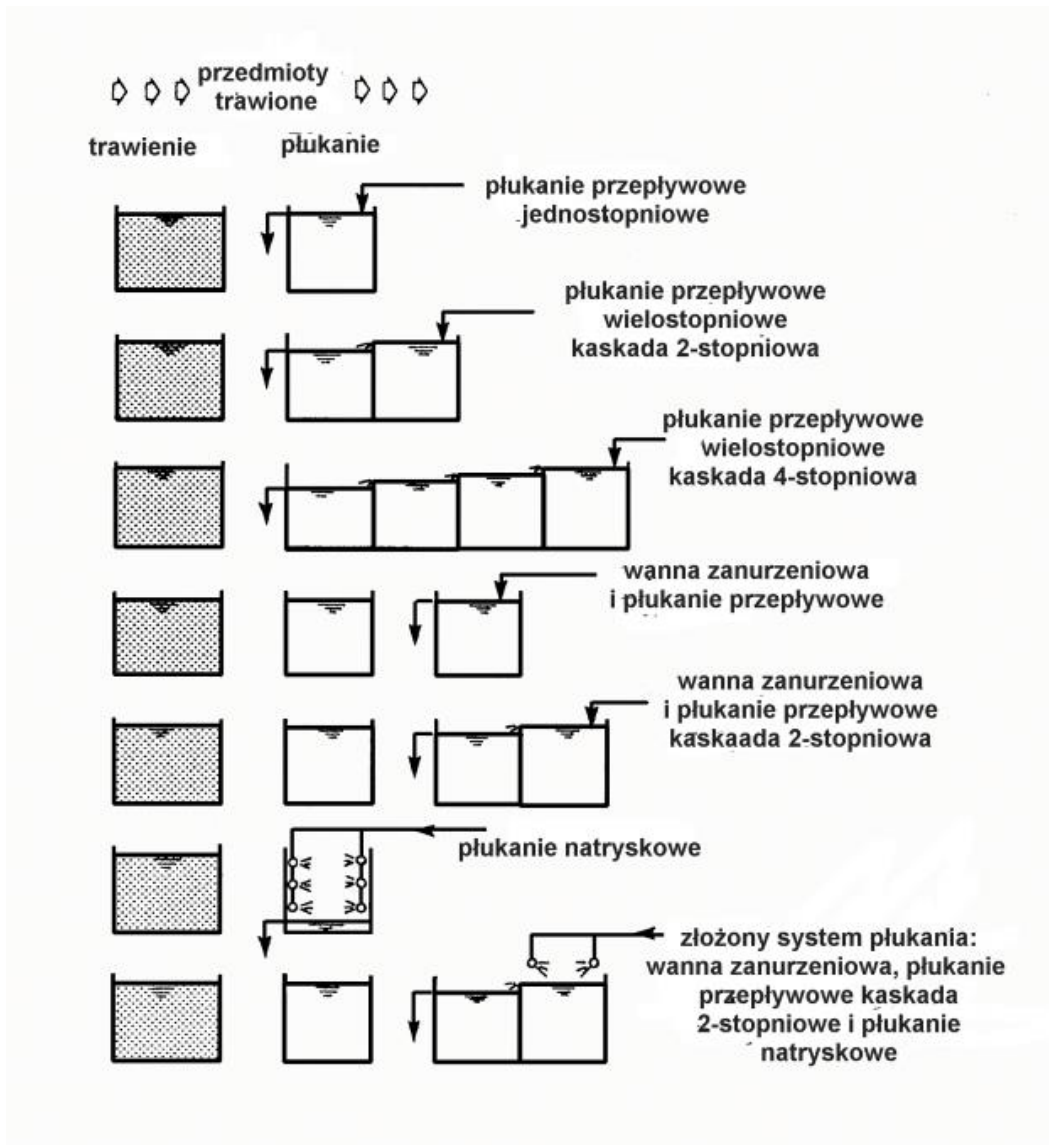
#### **Opis techniczny**

Typowy system płukania z odwróconą kaskadą wykorzystuje trzy do sześciu przedziałów z rolkami wyżymającymi w celu zmniejszenia przenoszenia między przedziałami. Świeża woda lub kondensat, który ma być dodany do ostatniego przedziału, jest wpuszczany kaskadowo przez jaz do poprzedzającego przedziału. Nadmiar (np. odprowadzenie) przelewa się z pierwszego przedziału do zbiornika magazynowego, skąd zwykle jest przekazywany do zakładu regeneracji. Porcje ze zbiorników pośrednich są pobierane do absorpcji par kwasu w kolumnach absorpcyjnych instalacji regeneracyjnej lub do rozcieńczania świeżego kwasu w zbiornikach wytrawiających.

Rysunek 8.34 pokazuje różnorodność dostępnych technik płukania; od najprostszej metody pojedynczego przepływu płukania do bardziej wyrafinowanych kombinowanych systemów płukania. Wielokrotne (kaskadowe) użycie wody płuczącej i statycznych zbiorników płuczących powoduje uzyskanie wystarczająco wysokich stężeń w wodzie płuczącej, aby umożliwić **ponowne użycie w poprzedzających kąpielach procesowych** lub aby umożliwić zastosowanie **środków regeneracji lub**



**regeneracji** stosowanych w kąpielach procesowych również w odniesieniu do wody płuczącej.



Źródło: [115, Rituper, 1993].

Rysunek 8.34: Systemy płukania

#### Korzyści dla środowiska

- Zmniejszenie zużycia wody.
- Zmniejszenie ilości wytwarzanych ścieków.

#### Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

Poziomy zużycia wody związane z różnymi systemami płukania zestawiono w tabeli 8.8. Systemy płukania z jednym etapem płukania przepływowego (tj. "Flowrinse" i "Static and flow rinse") wykazują zdecydowanie najwyższe poziomy zużycia wody.

Tabela 8.8: Porównanie poziomów zużycia wody dla różnych systemów płukania

Stężenie w kąpieli trawiącej [g/l]		100				200				600			
Stężenie pozostałości w ostatniej kąpieli płuczającej [mg/l]		5	10	20	50	5	10	20	50	5	10	20	50
Kryteria płukania		$2 \cdot 10^4$	$10^4$	$5 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$10^4$	$4 \cdot 10^3$	$1.2 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$	$1.2 \cdot 10^4$
System płukania	Liczba łazienek	Zużycie wody do płukania [m <sup>3</sup> /h]				Zużycie wody do płukania [m <sup>3</sup> /h]				Zużycie wody do płukania [m <sup>3</sup> /h]			
Przepływowe	1	2000	1000	500	200	4000	2000	1000	400	12000	6000	3000	1200
2-stopniowa kaskada	2	14.1	10	7.1	4.5	20	14.1	10	6.3	34.6	24.5	17.3	11
3-stopniowa kaskada	3	2.7	2.1	1.7	1.3	3.4	2.7	2.1	1.6	5.0	4.0	3.1	2.3
4-stopniowa kaskada	4	1.2	1.0	0.9	0.7	1.4	1.2	1.0	0.8	1.9	1.6	1.3	1.0
Płukanie statyczne i przepływowe	2	400	200	100	40	800	400	200	80	2400	1200	600	240
Płukanie statyczne 2-stopniowa kaskada	3	6.3	4.5	3.2	2.0	9.0	6.3	4.5	2.9	15.5	11.0	7.7	4.9
Płukanie statyczne 3-stopniowa kaskada	4	1.6	1.3	1.0	0.7	2.0	1.6	1.3	0.9	2.9	2.3	1.8	1.3
Płukanie natryskowe Efektywność 100 %	1	9.9	9.2	8.5	7.6	10.6	9.9	9.2	8.3	11.7	11.0	10.3	9.4
Płukanie natryskowe Wydajność 30 %	1	3.3	3.1	2.9	2.6	3.6	3.3	3.1	2.8	4.0	3.7	3.5	3.2
UWAGA: Przekazanie 100 l/h. Źródło: [115, Rituper, 1993].													

### **Efekty krzyżowe**

Brak.

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Zastosowanie do istniejących zakładów może być ograniczone przez brak miejsca.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Obniżenie kosztów dzięki zmniejszeniu zużycia wody i zmniejszeniu ilości wytwarzanych ścieków.

### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowane jest płukanie kaskadowe. Przykładowe zakłady to Jenn Ann, Tajwan i Herning Varmforzinkning A/S, Dania (patrz sekcja 8.6.3.1).

### **Bibliografia**

[115, Rituper, 1993].

## **8.7.6 Recykling lub ponowne użycie wody z płukania**

### **Opis**

Woda z płukania po trawieniu lub odtłuszczaniu jest w razie potrzeby po uzdatnieniu zwracana/ponownie wykorzystywana do poprzednich kąpiei technologicznych jako woda uzupełniająca, woda do płukania lub, jeśli stężenie kwasu jest wystarczająco wysokie, do odzyskiwania kwasu.

### **Opis techniczny**

Gdy woda w zbiornikach płukania staje się zbyt zanieczyszczona, aby zapewnić skuteczne płukanie, woda jest zwracana do poprzedzającej kąpiei technologicznej jako woda uzupełniająca dla strat parowania i przeciągania lub ponownie wykorzystywana jako woda do płukania.

W celu oczyszczenia wody płuczącej do poziomu umożliwiającego jej ponowne wykorzystanie w zbiornikach płuczących można zastosować obróbkę fizykochemiczną. Prowadzi to do dodatkowego zmniejszenia zużycia wody przez zakłady. Również to uzdatnianie może prowadzić do obniżenia zanieczyszczeń w wodzie płuczącej (np. Fe), co zmaksymalizowałoby efekty techniki 8.6.3.1 (tj. zminimalizowałoby przenoszenie żelaza do roztworu topnika). [234, uwagi Pre-FD 2021].

### **Korzyści dla środowiska**

- Zmniejszenie zużycia wody.
- Zmniejszenie ilości wytwarzanych ścieków.
- Fizykochemiczna obróbka przed ponownym użyciem może zmniejszyć przenoszenie żelaza do roztworu topnika, a zatem zmniejszyć generowanie zużytego roztworu topnika. [234, komentarze Pre-FD 2021].

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Przy odpowiednim projekcie i praktyce eksploatacyjnej cała woda płucząca może być poddana recyklingowi lub ponownie wykorzystana w galwanizerniach wsadowych.

### **Efekty krzyżowe**

Zużycie chemikaliów i energii przy przetwarzaniu do ponownego użycia. [234, uwagi Pre-FD 2021].

### **Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma technicznych ograniczeń w stosowaniu tej techniki.

### Aspekty ekonomiczne

Brak informacji.

### Cel wdrożenia

Obniżenie kosztów dzięki zmniejszeniu zużycia wody i zmniejszeniu ilości wytwarzanych ścieków.

### Przykładowe zakłady

Zasadniczo wszystkie ocynkownie poddają recyklingowi wodę z płukania. Przykładowa instalacja została opisana w punkcie 8.6.3.1. Ponowne wykorzystanie jest stosowane rzadko. [234, uwagi Pre-FD 2021].

### Bibliografia

[234, komentarze Pre-FD 2021].

## 8.7.7 Systemy wody chłodzącej

### Opis

Stosowane są oddzielne i zamknięte systemy wody chłodzącej z ponownym schłodzeniem wody przez kominny wyparne lub płytowe wymienniki ciepła (medium chłodzącym może być również woda morska lub inne dostępne medium). W celu eksploatacji zamkniętych obiegów wody chłodzącej, woda chłodząca musi być ponownie schłodzona i oczyszczona, w zależności od rodzaju systemu chłodzenia. Woda chłodząca może być recykulowana w celu zminimalizowania zużycia poprzez odrzucenie ciepła za pośrednictwem kominów chłodniczych wyparnych lub wtórnych obiegów chłodzących. [184, EUROFER 2018].

### Opis techniczny

W celu prowadzenia wody chłodzącej w zamkniętych pętlach, a tym samym zmniejszenia zużycia wody, woda chłodząca musi być ponownie schłodzona i uzdatniona.

Chłodzenie odbywa się poprzez odparowanie w kominach chłodniczych, wymiennikach ciepła z wykorzystaniem wtórnego systemu chłodzenia lub hybrydowych kominach chłodniczych. W chłodzonych ciśnieniowo kominach **chłodniczych** z przeciwwprądem woda, która ma być schłodzona, jest rozpylana na kraty w komorach komina chłodniczego i ścieka przez bloki do wanny komina chłodniczego. Wentylatory umieszczone poprzecznie lub na górze zasysają powietrze z otoczenia, które przepływa przez wodę w przeciwwprądzie. W ten sposób chłodzenie odbywa się poprzez odparowanie wody. Wydajność chłodzenia jest kontrolowana za pomocą objętości powietrza. Odsalanie jest kontrolowane poprzez pomiar przewodności elektrycznej. W razie potrzeby dodaje się niezbędną ilość dyspergatorów, podchlorynu sodu i biocydu (zapobieganie rozwojowi bakterii i grzybów) oraz kwasu lub zasady (wartość pH). [87, EUROFER 1998][184, EUROFER 2018]

W płytowych **wymiennikach ciepła**, **plyty** z kanałami przepływowymi są ułożone w stos. Pomiędzy płytami pompowana jest na przemian podgrzana woda i wtórna woda chłodząca, co umożliwia wymianę ciepła pomiędzy tymi dwoma płynami poprzez ścianki płyt. Źródłem wtórnej wody chłodzącej są najczęściej otwarte źródła wody, takie jak rzeki, jeziora lub morze, i może być ona wstępnie oczyszczona w celu zmniejszenia zanieczyszczenia systemu. [87, EUROFER 1998][184, EUROFER 2018].

W chłodniach **hybrydowych** w górnej części komina zainstalowany jest płytowy wymiennik ciepła. W dolnej części woda jest chłodzona przez odparowanie. Dzięki wymiennikowi ciepła powietrze o 100 % wilgotności jest ogrzewane i kondensuje się jako mgła po pewnym czasie i z mniejszą intensywnością.

Przy planowaniu i instalacji obiegowych stacji uzdatniania wody z chłodniami kominowymi należy uwzględnić położenie geograficzne danego zakładu. Ze względu na parowanie wody w procesie schładzania, warunki klimatyczne mogą być zaburzone przez stałe tworzenie się mgły oraz przez tzw. śnieg przemysłowy, szczególnie w Europie Środkowej. [87, EUROFER 1998].

## Korzyści dla środowiska

Zmniejszone zużycie wody, ponieważ woda może być ponownie wykorzystana w procesie.

## Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

### Walcowanie na zimno (przykład walcowni tandemowej)

Tabela 8.9: Zużycie i poziomy emisji dla systemu wody chłodzącej w młynie tandemowym

Poziom wejścia / zużycia			
Woda chłodząca (recyrkulacja)	8400	m <sup>3</sup> /t	
Woda rzeczna	7000	m <sup>3</sup> /t	
Miękka woda <sup>1</sup>	2.5 E -4	m <sup>3</sup> /t	
NaOH	1.25 E -8	m <sup>3</sup> /t	
Inhibitor	2.5 E -7	m <sup>3</sup> /t	
<b>Energia:</b>			
Elektryczny	0.004	GJ/t	
Kaloria <sup>2</sup>	0.282	GJ/t	
Wyjście / poziom emisji			
	Emisja właściwa		Koncentracja
Woda chłodząca (recyrkulacja)	8400	m <sup>3</sup> /t	
Ścieki (woda odpływowa z instalacji)	2.5 E -4	m <sup>3</sup> /t	
Substancje stałe ulegające osadzeniu (objętość)	2 - 5	ml/l	
Węglowodory (olej, smary)	2 - 5	mg/l	0.5 - 1.25 mg/t
Chlorki	50	mg/l	12.5 mg/t
Fe ogółem	2	mg/l	0.5 mg/t
Temperatura	35	°C	
pH	6.5 - 9.5		
Przewodnictwo elektryczne	1.1	mS/cm	
<sup>1</sup> tylko w przypadku odwodnienia instalacji			
<sup>2</sup> energia usunięta z młyna tandemowego przez wodę chłodzącą			
Źródło: [86, EUROFER, TG Cold Rolling 1998].			
Dane oparte na tygodniowym, proporcjonalnym do objętości, 24-godzinnym pobieraniu próbek			

### Przykład pieców do wyżarzania

Piece do wyżarzania (np. wyżarzanie wsadowe w kontrolowanej atmosferze 75 % H<sub>2</sub>, 25 % N<sub>2</sub> (lub czasami 100 % H<sub>2</sub>) są wyposażone w system chłodzenia wodą w celu utrzymania niskiej temperatury zarówno wsporników silników wentylatorów umieszczonych u podstawy pieców, jak i dzwonu pieca. Układ chłodzenia posiada zbiornik wody, który jest ponownie integrowany po osiągnięciu minimalnego poziomu. Częstotliwość reintegracji zbiornika wody jest zależna od produkcji. Woda jest schładzana przez kominy wyparne, a następnie ponownie wykorzystywana. [188, EUROFER 31-5-17, 2017].

## Efekty krzyżowe

- Dodawanie dyspergatorów i biocydów do uzdatniania wody chłodzącej [36, Hot Rolling Shadow Group 1999].
- Zwiększone zużycie energii w wyniku wymagań dotyczących pompowania recyrkulacji. [37, Hot Rolling Shadow Group 2000].
- Ze względu na parowanie wody w procesie schładzania, warunki klimatyczne mogą być zaburzone przez stałe tworzenie się mgły oraz przez tzw. śnieg przemysłowy, szczególnie w Europie Środkowej. [184, EUROFER 2018].

## Uwagi techniczne dotyczące możliwości zastosowania

- Możliwość zastosowania do istniejących zakładów może być ograniczona brakiem miejsca [184, EUROFER 2018].
- W zależności od warunków lokalnych w niektórych zakładach stosuje się jednoprzepływowe systemy chłodzenia wodą (zob. pkt 2.2.17 i konkluzje dotyczące BAT w dokumentach IS BREF [194, COM 2013] i ICS BREF). [184, EUROFER 2018].
- Systemy jednokrotnego przejścia są powszechnie stosowane w instalacjach o dużej wydajności, np. w zintegrowanych hutach żelaza i stali, w miejscach, gdzie wystarczająca ilość wody chłodzącej i powierzchni odbiorczej wody są dostępne. Zaletą stosowania systemu jednokrotnego przejścia jest unikanie tworzenia się śniegu przemysłowego i lodu w okresie zimowym w regionach Europy o zimnym klimacie, co wynika z emisji pary kondensacyjnej z chłodni kominowych. Jeśli niezawodne źródło wody nie jest dostępne, stosuje się systemy recyrkulacyjne (kominy chłodnicze) (patrz IS BREF i ICS BREF). [184, EUROFER 2018].

### **Aspekty ekonomiczne**

Oprócz kosztów instalacji i eksploatacji systemu wody chłodzącej należy uwzględnić wydatki na konserwację. Mikro- i makro-zanieczyszczenia wewnątrz wymienników ciepła i rur wody chłodzącej zwiększają straty ciśnienia i zmniejszają wymianę ciepła, powodując większe zużycie energii na recyrkulację. Okresowa konserwacja jest konieczna dla zachowania sprawności systemu. [184, EUROFER 2018].

### **Cel wdrożenia**

Zmniejszone zużycie wody.

### **Przykładowe zakłady**

Szeroko stosowany.

### **Bibliografia**

[ICS BREF] [194, COM 2013] [37, Hot Rolling Shadow Group 2000] [36, Hot Rolling Shadow Grupa 1999] [184, EUROFER 2018].

## 8.8 Ogólne techniki ograniczania techniki do powietrza

### 8.8.1 Techniki końca rury

#### 8.8.1.1 Demister

##### Opis

Demistery, zwane również separatorami kropelkowymi lub unoszącymi lub eliminatorami mgły, to urządzenia filtrujące, które usuwają porwane krople cieczy ze strumienia gazu. Składają się one z plecionej struktury z drutów metalowych lub plastikowych o dużej powierzchni właściwej. Dzięki swojemu pędowi małe kropelki obecne w strumieniu gazu uderzają o druty i łączą się w większe kropelki. Głównie rodzaje demisterów to separatory siatkowe, włókniste i przewalowe. Mogą one być wykorzystywane jako oddzielny sprzęt lub część sprzętu, np. płuczki mokrej (patrz Sekcja 8.8.4.5).

##### Bibliografia

[240, Pinasseau i wsp. 2018] [239, Brinkmann i wsp. 2016]

#### 8.8.1.2 Elektrofiltr (ESP)

##### Opis

Działanie elektrofiltrów (ESP) polega na tym, że cząsteczkom nadawany jest ładunek elektryczny, co pozwala oddzielić je pod wpływem pola elektrycznego. Elektrofiltry mogą działać w bardzo różnych warunkach. Efektywność redukcji może zależeć od liczby pól, czasu przebywania (rozmiaru) oraz urządzeń do usuwania cząsteczek poprzedzających filtr. Elektrofiltry zazwyczaj obejmują od dwóch do pięciu pól. Elektrofiltry mogą być typu suchego lub mokrego, w zależności od techniki stosowanej do zbierania pyłu z elektrod. Elektrofiltry mokre zwykle stosuje się na etapie polerowania w celu usunięcia pozostałości pyłu i kropelek po oczyszczaniu na mokro.

##### Bibliografia

[240, Pinasseau i wsp. 2018] [239, Brinkmann i wsp. 2016]

#### 8.8.1.3 Filtr tkaninowy

##### Opis

Filtry tkaninowe, nazywane często filrami workowymi, są wykonane z porowatej tkaniny lub filcu, przez które przepuszcza się gazy w celu usunięcia cząsteczek pyłu. Zastosowanie filtra tkaninowego wiąże się z koniecznością doboru tkaniny, która będzie odpowiadała właściwościom gazów odlotowych i maksymalnej temperaturze pracy.

##### Bibliografia

[240, Pinasseau i wsp. 2018] [239, Brinkmann i wsp. 2016]

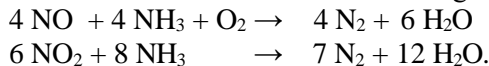
#### 8.8.1.4 Selektywna redukcja katalityczna (SCR)

##### Opis

Technika SCR opiera się na redukcji NO<sub>x</sub> do azotu w złożu katalitycznym w wyniku reakcji z mocznikiem lub amoniakiem w optymalnej temperaturze roboczej około 300–450 °C. Można nałożyć kilka warstw katalizatora. Większą redukcję NO<sub>x</sub> osiąga się dzięki zastosowaniu wielu warstw katalizatora.

### Opis techniczny

Proces SCR jest najlepiej opracowaną i najszerzej stosowaną metodą do usuwania NO<sub>x</sub> z gazów odlotowych. Polega on na redukcji NO i NO<sub>2</sub> do N<sub>2</sub> pod wpływem amoniaku na warstwie katalizatora. Ogólnymi reakcjami są:



Optymalny zakres temperatur dla tych reakcji wynosi 300 - 400°C. Zazwyczaj amoniak jest dodawany nieznacznie podstechiometrycznie (0,9 - 1,0 mola/mol NO<sub>x</sub>) w celu tłumienia przenoszenia. [99, Davies i wsp. 1995] [76, ETSU - c 1993] [99, Davies i wsp. 1995]

Najskuteczniejszym i najszerzej stosowanym katalizatorem jest pięcioletek wanadu, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, osadzony na nośniku TiO<sub>2</sub>. Innymi substancjami wykazującymi aktywność katalityczną są Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i CuO, metale szlachetne (Pt, Pd, Ru, Rh), tlenki metali W, Mo, Cr, Co i Ni niektóre zeolity i węgiel aktywny. Katalizator może być stosowany w szeregu rozmaitych struktur konfiguracji dla łagodzenia problemu blokowania przez pyły zależnie od wagi problemu. Katalizator w kształcie plastra miodu jest przydatny w konfiguracji stałego złoża, ponieważ pozwala na przejście pyłu bez zatykania katalizatora. Konfiguracja ze złożem ruchomym pozwala na stałą regenerację odaktywnionego lub zatkanego katalizatora. Odpowiedni jest również układ z przepływem równoległym. [99, Davies i wsp. 1995]

Deaktywacja przez zatrucie (Na, K, As), erozję lub zanieczyszczanie substancją stałą może ograniczać żywotność katalizatora. [87, EUROFER 1998]

Skuteczność redukcji NO<sub>x</sub> przez SCR zależy od stosowanego katalizatora i początkowego stężenia NO<sub>x</sub>. Podawano wartości do 95% z typowym zakresem redukcji 70 - 90%. [99, Davies i wsp. 1995][75, ETSU 1996]

Bardziej szczegółowe informacje dotyczące tej techniki w walcowniach zimnych i gorących znajdują się, odpowiednio, w sekcjach 2.4.2.9 i 3.4.3.5.

### Bibliografia

[99, Davies i wsp. 1995][87, EUROFER 1998] [75, ETSU 1996] [76, ETSU - c 1993]

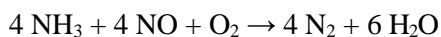
#### 8.8.1.5 Selektywna redukcja niekatalityczna (SNCR)

##### Opis

SNCR polega na redukcji NO<sub>x</sub> do azotu w wyniku reakcji z amoniakiem lub mocznikiem w wysokiej temperaturze. Przedział temperatur roboczych utrzymuje się w granicach 800–1 000 °C, aby zapewnić optymalne warunki reakcji.

##### Opis techniczny

W tym procesie, znanym również jako proces cieplny DeNO<sub>x</sub>, amoniak jest wdmuchiwany bezpośrednio do spalin o wysokich temperaturach w celu redukcji NO do N<sub>2</sub> bez pomocy katalizatora. Dla zapewnienia maksymalnej możliwej redukcji NO<sub>x</sub> konieczne jest wtryskiwanie odczynnika w takim punkcie procesu, w którym temperatura gazu odlotowego mieści się w optymalnym zakresie. Dla amoniaku zakres ten wynosi pomiędzy 850°C i 1000°C a dla mocznika 950°C - 1100°C. Ogólna reakcja ma następującą postać:



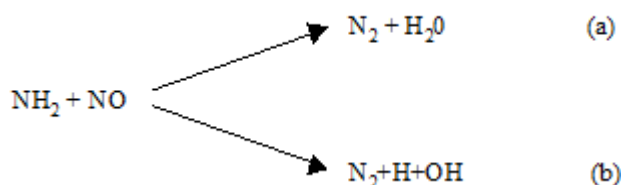
W związku z tym w gazie odlotowym wymagany jest nadmiar O<sub>2</sub> oraz czas



przebiegania 0,1 do 0,4 sekundy. Proces ten jest efektywny tylko w wąskim zakresie temperatur. [99, Davies i wsp. 1995]

Mechanizmem reakcji jest mechanizm jednorodnej fazy gazowej, gdzie kluczowym etapem

jest:



Kanał rozgałęzienia łańcucha (b) produkujący rodniki jest decydujący dla podtrzymania reakcji, gdyż bez niego reakcja kończyłaby się szybko. Ta reakcja konkuruje z reakcjami  $\text{NH}_2$  z utleniającymi rodnikami (O, OH) prowadzącymi do tworzenia NO, co wyjaśnia istnienie okienka temperatury. W temperaturach poniżej dolnej granicy temperatury, reakcja  $\text{NO}_x$  jest ograniczana przez kroki kończące łańcuch rodnika w mechanizmie skutecznie konkurującym z krokami rozgałęzienia łańcucha. W temperaturach powyżej górnej granicy temperatury utlenianie  $\text{NH}_3$  dominuje nad redukcją NO, prowadząc w sumie do tworzenia NO. Dodatki wpływają na to okienko przez zmienianie równowagi między tymi procesami. [99, Davies i wsp. 1995]

Amoniak może być wybuchowy, zatem jego bezpieczne magazynowanie stanowiłoby znaczący czynnik podwyższający koszty.. [99, Davies i wsp. 1995]

Bardziej szczegółowe informacje dotyczące tej techniki w walcowniach gorących znajdują się w sekcji 2.4.2.10.

## Bibliografia

[99, Davies i wsp. 1995]

### 8.8.1.6 Optymalizacja konstrukcji i działania SNCR/SCR

#### Opis

Optymalizacja stosunku reagenta do  $\text{NO}_x$  w przekroju poprzecznym pieca lub kanału, rozmiaru kropeł reagenta i okna temperaturowego, w którym wstrzykiwany jest reagent.

#### Opis techniczny

Możliwa wada technik SCR/SNCR jest związana z poślizg amoniaku, będący emisją nieprzereagowanego amoniaku do środowiska.

Ma to miejsce w przypadku niepełnej reakcji  $\text{NH}_3$  z  $\text{NO}_x$ , gdy niewielkie ilości  $\text{NH}_3$  opuszczają reaktor/komorę spalania ze spalinami i może być spowodowane uszkodzeniem katastrofalnym całego systemu SCR lub wzrostem stosunku  $\text{NH}_3$  do  $\text{NO}_x$  w kontekście zwiększenia wydajności systemu SCR/SNCR. Efekt ten jest znany jako poślizg amoniaku. Wysoki poślizg amoniaku (przebiecie  $\text{NH}_3$ ) może prowadzić do:

- Niepożądanych emisji amoniaku do środowiska.

- Powstawaniu siarczanów amonu, tworzących osady na dalszych systemach, takich jak katalizator i podgrzewacz powietrza oraz na powierzchniach o temp. poniżej 235 °C, lub mogą prowadzić do zwiększonych emisji pyłu. Osady można minimalizować utrzymując poziom poślizgu amoniaku na niskim poziomie i monitorując temperaturę spalin. Osady na liniach można czyścić poprzez spłukiwanie wodą lub podnosząc temperaturę metalu powyżej temperatury kondensacji w celu sublimacji osadów za pomocą odpowiednio zaprojektowanych materiałów.

Kontrolowanie poślizgu amoniaku w SCR/SNCR może odbywać się na wiele sposobów opisanych poniżej:

- Poślizg amoniaku w instalacjach SCR i SNCR wzrasta wraz ze wzrostem stosunku  $\text{NH}_3$  do  $\text{NO}_x$ , ale również, w SCR, wraz ze spadkiem aktywności katalizatora.
- System SCR wymaga regularnej planowanej konserwacji lub kontroli np. co roku, w celu zapobiegania wystąpieniu poślizgu amoniaku. Przykładowo, przy wysokim poślizgu amoniaku, może dojść do powstania szkodliwych osadów soli na wewnętrznych powierzchniach komponentów za reaktorem.
- Ograniczanie poślizgu amoniaku w systemach SCR można uzyskać stosując większą ilość katalizatora i/lub poprzez poprawę mieszania  $\text{NH}_3$  i  $\text{NO}_x$  w spalinach.
- W przypadku SNCR, poślizg amoniaku wzrasta przy niedostatecznym mieszanii  $\text{NH}_3$  i spalin, z powodu braku czasu przebywania w oknie temperatury reakcji, oraz wraz ze wzrostem stosunku  $\text{NH}_3$  do  $\text{NO}_x$ . W celu uniknięcia poślizgu amoniaku w technice SNCR, w obszarze ekonomizera kotła można umieścić warstwę katalizatora SCR. Ponieważ katalizator zmniejsza poślizg amoniaku, zmniejsza również powiązaną ilość  $\text{NO}_x$ .

Zarówno techniki SCR i SNCR wymagają zastosowania amoniaku lub mocznika jako środka redukującego. Istnieje szereg ryzyk dla zdrowia i bezpieczeństwa związanych ze stosowaniem czystego ciekłego amoniaku (np. korzystanie i przechowywanie czystego ciekłego amoniaku wymaga zastosowania podwójnych ścian i podziemnej lokalizacji zbiorników ciśnieniowych). Przechowywanie mocznika w postaci stałej nie ma wpływu na zdrowie. Z punktu widzenia bezpieczeństwa, zastosowanie roztworu amoniak – woda jest mniej ryzykowne, niż stosowanie czystego ciekłego amoniaku.

Najczęściej stosowaną postacią amoniaku stosowaną w SCR i SNCR jest amoniak wodny, dostępny standardowo w stężeniu 24,5% lub niższym. Amoniak wodny jest cieczą niepalną, klasyfikowaną jako drażniącą. Amoniak wodny można przechowywać w warunkach atmosferycznych. Czysty amoniak bezwodny klasyfikuje się jako gaz palny, toksyczny i korozyjny, a także możliwy do spalania w stężeniach powietrza od 15% do 28%, wymagający przechowywania pod ciśnieniem (ciśnienie pary 7,6 bar w 20 °C).

Z uwagi na wysokie ryzyko stosowania amoniaku dla zdrowia ludzkiego, transport, stosowanie i przechowywanie amoniaku wymagają dużej ostrożności w celu uniknięcia wycieków.

### **Korzyści dla środowiska**

Minimalizacja emisji amoniaku z SCR/SNCR.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

W walcowni zimnej SSAB Borlänge (Szwecja) w reaktorze SR stosuje się wtryskiwanie roztworu zawierającego 25 %  $\text{NH}_3$  do gazów odlotowych. Temperatura pracy katalizatora wynosi od 160 °C do 400 °C, a wtryskiwanie roztworu  $\text{NH}_3$  odbywa się wyłącznie wtedy, gdy temperatura gazu odlotowego mieści się w tym zakresie. Pomierzone emisje  $\text{NH}_3$

podczas pierwszego roku działania SSAB wykazały, że stężenia emisji mieściły się w przedziale 2-3 ppm NH<sub>3</sub>.

W celu uniknięcia problemów z zapachem gazów odlotowych w otaczającym środowisku, stężenie amoniaku stosowanego w SCR lub SNCR wynosi zwykle poniżej 10 mg/Nm<sup>3</sup>.

### **Efekty krzyżowe**

Niepełna reakcja NH<sub>3</sub> z NO<sub>x</sub> może prowadzić do powstawania siarczanów amonu, osadzających się w dalszych systemach, takich jak katalizator i podgrzewacz powietrza. Taka niepełna reakcja pojawia się wyłącznie w wysoce nieprawdopodobnym przypadku uszkodzenia katastrofalnego całego systemu SCR.

Stosowanie, transport i przechowywanie amoniaku w postaci gazu podlegają restrykcyjnym przepisom bezpieczeństwa.

### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Stosowanie wyłącznie, gdy SNCR/SCR jest stosowana do zmniejszenia emisji NO<sub>x</sub>.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji odnoszących się do sektora FMP.

Informacje ogólne dotyczące kosztów wdrożenia SCR/SNCR znajdują się w BREF dla LCP (sekcje 3.2.2.3.11 i 3.2.2.3.12) [195, COM 2017].

### **Cel wdrożenia**

Zmniejszenie emisji NO<sub>x</sub>.

### **Przykładowe zakłady**

SSAB Borlange, [110HR – Tata Steel IJmuiden]

### **Bibliografia**

[195, COM 2017]

## **8.8.1.7 Oczyszczanie na mokro**

### **Opis**

Usunięcie zanieczyszczeń w formie gazu lub cząstek stałych ze strumienia gazu przez przeniesienie masy do płynnego rozpuszczalnika, którym często jest woda lub roztwór wodny. Technika ta może obejmować reakcję chemiczną (np. w płuczce gazowej lub alkalicznej). W niektórych przypadkach istnieje możliwość odzyskania związków z rozpuszczalnika.

### **Bibliografia**

[240, Pinasseau i wsp. 2018]

## **8.8.2 Emisje do powietrza z ogrzewania**

### **8.8.2.1 Wykorzystanie paliw o niskiej zawartości pyłu i popiołu**

#### **Opis**

Paliwa o niskiej zawartości pyłu i popiołu to na przykład gaz ziemny, gaz płynny, odpylony gaz wielkopieczowy i odpylony gaz konwertorowy.

### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Zastosowanie ogólne.

## **Dodatkowe informacje dotyczące odpowiednich gazów technologicznych z przetwórstwa stali i stopów żelaza**

Zob. sekcja 2.4.2.1.

### **8.8.2.2 Ograniczanie porywania pyłu**

#### **Opis**

Porywanie pyłu ogranicza na przykład:

- w miarę możliwości stosowanie czystego wsadu lub czyszczenie wsadu z luźnej zgorzeliny i pyłu przed wprowadzeniem go do pieca;
- minimalizacja powstawania pyłu w wyniku uszkodzenia okładzin ogniotrwałych, np. poprzez unikanie bezpośredniego kontaktu płomieni z okładzinami ogniotrwałymi, stosowanie powłok ceramicznych na okładzinach ogniotrwałych
- unikanie bezpośredniego kontaktu płomieni z wsadem.

#### **Opis techniczny**

Brak informacji.

#### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszenie emisji pyłów.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak informacji.

#### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Unikanie bezpośredniego kontaktu płomieni z wsadem nie ma zastosowania w przypadku pieców z płomieniem bezpośrednim.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Zmniejszenie emisji pyłów.

#### **Przykładowe zakłady**

Brak informacji.

#### **Bibliografia**

[UNEP, 2014]

### **8.8.2.3 Stosowanie paliwa lub kombinacji paliw o niskiej zawartości siarki**

#### **Opis**

Paliwa o niskiej zawartości siarki to na przykład gaz ziemny, gaz płynny, gaz wielkopiecowy, gaz konwertorowy oraz gaz bogaty w CO z produkcji żelazochromu.

#### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Zastosowanie ogólne.

## **Dodatkowe informacje dotyczące odpowiednich gazów technologicznych z przetwórstwa stali i stopów żelaza**

Zob. sekcja 2.4.2.1.

### **8.8.2.4 Stosowanie paliwa lub kombinacji paliw o niskim potencjale tworzenia NOx**

#### **Opis**

Paliwa o niskim potencjale tworzenia NOx, np. gaz ziemny, skroplony gaz płynny (LPG), gaz wielkopieczowy i gaz konwertorowy.

#### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Zastosowanie ogólne.

#### **Dodatkowe informacje dotyczące techniki**

Zob. sekcja 2.4.2.1.

### **8.8.2.5 Automatykacja i sterowanie piecem**

Zob. sekcja 8.5.3.3.

### **8.8.2.6 Optymalizacja spalania**

Zob. sekcja 8.5.3.2.

### **8.8.2.7 Palnik o niskiej emisji NOx**

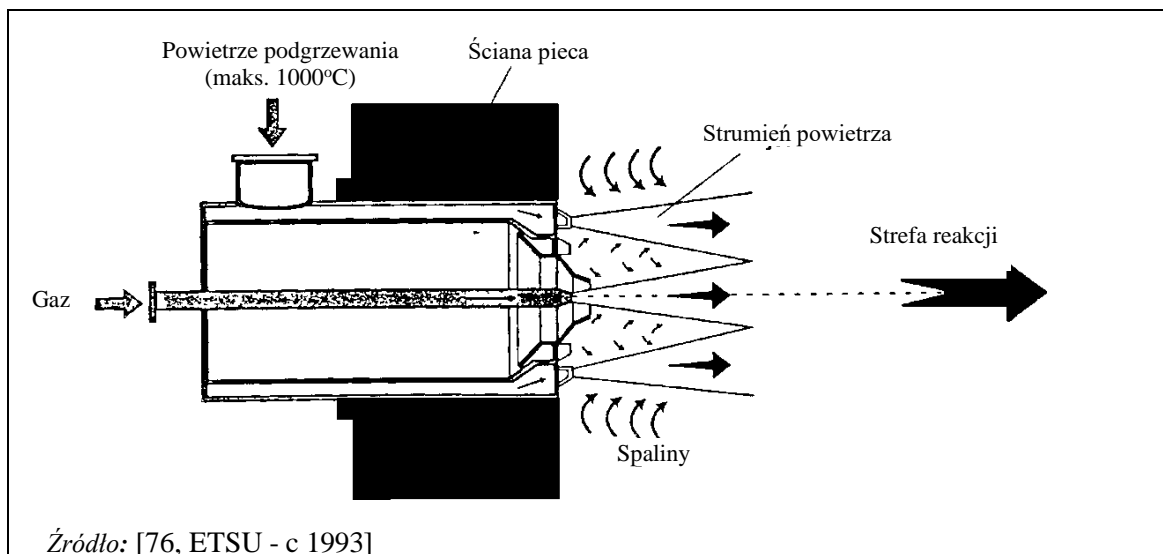
#### **Opis**

Technika ta (obejmująca palniki o ultraniskiej emisji NOx) opiera się na zasadzie redukcji szczytowych temperatur płomienia. Mieszanie powietrza/paliwa ogranicza dostępność tlenu i zmniejsza maksymalną temperaturę płomienia, tym samym opóźniając przekształcanie występującego w paliwie azotu w NOx i powstawanie termicznych NOx przy jednoczesnym utrzymaniu wysokiej efektywności spalania.

#### **Opis techniczny**

Palnik o niskiej emisji NOx jest pojęciem ogólnym dla szeregu palników nowego typu, które łączą w sobie kilka cech konstrukcyjnych mających na celu redukcję poziomu emisji NOx. Głównymi zasadami działania tych palników są redukcja szczytowej temperatury płomienia, redukcja czasu przebywania w strefie wysokiej temperatury i redukcja ilości tlenu dostępnego w strefie spalania. Osiąga się to najczęściej przez stopniowanie powietrza, stopniowanie paliwa i/lub wewnętrzną recyrkulację gazów spalinowych. [HMIP-95-003]. Ponieważ istnieje wiele różnych konstrukcji palników, zmieniających się również w zależności od dostawcy, rysunek D.2-1 i rysunek D.2-2 pokazują jedynie wybrane dostępne palniki o niskiej emisji..

**Recyrkulację spalin** z pieca do płomienia można usprawnić dzięki konstrukcji palnika, jak pokazano na rysunku D.2-1. Obniża ona stężenie O<sub>2</sub> w mieszance powietrze/paliwo i wytwarza stabilny płomień o niskiej temperaturze. Recyrkulacja powoduje również redukcję chemiczną NOx w spalinach przez węglowodory w paliwie. [87, EUROFER 1998]

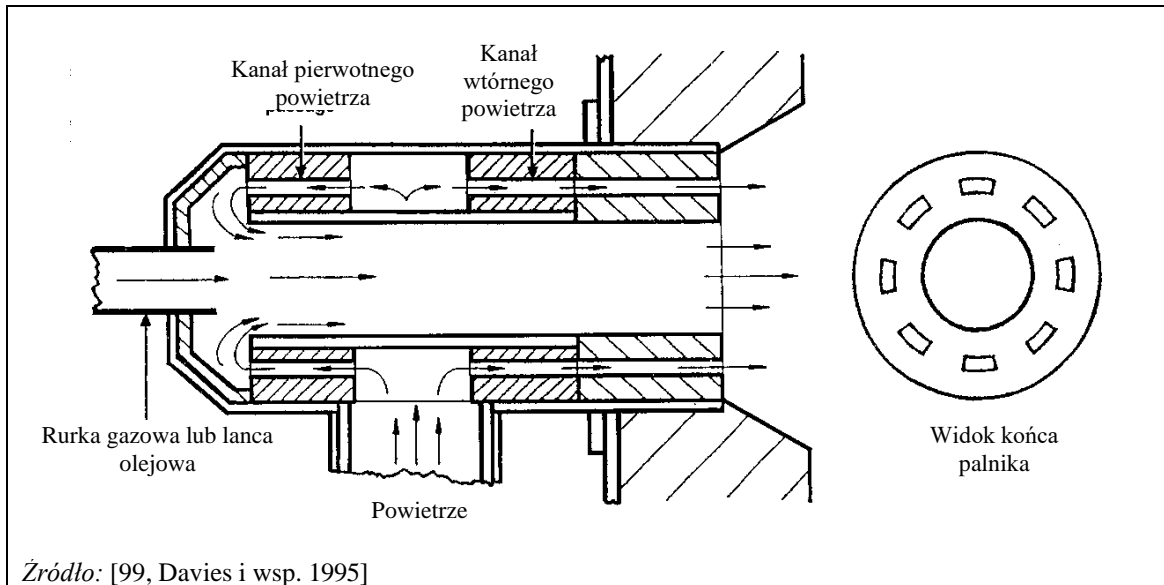


Rysunek 8.35: Schemat palnika o niskiej emisji NO<sub>x</sub> z wewnętrzną recyrkulacją spalin

Dalszą redukcję poziomu NO<sub>x</sub> i zależności poziomu NO<sub>x</sub> od temperatury podgrzewania powietrza można osiągnąć przez zastosowanie palników za zwiększonym strumieniem przepływu, gdzie płomień w pewnych przypadkach nie jest zaczepiony do rury ceramicznej palnika lub gdzie wloty gazu i powietrza spalania są rozdzielone. [87, EUROFER 1998]

Wspólny tryb działania palników o niskiej emisji NO<sub>x</sub> polega na wytworzeniu bogatej w paliwo strefy wewnątrz płomienia. Sprzyja to przemianie azotu związanego chemicznie w paliwie na N<sub>2</sub> i skutkuje obniżeniem szczytowej temperatury płomienia. Opóźniane są oba mechanizmy NO<sub>x</sub> z paliwa i ciepła i obniżana jest ilość NO<sub>x</sub>. Istnieją dwa główne typy palników o niskiej emisji NO<sub>x</sub>, przy czym w każdym z tych typów stosowane jest stopniowane spalanie dla osiągnięcia pożądanego efektu. Są to palniki ze stopniowanym dopływem powietrza i palniki ze stopniowanym dopływem paliwa.

W palnikach ze stopniowanym dopływem powietrza pierwszy etap spalania odbywa się w strefie nieznacznie bogatej w paliwo, przy optymalnym stosunku paliwo/powietrze (1.1 - 1.3) dla przemiany azotu z paliwa w  $N_2$ . W drugim etapie spalanie odbywa się w strefie ubogiej w paliwo przez dodanie wtórnego powietrza w taki sposób, aby zakończyć wypalanie paliwa z dokładną regulacją temperatury w celu zminimalizowania powstawania ciepłego NO w tej strefie.



Rysunek 8.36: Schemat przykładowego palnika o niskiej emisji NOx ze stopniowanym dopływem powietrza

Istnieje wiele konstrukcji palników ze stopniowanym dopływem powietrza, które różnią się sposobem tworzenia stref spalania. W palnikach z aerodynamicznym stopniowaniem dopływu powietrza całe powietrze spalania przepływa przez ten sam otwór palnika w taki sposób, że aerodynamika jest wykorzystana do tworzenia pierwszej strefy bogatej w paliwo. Palniki z zewnętrznym stopniowaniem powietrza stosują oddzielny strumień powietrza do całkowitego spalania. W palnikach ze stopniowanym dopływem powietrza wyposażonych w komorę wstępnego spalania strefa bogata w paliwo znajduje się w oddzielnej sekcji komory wstępnego spalania. Kluczowymi czynnikami konstrukcyjnymi pozwalającymi na kontrolę sprawności takich palników są temperatura i czas przebywania w każdym stopniu. [99, Davies i wsp. 1995]

W palnikach ze stopniowanym dopływem paliwa NO mogą powstawać w strefie pierwotnego spalania, za którą paliwo jest wtryskiwane w celu stworzenia drugiej strefy bogatej w paliwo, lub strefy głównego spalania, gdzie NO jest redukowany do  $N_2$ . Następnie w trzeciej strefie spalania dodawane jest powietrze w celu całkowitego spalania nadmiaru paliwa; następuje to ponownie przy dokładnej regulacji temperatury, by zminimalizować powstawanie ciepłego NO. Paliwami dla drugiej strefy mogą być gaz ziemny lub węgiel.

Kluczowymi reakcjami odpowiedzialnymi za przemianę NO w  $N_2$  w strefach bogatych w paliwo obu typów palników o niskiej emisji NOx są reakcje pomiędzy NO i małymi rodnikami zawierającymi węglowodory i azot (takimi jak CH,  $CH_2$ , NH,  $NH_2$ , NCO), które są obecne w takich warunkach. Mechanizmy chemiczne NOx są złożone, a efektywność opisanych tu metod do redukcji tworzenia NOx zależy od szeregu czynników, łącznie z konstrukcją palnika, rodzajem pracy, jakością paliwa (zwłaszcza zawartość związków lotnych i azotu w paliwie), wielkością cząsteczek (zwłaszcza dla paliw ciekłych i stałych) i skalą działania.

Stopniowane komory spalania o niskiej emisji NO<sub>x</sub> mają największe zastosowanie spośród technik regulacji dla pieców przemysłowych i nie są trudne w instalacji. Niektóre, ale nie wszystkie, konstrukcje stopniowanych komór spalania dają w wyniku mniejsze prędkości wylotowe z palników; ta redukcja pędu może powodować zmiany w aerodynamice pieca a co za tym idzie problemy z rozkładem wymiany ciepła. Podobnie, płomienie mają tendencję do wydłużania się, co może wymuszać konieczność zwiększenia poziomów nadmiaru powietrza w celu uniknięcia bezpośredniego kontaktu płomienia z ogrzewanym materiałem [99, Davies i wsp. 1995]

Palniki o niskiej emisji NO<sub>x</sub> mogą mieć bardziej złożoną konstrukcję i/lub zajmować więcej miejsca niż tradycyjne palniki oraz mogą powodować problemy w budowie pieca lub modyfikacji istniejących pieców. Kosz inwestycyjny modyfikacji zależy od typu i wielkości pieca i od tego, w jakim stopniu nowe palniki można pogodzić z istniejącym wyposażeniem do spalania. Palniki o niskiej emisji NO<sub>x</sub> nie powodują wzrostu kosztów eksploatacyjnych. [76, ETSU - c 1993]

W przypadku palników o ultraniskiej emisji NO<sub>x</sub> wymagany jest wysoki przepływ gazu. W piecu odbywa się pełne mieszanie paliwa i powietrza spalania (oraz spalin), co powoduje brak stabilizacji płomienia w palniku. W efekcie powyższego, ten rodzaj palników może być stosowany wyłącznie w temperaturach pieca poza temperaturą spontanicznego zapłonu mieszanki paliwo/powietrze.

[100, EUROFER, TG Cold Rolling 1998]

Wtryskiwanie paliwa w większej odległości od powietrza spalania poprawia mieszanie reagentów i produktów spalania. W efekcie powyższego, szczytowa temperatura płomienia jest niższa, co zmniejsza powstawanie termicznych NO<sub>x</sub>. W przypadku wysokiego momentu wtrysku (tj. wysokiej prędkości), zwiększa się unoszenie spalin, co powoduje umiarkowane lub bezpłomieniowe spalanie. Profil temperaturowy osiągany jest o wiele płynniej przy bardzo niskich emisjach NO<sub>x</sub>. W celu uzyskania spalania w takich warunkach, temperatura pieca musi być wyższa od temperatury samozapłonu. W celu obniżenia emisji NO<sub>x</sub> można też zastosować zewnętrzną recyrkulację spalin, czego celem jest obniżenie szczytowej temperatury płomienia poprzez rozcieńczenie spalin. [186, EUROFER 10-7-18, 2018]

Optymalizacja spalania jest kluczową metodą zmniejszania emisji NO<sub>x</sub> w drodze zmniejszenia nadmiaru powietrza. Kontrolowanie poziomu tlenu w atmosferze pieca (spaliny) zwiększa wydajność i zmniejsza emisje NO<sub>x</sub> (mniej dostępnego tlenu reagującego z azotem). Należy także unikać wtargnięcia powietrza (np. kontrolując ciśnienie pieca podczas otwierania drzwi). Ponadto, kontrolowanie nadmiaru powietrza zapewnia dodatkowe korzyści z uwagi na wzrost wydajności procesowej (niższe utlenianie stali). [186, EUROFER 10-7-18, 2018]

Inną skuteczną metodą zmniejszania emisji NO<sub>x</sub> jest zmienianie rodzaju paliwa. Zastosowanie gazu ziemnego prowadzi do obniżenia poziomów NO<sub>x</sub>. Inne paliwa, takie jak gazy technologiczne z produkcji stali i stopów żelaza zawierają azot i mogą przyczynić się do powstawania NO<sub>x</sub> w paliwie (np. NH<sub>3</sub> w gazie koksowniczym). Poza standardową praktyką zastąpienia paliw zawierających azot (węgle lub paliwo olejowe) paliwami gazowymi, zastosowanie gazu wielkopieczowego obniża powstawanie NO<sub>x</sub>, z uwzględnieniem niższej temperatury szczytowej płomienia. Ponadto, ważne jest także kondycjonowanie paliwa (np. usuwanie NH<sub>3</sub> z COG, co zostało opisane w IS BREF [194, COM 2013]). [186, EUROFER 10-7-18, 2018]

### **Korzyści dla środowiska**

- Zmniejszenie emisji NO<sub>x</sub>.
- Zwiększenie efektywności energetycznej. [186, EUROFER 10-7-18, 2018]

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.



## **Efekty krzyżowe**

Brak informacji.

## **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Możliwość zastosowania może być ograniczona w przypadku istniejących zespołów urządzeń ze względu na przeszkody konstrukcyjne lub operacyjne.

Na przykład, palniki o ultraniskiej emisji NO<sub>x</sub> nie mogą być stosowane do rekrystalizacji w piecach kołpakowych, ponieważ wymagają one temperatur pieca poza przedziałem temperatury spontanicznego zapłonu mieszanki paliwo/powietrze.

## **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

## **Cel wdrożenia**

- Zmniejszenie emisji NO<sub>x</sub>. [186, EUROFER 10-7-18, 2018]
- Zwiększenie efektywności energetycznej. [186, EUROFER 10-7-18, 2018]

## **Przykładowe zakłady**

Walcownie zimne zgłaszające stosowanie palników o niskiej emisji NO<sub>x</sub> [150, FMP TWG 2018]: Instalacje wyżarzania partiami: [193 CR1] [193 CR2] [08 CR4] [08 CR5] [115CR1]

Instalacje ciągłego wyżarzania: [130 CR2] [37 CR5] [94 CR1] [08 CR3] [98 CR1] [130 CR1]

Walcownie gorące zgłaszające stosowanie palników o niskiej emisji NO<sub>x</sub> [150, FMP TWG 2018]: [08-09 HR] [12 HR] [37 HR] [66 HR] [88 HR] [99 HR1] [99 HR2] [106 HR] [110 HR2] [112 HR] [121 HR] [126 HR] [146 HR] [155 HR] [157 HR1] [158 HR] [172 HR] [174 HR] [178 HR] [179 HR] [205 HR] [218 HR] [219 HR] [222 HR] [230 HR] [231 HR] [242 HR] [244 HR] [246 HR2] [267 HR] [270 HR] [288 HR] [300 HR]

## **Bibliografia**

[195, COM 2017][186, EUROFER 10-7-18, 2018]  
[99, Davies i wsp. 1995][87, EUROFER 1998] [76, ETSU - c 1993]  
[100, EUROFER, TG Cold Rolling 1998]

### **8.8.2.8 Recyrkulacja spalin**

#### **Opis**

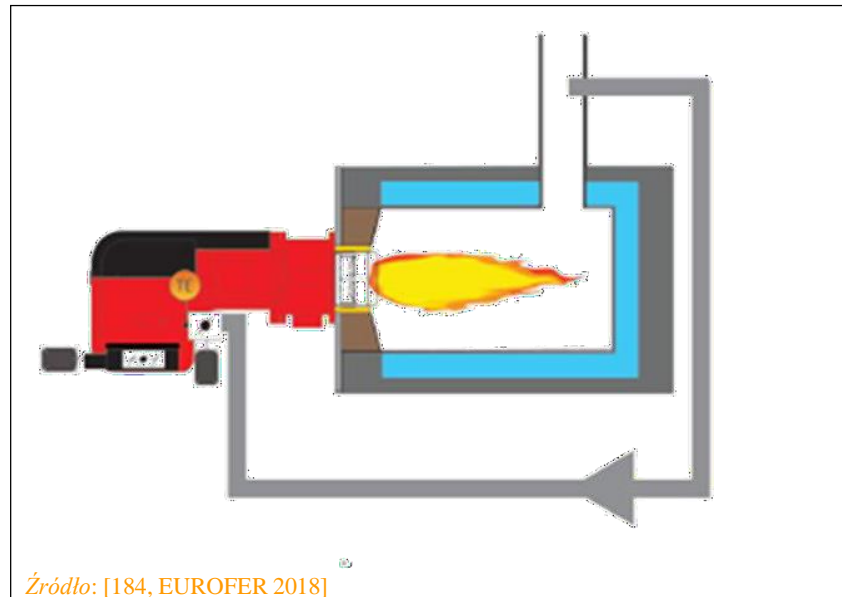
Recyrkulacja (zewnątrzna) części gazów spalinowych do komory spalania w celu zastąpienia części świeżego powietrza do spalania, o podwójnym efekcie obniżenia temperatury chłodzenia i ograniczenia zawartości O<sub>2</sub> do utleniania azotu, co w rezultacie ogranicza wytwarzanie NO<sub>x</sub>. Technika polega na wprowadzeniu gazów spalinowych z pieca do płomienia w celu zmniejszenia zawartości tlenu, a tym samym temperatury płomienia.

#### **Opis techniczny**

Recyrkulacja spalin (FGR) jest techniką ograniczania szczytowych temperatur płomienia. Zawracanie spalin do powietrza spalania obniża poziom tlenu do 17 - 19 % i zmniejsza temperatury płomienia, ograniczając przez to tworzenia termicznych NO<sub>x</sub>. [99, Davies i wsp. 1995] [100, EUROFER, TG Cold Rolling 1998]

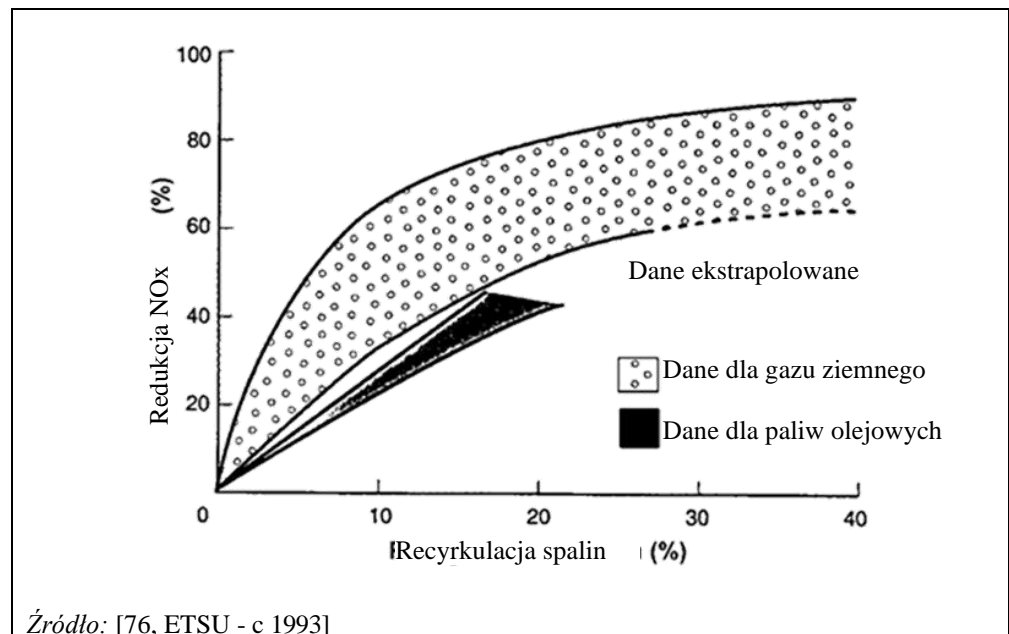
Rys. 8.37 pokazuje schematycznie zasadę FGR. Najprostsza metoda obejmuje recyrkulację spalin poprzez odciąg z kanału wylotowego za pomocą wentylatora palnika i mieszanie ich z powietrzem spalania. Prędkość przepływu recyrkulacji można regulować za pomocą przepustnicy z serwowmotorem kontrolowanym przez elementy elektroniczne palnika. Zmniejszenie emisji NO<sub>x</sub> uzyskane tą metodą z

gazem ziemnym jako paliwem jest znaczące i stanowi funkcję odsetka zrecykulowanych spalin oraz rodzaju zastosowanego palnika. [184, EUROFER 2018]



Rysunek 8.37: Schemat palnika wyposażonego w FGR

Na przykład, zmniejszenie emisji NO<sub>x</sub> osiągnęte przez FGR zostało przedstawione na Rys. 8.38. Wykres bazuje na zakresie danych testowych.



Rysunek 8.38: Wpływ recykulacji spalin na emisję NO<sub>x</sub>

Dane z kilku różnych urządzeń testowych wykazały, że FGR może prowadzić do redukcji NO<sub>x</sub> bliskich 70-80%, zależnie od udziału recykulowanych spalin (FGR 20-

30%), temperatury recykulowanych spalin i od tego, czy FGR jest stosowany w systemie palnika o niskich emisjach NO<sub>x</sub>. Ułamkowe redukcje porównane bezpośrednio z efektami uzyskanymi przy stosowaniu palnika o stopniowanym spalaniu powinny być nieco niższe, natomiast całkowite (ogólne) redukcje odnoszone do linii zerowej wykresu powinny być nadal wyższe, choć wyniki doświadczalne są niewystarczające, aby określić te wyniki ilościowo dla wysokotemperaturowych palników przemysłowych. [99, Davies i wsp. 1995]

#### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszenie emisji NO<sub>x</sub>.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak informacji.

#### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Stosowanie w istniejących zespołach urządzeń może być ograniczone ze względu na brak miejsca. Na przykład, technika wymaga rozbudowanego systemu kanałów umożliwiającego recyrkulację spalin, co może być trudne w instalacji, w zależności od konfiguracji istniejących zespołów urządzeń.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Brak informacji.

#### **Przykładowe zakłady**

203 HR, 267 HR [150, FMP TWG 2018]

#### **Bibliografia**

[99, Davies i wsp. 1995][100, EUROFER, TG Cold Rolling 1998][184, EUROFER 2018][150, FMP TWG 2018]

### **8.8.2.9 Ograniczanie temperatury wstępnego nagrzewania powietrza**

#### **Opis**

Ograniczanie temperatury wstępnego ogrzewania powietrza prowadzi do zmniejszenia stężenia emisji NO<sub>x</sub>. Należy osiągnąć równowagę między maksymalizacją odzysku ciepła z gazów spalinowych a minimalizacją emisji NO<sub>x</sub>.

#### **Opis techniczny**

Poziomy emisji NO<sub>x</sub> wzrastają ze wzrostem temperatur wstępnego nagrzewania powietrza spalania, jak pokazano na rysunku Rys. 8.39 i Rys. 8.40. Ograniczenie podgrzewania powietrza może być zatem środkiem do ograniczania emisji NO<sub>x</sub>.

Z drugiej strony, wstępnie nagrzewanie powietrza do spalania jest powszechnie stosowanym środkiem zwiększającym efektywność energetyczną pieców oraz zmniejszającym zużycie paliwa. Ograniczenie wstępnego nagrzewania powietrza oznacza, że nieużyta energia w spalinach jest marnotrawiona i wymaga kompensacji wyższym zużyciem paliwa. Wzrost zużycia paliwa na skutek zmniejszenia temperatur wstępnego podgrzewania powietrza przedstawiono w Tabeli 8.14.

Tabela 8.10: Obliczony procentowy wzrost zużycia paliwa z powodu zmniejszonego wstępnego nagrzewania powietrza

Początkowa temperatura wstępnie nagrzewanego powietrza [°C]	Końcowa temperatura wstępnie nagrzewanego powietrza [°C]									
	1000	900	800	700	600	500	400	300	200	
1000	0.0	6.0	12.6	19.9	28.3	37.7	48.6	60.4	74.5	
900		0.0	6.3	13.1	21.1	30.0	40.3	51.4	64.7	
800			0.0	6.4	13.9	22.2	31.9	42.3	54.9	
700				0.0	7.0	14.9	24.0	33.8	45.6	
600					0.0	7.4	15.9	25.0	36.0	
500						0.0	7.9	16.4	26.7	
400							0.0	8.4	17.4	
300								0.0	8.8	
200									0.0	

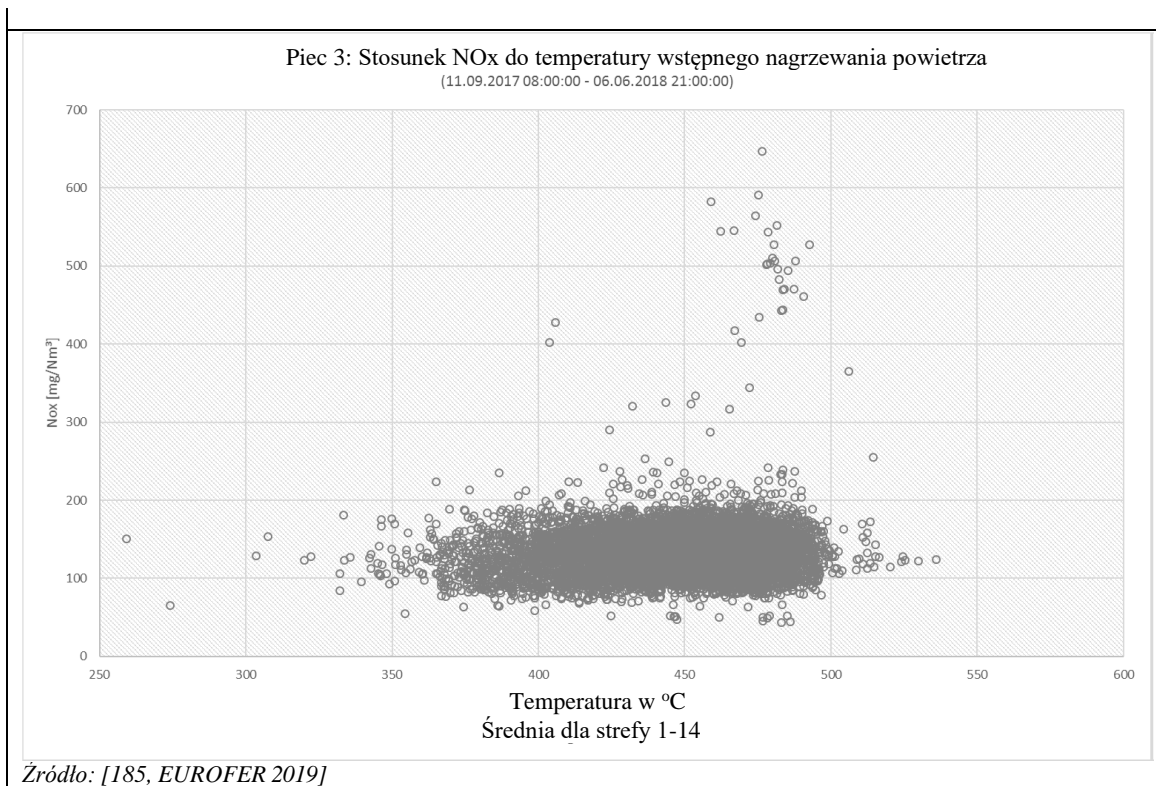
Źródło: [76, ETSU - c 1993]

Najczęściej kierownicy zakładów są zainteresowani zmniejszeniem zużycia paliwa, ponieważ przynosi to korzyści finansowe, ale może dodatkowo zredukować ilość innych zanieczyszczeń powietrza, takich jak CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> i pyłów. Może zatem pojawić się konieczność dokonania wyboru pomiędzy sprawnością cieplną i zmniejszeniem emisji SO<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub> z jednej strony oraz wzrostem emisji NO<sub>x</sub> z drugiej strony. Przy utrzymywaniu wysokich temperatur podgrzewania powietrza konieczne mogą okazać się wtórne środki redukcji NO<sub>x</sub>.

### Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

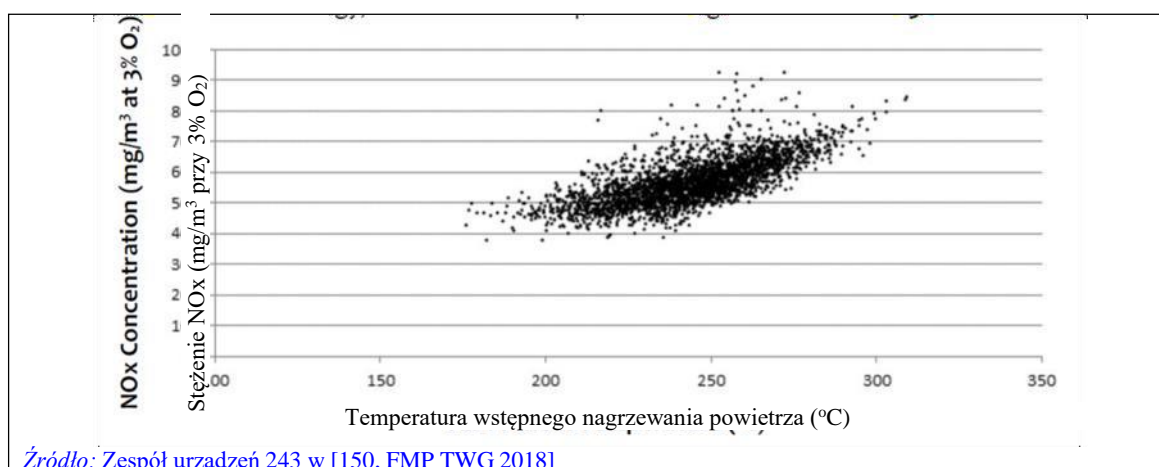
Na rysunkach przedstawiono emisje NO<sub>x</sub> w stosunku do temperatur wstępnie nagrzewanego powietrza dla istniejących pieców działających w walcowniach gorących. Zauważono, że poniższe dane odzwierciedlają określone okoliczności występujące w poszczególnych zakładach i nie mogą być rozpatrywane jako scenariusz ogólny dla stosunku emisji NO<sub>x</sub> i temperatur wstępnego nagrzewania powietrza.

Rys. 8.39 przedstawiają wartości emisji NO<sub>x</sub> w stosunku do temperatury wstępnego nagrzewania powietrza dla pieca pokrocznego opalanego gazem ziemnym (Piec nr 3 ArcelorMittal Brema (odniesienie do zespołu urządzeń/punktu emisji 121 HR-3 w zbiorze danych). Rys. 8.39 nie przedstawia informacji dotyczących referencyjnego poziomu tlenu lub okresu uśredniania. Jednakże, dla punktu emisji 121 (...)



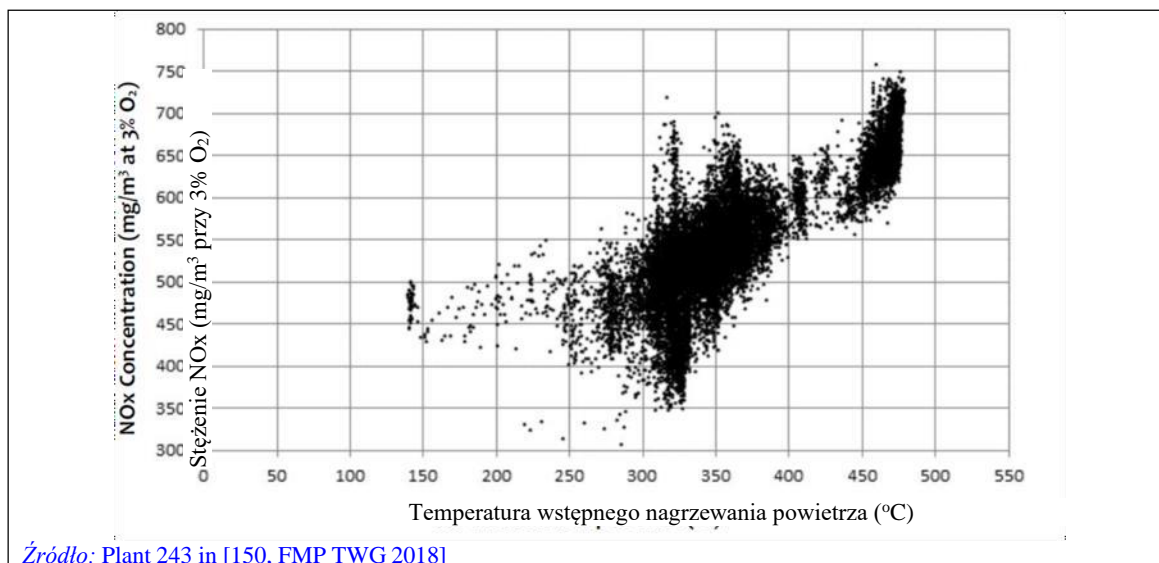
Rysunek 8.39: Przykład stosunku emisji NOx ai temperatury wstępnego nagrzewania powietrza dla pieca pokrocznego opalanego gazem ziemnym

Rys. 8.40 przedstawia średnie godzinowe wartości emisji NOx z pomiaru ciągłego pieca przepychowego dogrzewania (piec nr 2, SSAB Oxelösund – walcownia gorąca (odniesienie do zespołu urządzeń/punktu emisji 243 HR-2 w zbiorze danych). Jako paliwo podstawowe jest stosowany gaz koksowniczy (ponad 95% energii wejściowej) i ciężki olej opałowy (HFO) jako paliwo uzupełniające. W latach sprawozdawczych 2015 i 2016, zaraportowane minimalne dzienne wartości średnie w zespole urządzeń wynosiły 309 – 388 mg/Nm<sup>3</sup> (COG 69 – 77 %), a maksymalne dzienne wartości średnie 591 – 721 mg/Nm<sup>3</sup> przy poziomie O<sub>2</sub> 3% (COG 92 – 100%).



Rysunek 8.40: przykład stosunku emisji NOxi temperatury wstępnego nagrzewania powietrza dla pieca dogrzewania zasilanego głównie COG

Rys. 8.41 przedstawia stężenia emisji NO<sub>x</sub> uzyskane z pomiarów ciągłych pieca do obróbki cieplnej płytek. Piec jest w 100% zasilany gazem koksowniczym.



Rysunek 8.41: przykład stosunku emisji NO<sub>x</sub> temperatury wstępnego nagrzewania powietrza dla pieca dogrzewania zasilanego COG

#### **Efekty krzyżowe**

Zmniejszona efektywność energetyczna.

#### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Może nie mieć zastosowania w przypadku pieców wyposażonych w palniki promienników rurowych.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Przepisy ochrony środowiska.

#### **Przykładowe zakłady**

[94 HR4] [242 HR linia 1 i 2] [197 CR linia 1, 2, 3 i 4] [08 CR linia 4 i 5] [243 HR2]

#### **Bibliografia**

Brak informacji.

#### **Spalanie bezpłomieniowe**

Zob. sekcja 2.4.2.6.

#### **Spalanie w tlenie**

Zob. sekcja 2.4.2.5.

### **8.8.2.12    Selektywna redukcja katalityczna (SCR)**

#### **Dodatkowe informacje dotyczące techniki**

Zob. sekcja 8.8.1.4.

### **8.8.2.13    Selektywna redukcja niekatalityczna (SNCR)**

#### **Dodatkowe informacje dotyczące techniki**

Zob. sekcja 8.8.1.5.

## **8.8.3 Emisje do powietrza z odtłuszczenia**

### **8.8.3.1    Zamknięte zbiorniki odtłuszczające w połączeniu z odciąganiem powietrza w przypadku odtłuszczenia ciągłego**

#### **Opis**

W przypadku walcowania na zimno i cynkowania ogniowego blach w arkuszach (odtłuszczanie ciągłe), odtłuszczanie przebiega w zamkniętych zbiornikach odtłuszczających, a powietrze jest odciągane. Emisje są oczyszczane na mokro i/lub przy użyciu demistera.

#### **Opis techniczny**

W przypadku walcowania na zimno i cynkowania ogniowego blach w arkuszach, odtłuszczanie przebiega w zamkniętych zbiornikach z odciąganiem oparów.

Odciągane powietrze jest następnie oczyszczane metodą oczyszczania na mokro lub za pomocą demistera. W tym ostatnim przypadku, separacja oparta jest o moment bezwładności masy. Cząstki (stałe i cieczy) posiadające pewną masę i prędkość poruszają się w określonym kierunku. Kiedy spotykają się z przeszkodą, wypadają ze strumienia niosącego je gazu na skutek bezwładności. Przeszkody to zwykle proste ścianki, przegrody (np. siatki druciane), labirynty itp. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999]

W celu zapoznania się z opisem technik demistera i oczyszczania na mokro, zob. sekcje, odpowiednio, 8.8.1.1 i 8.8.1.7.

#### **Korzyści dla środowiska**

- Zmniejszenie emisji nieorganizowanych.
- Zmniejszenie emisji oparów z odtłuszczenia.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Do produkcji rzędu 66 t/h niezbędne jest łącznie 5 m<sup>3</sup>/h recykulowanej wody (ewaporatu). [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999]

#### **Efekty krzyżowe**

- Płuczka: zużycie wody (parowanie) i powstawanie osadów w oczyszczalni ścieków. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999]
- Demister: w zależności od stosowanej techniki czyszczenia, oczyszczanie rozpylanej wody lub rozpuszczalników. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999]

#### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz ujmując, nie istnieją żadne ograniczenia techniczne dla możliwości zastosowania tej techniki.



## Aspekty ekonomiczne

Brak informacji.

## Cel wdrożenia

Przepisy ochrony środowiska.

## Przykładowe zakłady

- Cynkowanie ogniowe (odtłuszczenie alkaliczne): [195 HDC] [40 HDC] [179 HDC] [193 HDC] [194 HDC] [08 HDC2]
- Odtłuszczenie przed wyżarzaniem beznilotowym w procesie walcowania na zimno: [88 CR] [246 CR1] [144 CR]
- Odtłuszczenie przed wyżarzaniem ciągłym w procesie walcowania na zimno: [94 CR] [98 CR] [179 CR] [244 CR]

## Bibliografia

[23, Continuous Coating Shadow Group, 1999] [184, EUROFER 2018]

### 8.8.3.2 Emisje do powietrza z odtłuszczenia w procesie cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego)

#### Opis

W procesie cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego), odtłuszczenie jest prowadzone za pomocą roztworów alkalicznych lub kwasowych wodnych w temperaturze otoczenia lub lekko podwyższonej. W takich warunkach możliwe jest odciąganie w celu usunięcia pary wodnej z obszaru roboczego, ale ograniczenie emisji nie jest konieczne.

#### Opis techniczny

Istnieją dwie główne metody odtłuszczenia w procesie cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego):

- Odtłuszczenie alkaliczne: stężenie, temperatura kąpieli i czas zanurzania materiałów określa skuteczność kąpieli odtłuszczających. Standardowy przedział temperatur dla kąpieli odtłuszczających podgrzewanych pośrednio wynosi 30–70 °C. Kąpiel składa się z roztworu wodorotlenku sodu (1–10 %) i innych reagentów alkalicznych, takich jak soda, krzemian sodu, skroplone fosforany alkaliczne i boraks, a także określone środki powierzchniowo czynne, środki emulgujące i dyspergujące.
- Odtłuszczenie kwasowe: Kąpiele odtłuszczające składają się z rozcieńczonych silnych kwasów nieorganicznych, takich jak kwas chlorowodorowy i/lub kwas fosforowy z dodatkami. Ogólnie, odtłuszczenie jest przeprowadzane w temperaturze otoczenia. Emisje z kąpieli odtłuszczających w procesie cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego) są bardzo niskie, biorąc pod uwagę fakt stosowania roztworów wodnych o względnie niskich temperaturach działania. W takich warunkach możliwe jest odciąganie w celu usunięcia pary wodnej z obszaru roboczego, ale ograniczenie emisji nie jest konieczne.

#### Korzyści dla środowiska

Kontrola pary wodnej w obszarze roboczym w pobliżu zbiorników odtłuszczających.

#### Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

W procesie zbierania danych dotyczących FMP, większość zespołów urzędów wykorzystuje odtłuszczenie alkaliczne, ale ograniczona liczba zespołów urzędów stosuje także odtłuszczenie kwasowe. W przypadku odtłuszczenia kwasowego, zareportowane temperatury były niskie (np. temperatura otoczenia do ok. 35°C). W przypadku odtłuszczenia zasadowego, temperatura kąpieli odtłuszczających wynosiła od 25°C do 65°C, ale większość zespołów urzędów działała w temp. poniżej 50°C. Dla żadnego zespołu urzędów w procesie zbierania danych dotyczących nie



zgłoszono redukcji i odciążu w zakresie kontrolowania emisji, za wyjątkiem zespołów urządzeń wyposażonych w systemy wstępnego oczyszczania z wytrawianiem i odtłuszczaniem. [150, FMP TWG 2018]

#### Wyniki pomiarów emisji w zespołach urządzeń cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego) [235, EGGA 2020]:

Na etapie wymiany informacji zgłoszono wyniki pomiarów emisji (emisje NaOH) dla 3 zespołów urządzeń cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego) wykorzystujących otwarte zbiorniki odtłuszczające z systemem odciążu do usuwania pary wodnej z obszaru roboczego. W niektórych przypadkach było konieczne dodanie punktu poboru prób w celu przeprowadzania pomiarów, ponieważ emisje te nie są standardowo monitorowane.

- Zakład 283 (Coatinc Alblasserdam B.V.): Odtłuszczanie alkaliczne w 50°C, stężenia emisji NaOH od 0,4 do 0,7 mg/Nm<sup>3</sup>, a odpowiednie przepływy masowe od 0,004 do 0,006 kg/h.
- Plant 285 (Coatinc Mook B.V): Odtłuszczanie alkaliczne w 50°C, stężenia emisji NaOH od 0,96 do 1,65 mg/Nm<sup>3</sup> a odpowiednie przepływy masowe od 0,035 do 0,056 kg/h.
- Zakład 71 (Galvanizadora Valenciana S.L.S.): Odtłuszczanie alkaliczne/kwasowe w 60°C, stężenia emisji 0,17 do 0,46 mg/Nm<sup>3</sup> a odpowiednie przepływy masowe od 0,008 do 0,026 kg/h.

#### Wyniki programów monitorowania narażenia pracowników w zakładach cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego) [235, EGGA 2020]:

Podczas wymiany informacji zaraportowano wyniki stacjonarnych pomiarów powietrza na stanowiskach pracy (dla NaOH i fosforu) dla kilku zakładów cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego) wykorzystujących otwarte kąpiele odtłuszczające.

- Zakład 20 (Galvpower Group Houthalen): odtłuszczanie alkaliczne w 52,5°C z zastosowaniem roztworów NaOH w 8,3 g/L, stężenia NaOH poniżej 0,087 mg /Nm<sup>3</sup> na wszystkich testowanych stanowiskach pracy (np. w pobliżu zbiorników odtłuszczających).
- Krajowy program monitorowania narażenia na stanowiskach pracy w Niemczech (2018): Ekstensywne badanie przeprowadzane w kilku zakładach cynkowania, obejmujące kontrolę narażenia pracowników na NaOH i fosfor w pobliżu alkalicznych i kwasowych kąpielii odtłuszczających. Pobrano próby stacjonarne i personalne. Podczas kampanii pobierania prób, pomierzone stężenia w powietrzu na stanowiskach pracy miały wartość poniżej granicy wykrywalności zarówno dla NaOH, jak i fosforu. Dla NaOH wykonano 11 pomiarów personalnych w 11 zakładach cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego), a wszystkie próbki miały wartości poniżej granicy wykrywalności (0,04 mg / Nm<sup>3</sup>). Ogólnie przeprowadzono również 9 pomiarów stacjonarnych, a wszystkie próbki miały wartości poniżej granicy wykrywalności. W przypadku fosforu wykonano 9 pomiarów personalnych i 8 statycznych w 8 zakładach cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego), a wszystkie próbki miały wartości poniżej granicy wykrywalności (0,01 mg / Nm<sup>3</sup>).

#### **Efekty krzyżowe**

Brak zgłoszonych.

#### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz ujmując, nie istnieją żadne ograniczenia techniczne dla możliwości zastosowania tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Narażenie na stanowisku pracy.

#### **Przykładowe zakłady**

Zakłady 283, 285 i 71.

## Bibliografia

[150, FMP TWG 2018] [235, EGGA 2020]

### 8.8.4 Emisje do powietrza pochodzące z procesu wytrawiania w trakcie walcowania na gorąco, walcowania na zimno, cynkowania ogniowego i ciągnięcia drutu

#### 8.8.4.1 Wytrawianie zanurzeniowe w zbiornikach wyposażonych w pokrywy lub osłony w połączeniu z odciąganiem oparów

##### Opis

Wytrawianie zanurzeniowe przeprowadza się w zbiornikach wyposażonych w pokrywy lub osłony, które można otworzyć, aby umożliwić załadunek zwojów walcówki. Opary ze zbiorników do wytrawiania są usuwane.

Wychwycone emisje są następnie odciągane i oczyszczane metodą oczyszczania na mokro, a następnie demistera (zob. sekcja 8.8.4.3).

##### Opis techniczny

Emisje do powietrza z linii wytrawiania kwasami o wysokich stężeniach i w wysokich temperaturach są niebezpieczne dla zdrowia operatorów i mogą spowodować korozję pobliskich instalacji i sprzętu, takich jak budynki i dźwigi. Emisje są wychwytywane, gromadzone i oczyszczane w celu ochrony środowiska i zmniejszenia narażenia pracowników. Wytrawianie walcówki w sytuacji usuwania tlenków z procesu walcowania na gorąco za pomocą kwasów o wysokich stężeniach i temperaturach technologicznych (np. > 60 °C) będzie prowadzić do powstania emisji kwasów o wysokich stężeniach wymagających wychwytywania i oczyszczania. [184, EUROFER 2018]

W celu zminimalizowania emisji kwasów, wytrawianie zanurzeniowe odbywa się w zbiornikach wyposażonych w pokrywy lub osłony pozwalające na wychwytywanie emisji. Opary ze zbiorników zanurzeniowych są odciągane i oczyszczane metodą oczyszczania na mokro, a następnie demistera.

##### Korzyści dla środowiska

Redukcja emisji pyłów, kwasów (HCl, HF, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) i SO<sub>2</sub>.

##### Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

###### Wytrawianie HCl

Zakład 97 HR zgłosił stężenia emisji HCl od 0,14 mg/Nm<sup>3</sup> do 6,8 mg/Nm<sup>3</sup> o średniej wartości 2,3 mg/Nm<sup>3</sup>, w 3-letnim okresie monitorowania w ramach procesu zbierania danych dotyczących FMP. W tym zakładzie temperatura kąpeli kwasowej wynosiła 85°C, a średnia prędkość przepływu powietrza odlotowego 15 770 Nm<sup>3</sup>/h. [150, FMP TWG 2018]

###### Wytrawianie HF/HNO<sub>3</sub>

Tabela 8.11 podsumowuje emisje HF z zakładów wytrawiania zanurzeniowego ujętych w procesie zbierania danych dotyczących FMP. Dla tych zakładów, temperatura kąpeli kwasowej wynosiła od 25°C do 60°, a prędkość przepływu odciagu oparów od 12 089 Nm<sup>3</sup>/h do 44 351 Nm<sup>3</sup>/h.

Tabela 8.11: Stężenia emisji HF z wytrawiania

Substancja	Stężenia zgłoszone w 3-letnim okresie monitorowania (mg/Nm <sup>3</sup> )					Liczba zakładów/liczba pomiarów
	Średnia	Mediana	90. percentyl	Min.	Maks.	
HF	0,26	0,12	0,72	0,04	0,9	4 / 24

					3	
Źródło: [150, FMP TWG 2018]						

### **Efekty krzyżowe**

Brak.

### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz ujmując, nie istnieją żadne ograniczenia techniczne dla możliwości zastosowania tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Przepisy ochrony środowiska.

### **Przykładowe zakłady**

Wytrawianie HCl: [97 HR]

Wytrawianie HF/HNO<sub>3</sub>: [19 HR1] [175 HR1] [177 HR1, 2 i 3] [266 HR1 i 2]

### **Bibliografia**

[184, EUROFER 2018][69, Stone, 1997]

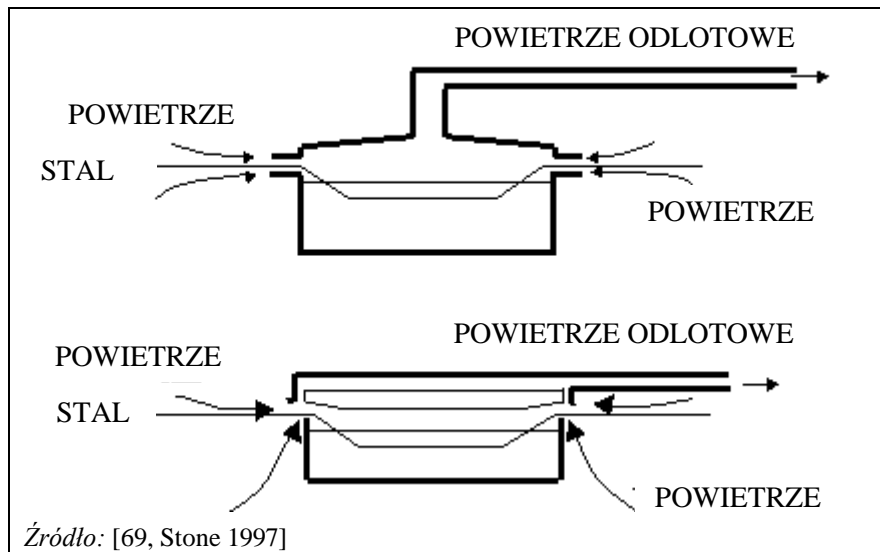
## **8.8.4.2 Wytrawianie ciągle w zamkniętych zbiornikach w połączeniu z odciąganiem oparów**

### **Opis**

Wytrawianie ciągle przeprowadza się w zamkniętych zbiornikach z ograniczonymi otworami wejściowymi i wyjściowymi na taśmę stalową lub drut. Opary ze zbiorników do wytrawiania są usuwane. Są one oczyszczane metodą oczyszczania na mokro, a następnie demistera.

### **Opis techniczny**

W procesie wytrawiania ciągłego taśm stalowych lub drutu są stosowane całkowicie zamknięte/szczelne zbiorniki. Materiał jest wprowadzany do zbiornika do wytrawiania przez małe otwory. Jest to najskuteczniejszy sposób wychwytywania emisji z wytrawiania w kompletnie zamkniętych/szczelnych zbiornikach, co przedstawiono na Rys. 8.42. Materiał jest wprowadzany do zbiornika do wytrawiania przez małe otwory. Cała sekcja procesu, w tym sekcja płukania, jest utrzymywana pod niskim podciśnieniem w celu uniknięcia ucieczki oparów. Zebrane emisje/opary są oczyszczane systemami płuczki mokrej, a następnie demistera (zob. sekcja 8.8.1.1). [184, EUROFER 2018]



Rysunek 8.42: Zasady projektowania zamkniętych zbiorników do wytrawiania

### Korzyści dla środowiska

Redukcja emisji pyłów, kwasów (HCl, HF, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) i SO<sub>2</sub>.

### Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

#### Wytrawianie HCl

Tabela 8.12 podsumowuje emisje HCl z zakładów wytrawiania ciągłego z zamkniętymi zbiornikami do wytrawiania ujętych w procesie zbierania danych dotyczących FMP. Dla tych zakładów, temperatura kąpeli kwasowej wynosiła od 70°C do 87°C, a prędkość przepływu powietrza odlotowego od 7 658 Nm<sup>3</sup>/h do 42 909 Nm<sup>3</sup>/h.

Tabela 8.12: Stężenie emisji HCl z wytrawiania ciągłego

Substancja	Stężenia zgłoszone w 3-letnim okresie monitorowania (mg/Nm <sup>3</sup> )					Liczba zakładów/liczba pomiarów
	Średnia	Mediana	90. percentyl	Min.	Maks.	
HCl	3,3	1,3	6,2	0,3	27,8	5 / 37

Źródło: [150, FMP TWG 2018]

### Wytrawianie HF/HNO<sub>3</sub>

Zakład 88 HR1 zgłosił stężenia emisji HF od 0,06 mg/Nm<sup>3</sup> do 3.12 mg/Nm<sup>3</sup> o średniej wartości 1 mg/Nm<sup>3</sup> w 3-letnim okresie monitorowania w ramach procesu zbierania danych dotyczących FMP. W tym zakładzie temperatura kąpieli kwasowej wynosiła 55°C, a średnia prędkość przepływu powietrza odlotowego 2 191 Nm<sup>3</sup>/h. [150, FMP TWG 2018]

### **Efekty krzyżowe**

Brak.

### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz ujmując, nie istnieją żadne ograniczenia techniczne dla możliwości zastosowania tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Przepisy ochrony środowiska.

### **Przykładowe zakłady**

Wytrawianie HCl: [159 CR1] [269 HR1] [130 CR1] [249 CR2 i 4] [209 CR1]

Wytrawianie HF/HNO<sub>3</sub>: [88 HR1]

### **Bibliografia**

[184, EUROFER 2018] [150, FMP TWG 2018]

## **8.8.4.3 Oczyszczanie na mokro, a następnie demister**

### **Opis**

Zob. sekcje 8.8.1.7 i 8.8.1.1.

### **Opis techniczny**

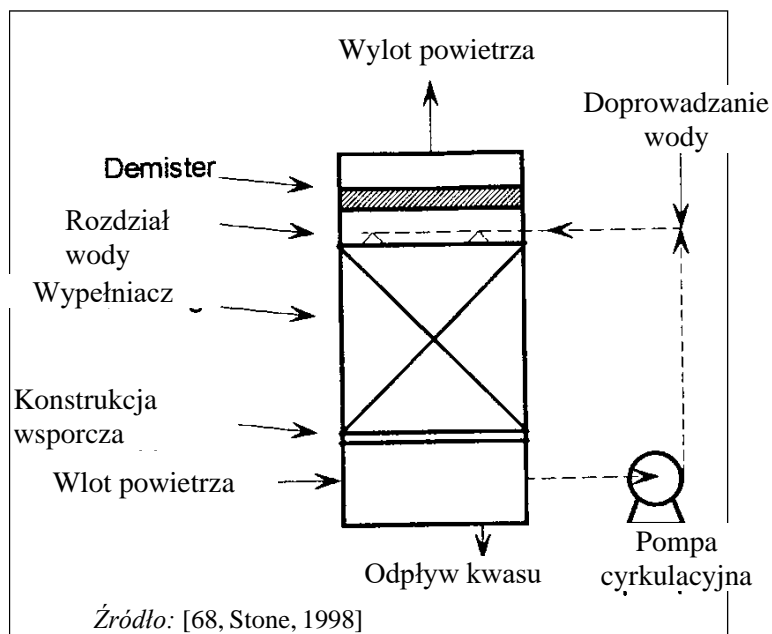
Do usuwania kwasów, aerozoli i pary znajdujących się w powietrzu wyciąganym z wytrawialni stosowane są systemy oczyszczania na mokro. Zasadą działania oczyszczania na mokro jest absorpcja gazu lub cieczy w trakcie bezpośredniego kontaktu z medium płuczającym. W płuczkach mogą być stosowane jako absorbenty (medium płuczające) roztwory wodne lub inne. Wybór odpowiednich reagentów zależy od właściwości zanieczyszczenia, które ma być usunięte ze strumienia gazu.

Woda nadaje się do usuwania kwaśnych gazów rozpuszczalnych w wodzie takich, jak chlorowodór i fluorowodór, a także do absorpcji amoniaku. Roztwory alkaliczne są stosowane do adsorpcji gazów kwaśnych o mniejszej rozpuszczalności takich, jak dwutlenek siarki, siarkowodór i chlor. [68, Stone, 1998]

Aby zachodziła wymiana masowa, adsorber gazu musi dysponować odpowiednio dużą powierzchnią wymiany ciecz/gaz. Jest to zwykle osiągnięte przez stosowanie wypełniaczy, które pokrywa ciecz lub przez rozpylanie cieczy w formie kropelek lub pęcherzyków. Rozwiązanie konstrukcyjne absorbera musi uwzględniać możliwość odświeżania płynu pochłaniającego tak, aby była utrzymana duża dynamika wymiany masowej. Absorpcja gazu jest procesem, dla którego parametrami krytycznymi są stopień stężenia (siła napędowa reakcji) i płaszczyzna wymiany fazy cieczy i gazu. Wielkość płaszczyzny wymiany zależy od rodzaju zastosowanego wypełniacza lub od wielkości kropelek. Natężenie przepływu gazu i cieczy i spadek ciśnienia w absorberze mają wpływ na siłę napędową reakcji, sprawność i w niektórych przypadkach na wielkość powierzchni wymiany (tworzenie kropelek). W poniższych sekcjach opisano zasady stosowania systemów oczyszczania na mokro do oczyszczania gazów odlotowych z wytrawiania

kwasami.

**Płuczki z wypełniaczem** (Rys. 8.43) składają się z zewnętrznej obudowy wspartej na konstrukcji nośnej i zawierającej warstwę materiału wypełniającego, rozdzielaczy cieczy, wlotów i wylotów gazu i cieczy oraz eliminatora mgły.



Rysunek 8.43: Zasada działania płuczek z wypełniaczem

Woda jest zwykle doprowadzana ponad warstwę wypełniacza - złoża i spływa grawitacyjnie w dół zwilżając wypełniacz, natomiast zanieczyszczony gaz jest doprowadzany poniżej wypełniacza i jest wymywany w trakcie przepływu w górę przez spływającą wodę. Przy tym rozwiązaniu, wykorzystującym zasadę przepływu w przeciwnym kierunku, najbardziej zanieczyszczony gaz wchodzi w kontakt z najbardziej zanieczyszczoną wodą znajdującą się w dolnej części płuczki, a najczystszy czysty gaz styka się z najczystsza wodą w górnej części płuczki. Możliwe są również inne rozwiązania, w których ciecz i gaz płyną w jednym kierunku, bądź kierunki ich przepływu są prostopadłe. [68, Stone, 1998]

Aby zapewniony był równomierny rozptył wody i dobry kontakt pomiędzy oczyszczanym powietrzem i wodą, woda jest rozprowadzana równomiernie ponad złożem przez rury rozdzielające, wyposażone w dysze rozpryskujące. Dodatkowo, w celu zapewnienia swobodnego przepływu oczyszczanego powietrza przez całe złożo, warstwa wypełniacza ułożona jest na odpowiednio ukształtowanej konstrukcji wsporczej. Konstrukcja wsporcza musi zapewniać swobodny przepływ powietrza i gazu, nie powodując przy tym zbyt dużego spadku ciśnienia i być jednocześnie dostatecznie wytrzymała, aby utrzymać wypełniacz, nawet gdy zostanie on zanieczyszczony i płukany jest wodą. [68, Stone, 1998]

Wadą płuczek z wypełniaczem jest to, że aby mogły pracować prawidłowo dla zwilżania złoża wymagane jest dość duże natężenie przepływu wody - około 200 gpm (gallon per minute - galon na minutę) przy przepływie powietrza 20000 cfm (cubic feet per minute - stopa sześcienna na minutę) (co odpowiada przepływowi 1,34 l/m<sup>3</sup>). Z tego względu, w większość płuczek z wypełniaczem nie używa się świeżej wody, wyposaża się je natomiast w pompy recyrkulacyjne przepompowujące wodę z dolnej części płuczki ponad złożo. Jednakże i w tym wypadku niezbędne jest ciągle dodawanie pewnej ilości świeżej wody w celu usunięcia kwasu powstającego w wyniku wymywania z oczyszczanego powietrza.

Stosowanie tej technologii ma następujące wady: [68, Stone, 1998]

- Pompa wymaga konserwacji;
- Woda doprowadzana ponad złoża zanieczyszczana, nie osiąga się więc korzyści z obiegu przeciwpływowego;
- Każde zanieczyszczenie znajdujące się w wodzie jest przepompowywane do złoża, gdzie może się osadzać, zatykając złoża lub rozdzielacz wody. [68, Stone, 1998].

W porównaniu do płuczek płytowych, płuczki z wypełniaczem umożliwiają przetwarzanie dużych objętości z zadowalającą prędkością. [184, EUROFER 2018]

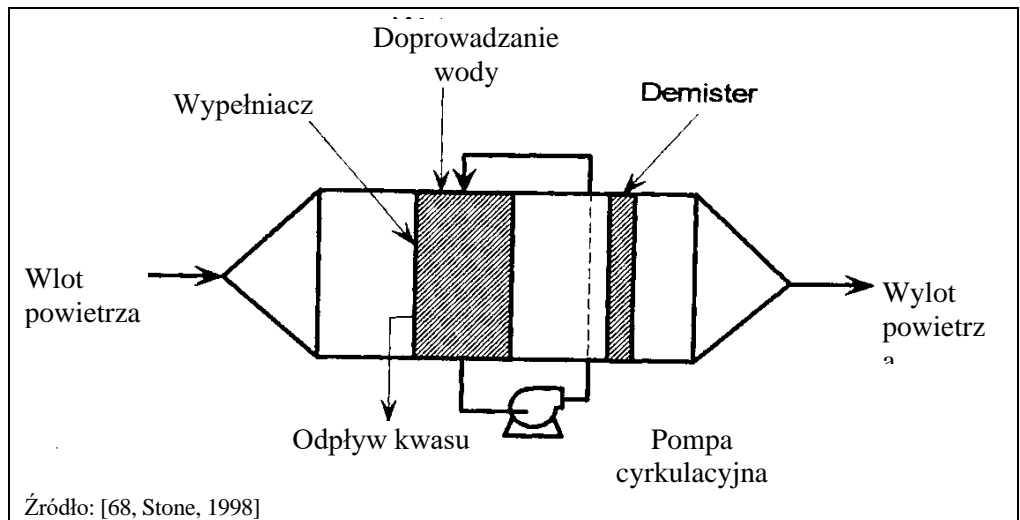
Większa efektywność wypłukiwania zanieczyszczeń w płuczках z wypełniaczem może być osiągnięta poprzez pogłębienie złoża. [68, Stone, 1998]

Do zalet płuczek z wypełniaczem należą:

- prosta konstrukcja;
- zdolność do pracy przy szerokim zakresie natężenia przepływu gazu. [184, EUROFER 2018]

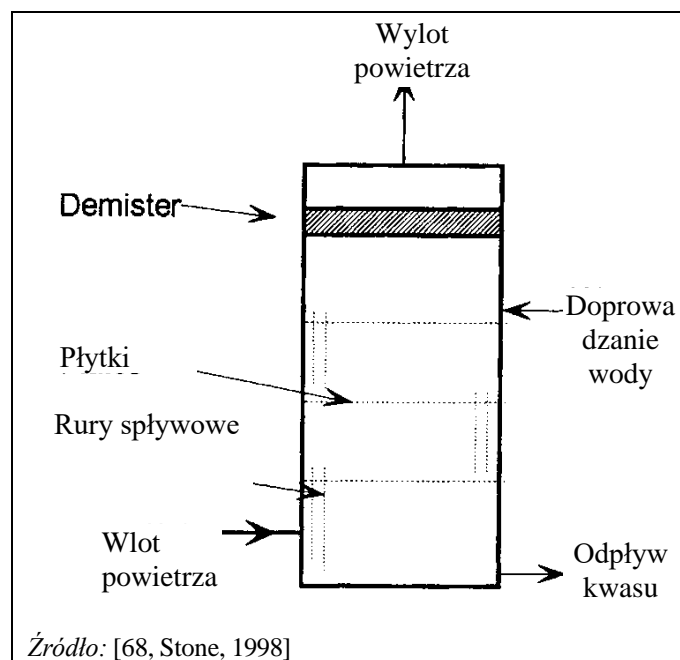
Jednakże, praca płuczki z wypełniaczem z najwyższą wydajnością wymaga intensywnych działań konserwacyjnych w celu utrzymania nieprzerwanego działania pompy recyrkulacyjnej, zapewniania ciągłego i równomiernego rozdziału wody doprowadzanej ponad złoża i utrzymywania złoża w czystości. Tradycyjna płuczka z wypełniaczem to pionowa kolumna, w której powietrze przepływa z dołu do góry, a woda z góry na dół. Odmianą tego rozwiązania jest **płuczka o przepływie prostopadłym** (Rys. 8.44). płuczce o przepływie prostopadłym oczyszczane powietrze przepływa poziomo poprzez złoża, podczas gdy ciecz płuczająca płynie prostopadle do kierunku przepływu powietrza. Podstawowa konstrukcja jest taka sama jak w przypadku płuczek z wypełniaczem, a w celu utrzymywania złoża w stanie mokrym także potrzebna jest pompa cyrkulacyjna.. [68, Stone, 1998]

Zaletą płuczek o przepływie prostopadłym jest to, że mogą być instalowane w niższych halach, połączenia kanałowe są prostsze i tańsze w porównaniu z płuczками pionowymi. Jednakże płuczki o przepływie prostopadłym mają, w porównaniu z płuczками pracującymi przy przepływie w przeciwpądzie, nieco mniejszą efektywność usuwania rozpuszczonych gazów. Działanie zaawansowanych konstrukcji płuczek o przepływie prostopadłym jest podobne do wielostopniowego działania płuczek płytowych. W tych rozwiązaniach kilka złoża ustawione jest w szereg. Każde złoża ma oddzielne doprowadzenie wody lub obieg cyrkulacji wody, a wypełnienie złoża jest raczej zwarte niż luźne. Tego typu zaawansowane konstrukcje charakteryzują się dość dużymi spadkami ciśnienia i nie znajdują obecnie zastosowania w wytrawialni. Płuczki o przepływie prostopadłym z luźnym wypełnieniem złoża są powszechnie stosowane. [68, Stone, 1998]



Rysunek 8.44: Zasada działania płuczek o przepływie prostopadłym

**Płuczki płytowe** (Rys. 8.45) składają się z pionowej kolumny z szeregiem poziomych perforowanych płyt (płyty sitowe) ustawionych w niej. Deflektory wyprowadzone są niewiele ponad otwory w płytach. Ciecz wmywająca doprowadzana jest do kolumny od góry i sływa kolejno po każdej płycie. Zanieczyszczone powietrze wprowadzane jest od dołu i płynie do góry przechodząc przez otwory w płytach. Prędkość przepływu powietrza jest wystarczająca, aby zapobiec przesiąkaniu cieczy poprzez otwory. [68, Stone, 1998]



Rysunek 8.45: Zasady budowy płuczek płytowych

Efektywność absorpcji może być zwiększona przez dodanie płyt do płuczki (i zwiększenie wysokości kolumny) oraz poprzez zwiększenie natężenia przepływu cieczy. [68, Stone, 1998]



Ponieważ woda tworzy rodzaj basenu na każdej z półek, do wymiany substancji wystarcza nawet niewielki jej przepływ. Wielkość tego przepływu musi być stała, aby zapewniać uzupełnianie strat wynikających z odprowadzania nadmiaru wody powstającego w wyniku pochłaniania par i niewielkich strat powstających poprzez przesiąkanie przez otwory, co jest spowodowane napięciem powierzchniowym. W zasadzie w przypadku płuczek płytowych nie są potrzebne pompy recyrkulacyjne - płuczki te pracują przy rzeczywistym przepływie w przeciwnym kierunku. [68, Stone, 1998] [184, EUROFER 2018]

Płuczki płytowe mają prostą konstrukcję, bez części ruchomych, ale wymagają starannego montażu zapewniającego poziome ustawienie płyt i niezmienny przepływ powietrza. [68, Stone, 1998]. Mogą być natomiast podatne na zatykanie się i zakamienianie, a także nie nadają się dla cieczy pieniających się. [68, Stone, 1998]

Zaletami płuczek płytowych są niewielkie wymagania eksploatacyjne oraz powstawanie w wyniku małego przepływu wody kwasu o stosunkowo wysokim stężeniu, który może być zwracany do wanny trawialniczej. Jednakże płuczki płytowe wymagają starannego montażu (poziomowanie płyt) oraz mają ograniczony zakres natężenia przepływu powietrza. [68, Stone 1998]

Jedynym wymaganiem, które musi być spełnione, aby płuczki płytowe pracowały zgodnie z wydajnością obliczeniową, jest właściwe natężenie dopływu wody do najwyższej półki i natężenie przepływu powietrza zgodne z zakresem określonym w projekcie. Notowane zużycie wody mieści się w granicach od  $0,06 \text{ l/m}^3$  do  $0,13 \text{ l/m}^3$ . [68, Stone, 1998]

Zasadniczym elementem płuczek - jak pokazano to powyżej - jest demister (odkraplacz, separator kropli, eliminator mgły). Urządzenie to sprawia, że opuszczające płuczkę powietrze jest wolne - na tyle na ile to możliwe - od kropelek wody. [68, Stone, 1998]

Zasada działania wszystkich demisterów jest taka sama. Bezwładność kropelek cieczy umożliwia ich oddzielenie od nośnego strumienia gazu, kierując kierunkiem przepływu wtłoczonego powietrza w kanale bądź w labiryncie, z kilkukrotną zmianą kierunku. Wymuszone zderzenia kropelek wody z twardą powierzchnią powodują powstawanie większych kropli, które stają się zbyt ciężkie, aby powietrze mogło je unieść. [68, Stone, 1998] [184, EUROFER 2018]

Istnieją dwa podstawowe typy demisterów: z *tkanymi siatkami* oraz z *przegrodami szewronowymi*.

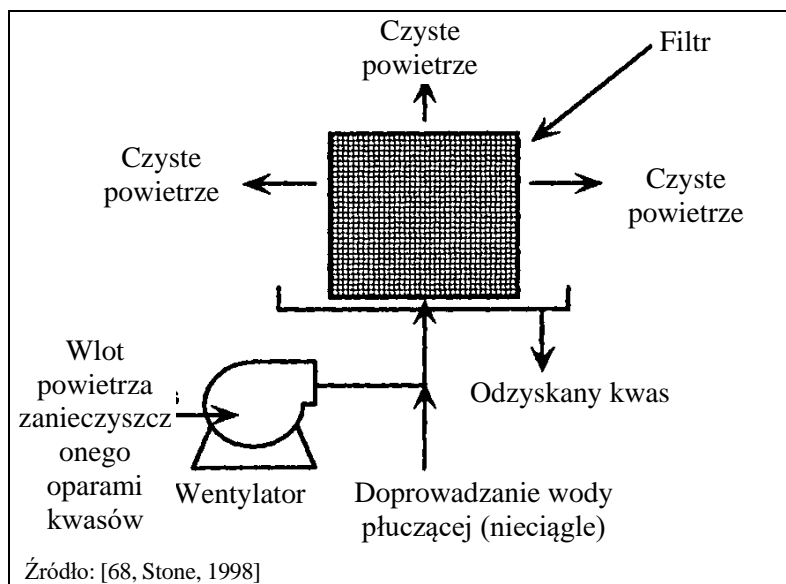
Demistery z tkanymi siatkami są łatwe do instalowania i eksploatacji, wychwytyją kropelki wody przez ich aglomerację na cienkich włóknach plastikowych. Ich wadą jest również to, że wychwytyją zarówno wodę, jak i pyły, a cienkie plastikowe włókna tracą z czasem swoje właściwości. Gromadzące się pyły i cząsteczki zniszczonych włókien z czasem (3 - 5 lat) zatykają demister, który musi zostać wymieniony. [68, Stone, 1998]

Demister z przegrodami szewronowymi składa się z tacy wypełnionej ustawionymi równolegle, wygiętymi w kształcie litery S, łopatkami, pomiędzy którymi przepływa powietrze - woda jest usuwana w wyniku zderzania się kropelek wody z powierzchnią łopatek. Ten typ demisterów jest niepodatny na zatykanie i ma prawie nieograniczony czas eksploatacji. [68, Stone, 1998]

W obydwu typach demisterów usuwane jest ponad 99,99 % kropelek wynoszonych przez powietrze z mokrych płuczek. [68, Stone, 1998]

W **filtrze oparów** (Rys. 8.46), powietrze przepływa z niewielką prędkością poprzez przegrodę, którą stanowi zwarta tkanina. W trakcie tego przepływu kropelki zderzają się z włóknami

aglomerują się i stają się dostatecznie duże, aby grawitacyjnie opadać. Ponieważ ten typ filtra wychwytuje także pyły z powietrza, wymaga on czyszczenia poprzez mycie w regularnych odstępach czasu. Jednakże, podczas gdy płuczki z wypełniaczem oraz płuczki płytowe zużywają w sposób ciągły kilka galonów wody na minutę (gpm), filtry zużywają tylko 30 - 50 galonów/dzień (co odpowiada zużyciu 114 -190 l/d) wody do płukania filtra i woda ta może być zawrócona do wanny trawialniczej (płuczka bezodpływowa). [68, Stone, 1998]



Rysunek 8.46: Zasada działania filtra oparów

#### Aspekty techniczne właściwe dla wytrawiania mieszaniną kwasów

Stal nierdzewna wytrawiana jest w mieszaninie kwasu azotowego i kwasu fluorowodorowego. Kwas azotowy jest cieczą o niskiej temperaturze wrzenia, zaś fluorek wodoru (HF) jest gazem, podobnie jak HCl; stąd wanny te emitują pary. Dodatkowo z kąpeli wydostają się kropelki powstające w wyniku pękania pęcherzyków tlenków azotu (NO<sub>x</sub>), jednak kropelki te nie są tak małe, jak kropelki kwasu siarkowego powstające przy wytrawianiu tali węglowych i stanowią mniejszy problem [68, Stone, 1998]

Opary kwasu azotowego i HF można łatwo usunąć w płuczce z wypełniaczem lub płuczce płytowej, stosując niewielki przepływ wody. [ESCO 2] Jednakże, jeśli pojawią się aerozole, dla ich usunięcia konieczne może się okazać wprowadzenie dodatkowo strefy intensywnego spryskiwania. [50, Rentz i wsp. 1998]

Gazowe NO<sub>x</sub> nie są łatwe do usunięcia, ponieważ są one trudno rozpuszczalne w wodzie (zob. sekcja 8.8.5 dotycząca usuwania NO<sub>x</sub>). [68, Stone, 1998]

W przypadku HF może pojawić się problem narastania w płuczkach kamienia spowodowany odkładaniem się nierozpuszczalnego fluorku wapnia. Powstaje on w wyniku reakcji twardej wody (zawierającej wapń) z kwasem fluorowodorowym i może powodować zatykanie wypełniacza, złoza, rur odpływowych, deflektorów i rur obiegu recyrkulacji. Najlepszym sposobem uniknięcia tego problemu jest instalowanie urządzeń do zmiękczenia wody, usuwających wapń z wody zasilającej płuczkę. [68, Stone, 1998]

#### **Korzyści dla środowiska**

Redukcja emisji pyłów, kwasów (HCl, HF, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) i SO<sub>2</sub>.

## Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

Tabela 8.13 podsumowuje emisje pyłu HCl, HF (zespoły urządzeń z mieszaniną kwasów) iSO<sub>x</sub> dla walcowni na zimno, na gorąco i zakładów powlekania cynkowego w procesie zbierania danych dotyczących FMP.

Tabela 8.13: Emisje pyłów, HCL, HF i SO<sub>x</sub> z wytrawialni wyposażonych w systemy usuwania gazów kwaśnych (płuczka mokra / demister)

Substancja	Stężenia zgłoszone w 3-letnim okresie monitorowania - (mg/Nm <sup>3</sup> )				Rodzaj procesu/zbiornika	Przykładowe zakłady
	Średnia	Mediana	Min.	Maks.		
Pył	2,4	1,9	0,6	7,0	Zanurzeniowe/ zbiorniki turbulencyjne i głębokie	[19 HR] [97 HR] [239 HR]
HCl	1,7	1,1	0,4	6,8	Zanurzeniowe/ zbiorniki turbulencyjne i głębokie	[19 HR] [97 HR]
HF	0,14	0,06	0,02	0,93	Zanurzeniowe/ zbiorniki płytkie i głębokie	[19 HR] [175 HR] [177 HR] [266 HR]
SO <sub>x</sub>	0,9	0,3	0,1	2,3	Zanurzeniowe/ zbiorniki głębokie	[175 HR]
Pył	2,6	2,1	0,5	6,4	Ciągłe/ zbiorniki turbulencyjne i głębokie	[90 HR] [41 HDC]
HCl	6,0	1,9	0,9	78,0	Ciągłe/ zbiorniki turbulencyjne i głębokie	[195 CR] [159 CR] [249 CR] [94 CR] [41 HDC]
HF	0,25	0,11	0,03	3,1	Ciągłe/ zbiorniki turbulencyjne i głębokie	[246 CR] [144 CR] 88 HR]
Pył	2,0	-	-	-	Wytrawianie i walcowanie/zbiorniki płytkie	[119 CR]
HCl	2,6	1,6	0,1	15,7	Wytrawianie i walcowanie/zbiorniki turbulencyjne, płytkie i głębokie	[194 CR] [102 CR] [130 CR] [122 CR]
Pył	4,5	3,5	0,7	18,0	Typu Push pull / zbiorniki płytkie i głębokie	[105 CR] [225 CR]
HCl	2,5	2,1	2,0	7,6	Typu Push pull / zbiorniki turbulencyjne, płytkie i głębokie	[225 CR] [115 CR]
HF	0,25	0,22	0,10	0,35	Typu Push pull / zbiorniki głębokie	[105 CR]

Źródło: [150, FMP TWG 2018]

Tabela 8.14 podsumowuje emisje HCl z zespołów urządzeń do ciągnięcia drutu (wytrawianie drutu) w ramach procesu zbierania danych dotyczących FMP.

Tabela 8.14: Emisje z zespołów urządzeń ciągnięcia drutu (tj. wytrawiania drutu z zastosowaniem HCl) wyposażonych w systemy usuwania gazu kwaśnego (płuczka mokra / demister)

Substancja	Stężenia zgłoszone w 3-letnim okresie monitorowania (mg/Nm <sup>3</sup> )					Liczba zakładów/liczba pomiarów
	Średnia	Mediana	90. percentyl	Min.	Maks.	
HCl	3,2	1,2	8,0	0,5	8,9	23 / 35

Źródło: [150, FMP TWG 2018]

### Efekty krzyżowe

- Wyższe zużycie energii.
- Powstawanie kwaśnych ścieków, które można ponownie wykorzystać w procesie, np. jako wodę do płukania w regeneracji HCl, lub też wymagających neutralizacji w drodze oczyszczania ścieków (powiązane ze zużyciem chemikaliów i powstawaniem osadów ściekowych), lub wymagających utylizacji na zewnątrz. [184, EUROFER 2018]

### Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania

Ogólnie rzecz ujmując, nie istnieją żadne ograniczenia techniczne dla możliwości zastosowania tej techniki.

### Aspekty ekonomiczne

Tabela 8.15: Szacunkowe koszty oczyszczania na mokro w przeciwpładzie w płuczkach z wypełniaczem

Oczyszczanie na mokro w przeciwpładzie w płuczkach z wypełniaczem		
Wydajność produkcji	900000	t/r
Zużycie energii (elektrycznej)	0,68	kWh/t
Wielkość przepływu	10,6	Nm <sup>3</sup> /s
Koszty inwestycyjne	625 000	euro
Koszty operacyjne	14 000	euro

Źródło: [15, CITEPA, 1994]

### Cel wdrożenia

- Zbieranie i oczyszczenie kwaśnych oparów ze zbiorników do wytrawiania. [184, EUROFER 2018]
- Zmniejszenie potencjalnego narażenia pracowników na kwaśne opary na stanowisku pracy. [184, EUROFER 2018]

### Przykładowe zakłady

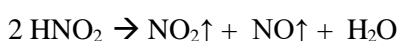
Zob., przykładowe zakłady przedstawione w Tabeli 8.13.

### Bibliografia

[65, EPA 1998] [184, EUROFER 2018][68, Stone, 1998]

## 8.8.5 Techniki zmniejszania ilości NO<sub>x</sub> w procesie wytrawiania mieszaniną kwasów

Podczas trawienia stali nierdzewnej w mieszaninie kwasów, kwas azotowy wchodzi w reakcję z metalem lub tlenkami metalu i ulega redukcji do kwasu azotawego (HNO<sub>2</sub>), który pozostaje w równowadze z tlenkami azotu.



W przypadku wytrawiania zanurzeniowego (np. przy wytrawianie ze stali nierdzewnych), trawienie prowadzone jest w temperaturze otoczenia. Wytrawianie zanurzeniowe odbywa się zwykle w otwartych wannach, w których niższa temperatura roztworu i dłuższy czas trawienia (np. 60 -90 minut) zmniejszają natężenie emisji oparów NOx.

Wytrawianie ciągle zwojów, arkuszy lub drutu, wymaga ono stosowania kwasu o wyższych temperaturach w celu uzyskania w krótkim czasie (tzn. zwykle 2- 4 minuty) efektywnego rezultatu wytrawiania.

Ponieważ w wyższej temperaturze zwiększa się emisja oparów NOx, stosuje się wanny zamknięte. Techniki stosowane do ograniczania i redukcji Nox zostały opisane w poniższych sekcjach:

### **8.8.5.1 Wytrawianie stali wysokostopowej bez użycia kwasu azotowego**

#### **Opis**

Wytrawianie stali wysokostopowej przeprowadza się przez całkowite zastąpienie kwasu azotowego silnym utleniaczem (np. nadtlenkiem wodoru).

#### **Opis techniczny**

Przy trawieniu stali wysokostopowej w mieszaninie kwasów, kwas azotowy działa w procesie trawienia metalu jako kwas i jako utleniacz. Teoretycznie zastąpienie jego działania jako kwasu przez inny kwas np. kwas siarkowy, a jako utleniacza przez nadtlenek wodoru doprowadzi do uzyskania roztworu trawiącego wolnego od kwasu azotowego.

Próby przeprowadzano w różnych hutach w Europie, w których ta technologia trawienia stosowana jest z powodzeniem do trawienia stali nierdzewnych. [147, Sanders, 1997]

Procesy te opierają się na utleniających właściwościach jonów żelaza; stężenie jonów żelaza w roztworze trawiącym jest utrzymywane na minimalnym poziomie 15 g/l. Osiągane jest to poprzez wprowadzanie czynnika utleniającego jony żelaza ( $Fe^{2+}$ ) powstające w procesie trawienia, do jonów żelaza ( $Fe^{3+}$ ).

Normalnie czynnikiem utleniającym jest nadtlenek wodoru, ponieważ nie wprowadza on do roztworu trawiącego dodatkowych jonów, a metoda dodawania jest w zasadzie taka sama, jak metoda stosowana przy technikach ograniczania NOx. Ten sposób postępowania może być stosowany we wszystkich typach wytrawiania tj. ciągłego i zanurzeniowego.. [147, Sanders, 1997]

Działanie mieszaniny HF/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na stal wysokostopową jest znacznie mniej agresywne niż mieszaniny HF/HNO<sub>3</sub> w wysokiej temperaturze (około 50 - 60 °C), ale sytuacja będzie odwrotna, gdy trawienie będzie prowadzone w temperaturze otoczenia około 20 - 25 °C. [147, Sanders, 1997]

Dla utrzymania efektywności trawienia dodawane są do kąpeli trawiącej dodatki takie jak: niedysocjujące (niejonowe) substancje powierzchniowo czynne i przyspieszacze korozji. Ponadto dodawane są stabilizatory wydłużające okres eksploatacji nadtlenku wodoru w kąpeli trawiącej. [147, Sanders, 1997]

#### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszenie NOx.

## **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Przeprowadzone badania pilotażowe wykazały, że proces trawienia bez kwasu azotowego wykazuje szereg zalet w porównaniu z konwencjonalnym procesem trawienia w mieszaninie kwas azotowy/ kwas fluorowodorowy. [147, Sanders, 1997]

Odnotowane zalety trawienia bez kwasu azotowego przy dodawaniu nadtlenu wodoru:

- W niektórych przypadkach krótszy czasy trawienia
- Zmniejszenie ilości szlamów (osadów)
- Dłuższy czas eksploatacji kąpielii trawiącej
- Znaczne zmniejszenie korozji międzykrystalicznej
- Mniej agresywne trawienie wyrażające się w działaniu na powierzchnię metalu i redukcji
- strat wagowych stali
- Redukcja emisji NO<sub>x</sub> i ilości odprowadzanych ścieków zawierających azotany (w rzeczywistości jest to zmniejszenie ogólnej objętości ścieków odprowadzanych na tonę produktu i wannę).
- Wszystkie odprowadzane ścieki mogą być poddawane działaniu wapna.
- Niekiedy zastosowanie procesu w istniejących trawialniach wymaga tylko niewielkich przeróbek oraz niewielkiej ilości dodatkowego wyposażenia poza dodatkowym prosty systemem sterowniczym.
- Zmniejszone są straty produktu wynikające z rozpuszczania metalu i istnieje potencjalna możliwość poprawy jakości produktu.

Stężenia emisji NO<sub>x</sub> zgłoszone przez wybrane zakłady w procesie zbierania danych dotyczących FMP przedstawiono poniżej:

- Zakład [175 HR1]: Zespół urządzeń do wytrawiania zanurzeniowego ze zbiornikami głębokimi do produkcji stali nierdzewnej z mieszaniną kwasów – średnie emisje NO<sub>x</sub> w okresie 3-letnim 1,5 mg /Nm<sup>3</sup>. [150, FMP TWG 2018]
- Zakład [90 HR linie 3 i 4]: Zespół urządzeń do wytrawiania ciągłego ze zbiornikami turbulencyjnymi do produkcji stali nierdzewnej z mieszaniną kwasów – średnie emisje NO<sub>x</sub> w okresie 3-letnim 23,9 mg/Nm<sup>3</sup>. [150, FMP TWG 2018]

## **Efekty krzyżowe**

Nie zidentyfikowano.

## **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Technika ta ma zastosowanie wyłącznie do nowych zespołów urządzeń oraz w przypadku znaczącej modernizacji zespołu urządzeń.

## **Aspekty ekonomiczne**

Trawienie bez kwasu azotowego przy dodawaniu nadtlenu wodoru może być efektywnie prowadzone w niskich temperaturach, stąd oszczędność w kosztach ogrzewania w porównaniu z procesem konwencjonalnym, w którym używany jest kwas azotowy/ kwas fluorowodorowy i który w celu osiągnięcia efektywności musi być zwykle prowadzony w temperaturze około 60 °C.. [147, Sanders, 1997]

## **Cel wdrożenia**

Przepisy ochrony środowiska.

## **Przykładowe zakłady**

[175 HR1] [90 HR3] [90 HR4]

## Bibliografia

[147, Sanders, 1997] [26, Cold Rolling Shadow Group, 2000]

### 8.8.5.2 Dodanie nadtlenu wodoru lub mocznika do kwasu trawiącego

#### Opis

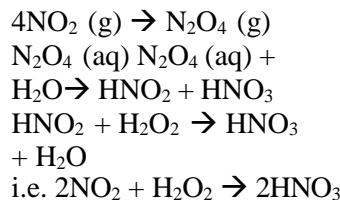
Nadtlenek wodoru lub mocznik są dodawane bezpośrednio do kwasu trawiącego w celu zmniejszenia emisji NO<sub>x</sub>.

#### Opis techniczny

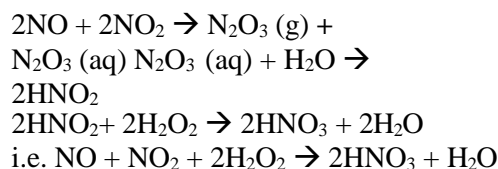
Nadtlenek wodoru lub mocznik jest dodawany bezpośrednio do kwasu trawiącego w celu zmniejszenia wytwarzania emisji NO<sub>x</sub> lub jest dodawany do roztworu do oczyszczania. Przy stosowaniu nadtlenu wodoru, powstały kwas azotowy można odzyskać do zbiorników do wytrawiania.

Reakcja pomiędzy nadtlentem wodoru (HNO<sub>2</sub>) i NO<sub>x</sub> zachodzi w roztworze wodnym, w którym NO<sub>x</sub> reaguje z wodą tworząc kwas azotawy (HNO<sub>2</sub>). HNO<sub>2</sub> jest związkami stosunkowo nietrwałymi i szybko ulega z powrotem rozkładowi na NO<sub>2</sub>, NO i H<sub>2</sub>O. NO<sub>x</sub> zostałyby ostatecznie usunięte z procesu. Jednak w obecności HNO<sub>2</sub>, HNO<sub>2</sub> natychmiast utlenia się do bardziej trwałego HNO<sub>3</sub>, co zapobiega powtórnemu tworzeniu się i emisji NO<sub>x</sub>. To zachowanie szczegółowo przedstawiają poniżej podane przebiegi reakcji chemicznych:

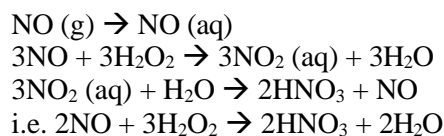
#### NO<sub>2</sub>



#### NO/NO<sub>2</sub>



#### NO



Kluczem do skutecznego wykorzystania nadtlenu wodoru w ograniczaniu NO<sub>x</sub> poprzez dodawanie do kąpieli trawiącej jest skuteczne mieszanie.

Gdy nadtlenek wodoru dodawany jest do roztworu trawiącego zawierającego zarówno tlenki azotu, jak i jony metalu, będzie on albo utleniał NO<sub>x</sub> zgodnie z podanymi powyżej reakcjami, bądź też sam ulegnie rozpadowi katalitycznemu w wyniku reakcji z jonami metalu.

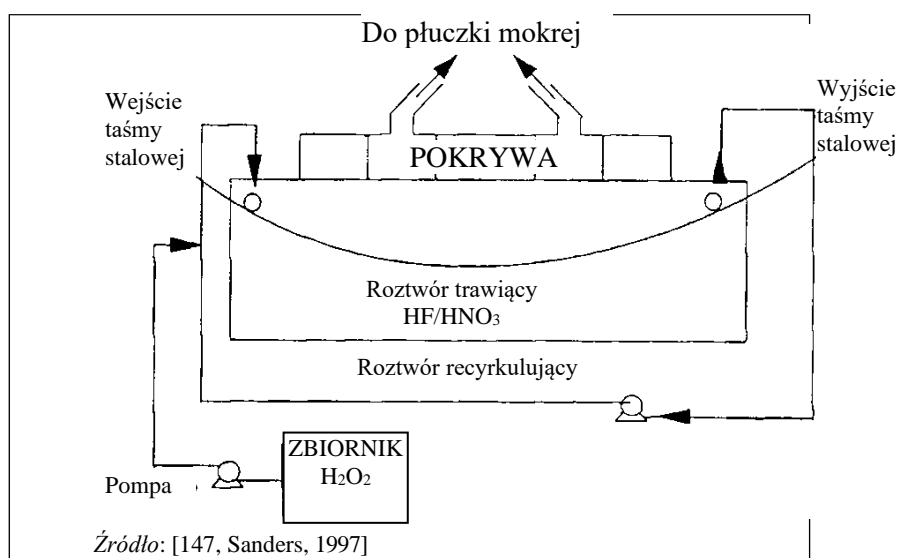
#### Ograniczanie NO<sub>x</sub> przez wtryskiwanie H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> do obiegu recyrkulacji

Z uwagi na różnice w składzie chemicznym, trawienie stali austenicznych jest z

reguły procesem endotermicznym, podczas gdy trawienie stali ferrytycznych jest procesem egzotermicznym. Z tego powodu instaluje się różne urządzenia regulujące temperaturę. Normalną praktyką, jeżeli roztwór jest recykulowany, jest zainstalowanie nagrzewnicy lub chłodnicy.

Jedną z metod efektywnego mieszania  $H_2O_2$  z roztworem trawiącym jest wtrysk nadtlenu wodoru do obiegu recykulacji roztworu trawiącego. Kąpiel jest przepompowywana przez obieg aż do dziesięciu razy w ciągu godziny. Nadtlenek wodoru (35 %) jest dodawany do obiegu w ilości 1 litr na minutę, w zależności od warunków prowadzenia procesu. Schemat tego działania przedstawiono na Rys. 8.47.

Przeprowadzone próby wykazały, że efektywność ograniczenia  $NO_x$  przy stosowaniu tej techniki dochodzi do 90 %..



Rysunek 8.47: Schemat wtryskiwania  $H_2O_2$  do obiegu recykulacji roztworu trawiącego

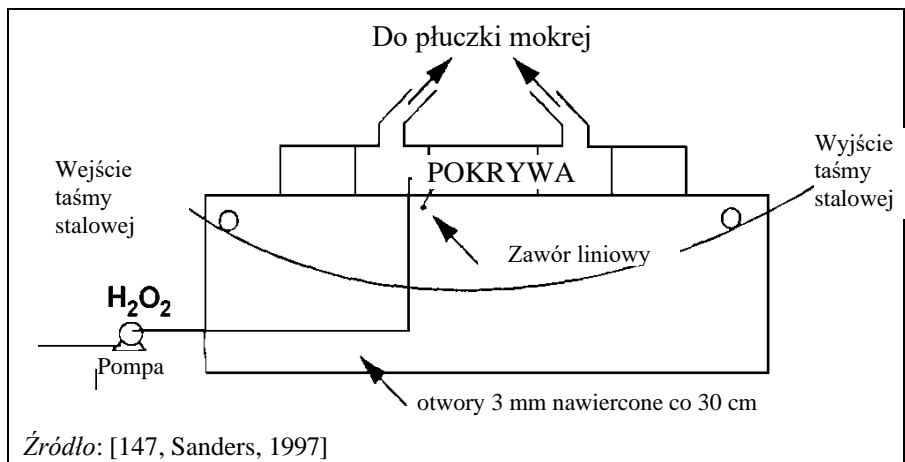
### Ograniczanie $NO_x$ przez wtryskiwanie $H_2O_2$ do wanny trawialniczej poprzez rurę rozpryskującą

Koszty inwestycyjne zainstalowania nowego obiegu recykulacji roztworu trawiącego mogą być wysokie, zwłaszcza w przypadku ciągłej eksploatacji wanny. W takim przypadku, alternatywną metodą dodawania  $H_2O_2$  do roztworu trawiącego jest bezpośrednie wtryskiwanie go do roztworu trawiącego poprzez rozgałęzioną rurę rozpryskującą, zainstalowaną w wannie trawialniczej. Najprostsza rura rozpryskująca umieszczana w wannie wykonana jest z rury propylenowej o średnicy 30 mm, w której nawiercone są co 150 mm otwory o średnicy 3mm. [147, Sanders, 1997]

Ze względu na dużą ilość gromadzącej się w wannie nierozpuszczalnej zgorzeliny, rura rozpryskująca ustawiana jest w wannie tak, aby nawiercone w niej otwory były pod kątem  $45^\circ$  do dolnej płaszczyzny, co zmniejsza ich zatykanie. Rura rozpryskująca jest montowana przy wejściu stali do wanny, tuż pod torem poruszającego się pasma cienkiej blachy stalowej; ma to na celu uniknięcie kolizji z pasmem, a także wykorzystanie ciągłego ruchu pasma do efektywnego mieszania  $H_2O_2$  z roztworem trawiącym. Schemat zainstalowania rury rozpryskującej pokazano na rysunku Rys. 8.48.

Przeprowadzone próby wykazały, że efektywność ograniczania  $NO_x$  przy pomocy powyższej techniki przekracza 90 %.. [147, Sanders, 1997]





Rysunek 8.48: Schemat wtryskiwania do wanny trawialniczej  $H_2O_2$  poprzez rurę rozpryskującą

## Ograniczanie NOx przez wtryskiwanie H2O2 bezpośrednio do natryskowego urządzenia trawialniczego

Dalszym przykładem ograniczania NOx przez stosowanie nadtlenu wodoru jest sposób zastosowany przy trawieniu w komorze natryskowej arkuszy blach ze stali nierdzewnej. Mieszanka kwasu azotowego i fluorowodorowego stanowiąca roztwór trawiący jest natryskiwana obustronnie na arkusze blachy nierdzewnej; roztwór trawiący zawraca do zbiornika, z którego ponownie przepływa do komory natryskowej. [147, Sanders, 1997]

Przeprowadzono badania pilotażowe w urządzeniu natryskowego trawienia, w których nadtlenek wodoru wprowadzany był do obiegu recyrkulacji roztworu w miejscu tuż przed jego rozgałęzieniem na dwie strony. Stwierdzono ponad 90 % ograniczenie emisji NOx po dziesięciu minutach od wprowadzenia nadtlenu wodoru, co wskazuje, że reakcja ograniczania zachodzi w miejscu powstawania NOx. [147, Sanders, 1997] Inne źródła podają redukcję NOx do 70%. [93, UK, EA 1993].

Ograniczanie NOx przez nadtlenek wodoru nie ma niekorzystnego wpływu na jakość produktu ze stali nierdzewnej. [147, Sanders, 1997]

### Zalety ograniczania NOx przez nadtlenek wodoru

- Nadtlenek wodoru przekształca NOx w miejscu jego powstawania w kwas azotowy, stąd redukuje zużycie kwasu, w niektórych przypadkach o 20 - 30 %.
- Nie jest konieczne wprowadzanie istotnych zmian w zespole urządzeń do wytrawiania.
- Istniejąca płuczka do usuwania kwasu fluorowodorowego może być wykorzystany bez konieczności neutralizacji medium płuczającego, ponieważ powstający słaby roztwór kwasu fluorowodorowego może być zawrócony do procesu.

### Korzyści dla środowiska

Zmniejszenie NOx.

### Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

Tabela 8.16: Poziomy emisji uzyskiwane w drodze wtryskiwania H2O2

	Stężenie [mg/Nm <sup>3</sup> ]	Indywidualne poziomy emisji [g/t produktu]	Stopień redukcji <sup>1</sup> [%]	Metoda analizy
NOx	350 - 600	80 - 300	75 - 85	Chemiluminescencja
HF	2 - 7	1 - 1.5	70 - 80	Miareczkowani

<sup>1</sup> Stopień redukcji jest połączeniem systemu wtryskiwania H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> i systemu wylotowego adsorbenta.  
Źródło: [86, EUROFER, TG Cold Rolling 1998]

Stężenia emisji NOx zgłoszone przez zakład 266 HR w ramach procesu zbierania danych dotyczących FMP zostały przedstawione poniżej:

- Zakład [266 HR]: Zespół urządzeń do wytrawiania zanurzeniowego stosujący zbiorniki głębokie do produkcji stali nierdzewnej z mieszaniną kwasów. Linia procesowa składa się z czterech zbiorników do wytrawiania z wyciągiem wargowym i pokrywami. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> jest wtryskiwany do wanien trawialniczych, opary są odciągane i oczyszczane w dwóch płuczkach z kwasem azotowym, do których również jest wtryskiwany H<sub>2</sub>O. Gazy odlotowe są kolejno doprowadzane do kolejnej płuczki z wtryskiem NaOH. Emisje NOx w okresie 3-letnim mieszczą się w przedziale od 10,3 mg /Nm<sup>3</sup> do 169.8 mg /Nm<sup>3</sup>, a ich średnia wartość wynosi

80 mg/Nm<sup>3</sup>. [150, FMP TWG 2018]

### **Efekty krzyżowe**

- Zmniejszenie zużycia kwasu.
- Zużycie nadtlenu wodoru (3–10 kg/t).

### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz ujmując, nie istnieją żadne ograniczenia techniczne dla możliwości zastosowania tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

W przypadku wytrawiania turbulencyjnego w kąpeli płytkiej, wymagana moc nadtlenu wodoru może znacznie wzrosnąć. W związku z tym, w przypadku dużych instalacji do wytrawiania, jeżeli moc nadtlenu wodoru byłaby zbyt wysoka, bardziej odpowiednie będą inne środki ograniczające NO<sub>x</sub>, np. system SCR. [26, Cold Rolling Shadow Group, 2000]

### **Cel wdrożenia**

Przepisy ochrony środowiska.

### **Przykładowe zakłady**

Outokumpu Nirosta GmbH, Krefeld, Niemcy (dodatek mocznika) – zakład [144 CR]. [107, Anstots i wsp., 1994]

Outokumpu Stainless Ltd., Sheffield, Zjednoczone Królestwo - zakład [266 HR]

ArcelorMittal Industeel, Le Creusot, Francja - zakład [175 HR]

### **Bibliografia**

[147, Sanders, 1997] [93, UK, EA 1993][107, Anstots i wsp., 1994] [86, EUROFER, TG Cold Rolling 1998] [26, Cold Rolling Shadow Group, 2000] [15, CITEPA, 1994]

## **8.8.5.3 Oczyszczanie na mokro z dodatkiem utleniacza (np. nadtlenu wodoru)**

### **Opis**

Do roztworu oczyszczającego dodaje się utleniacz (np. nadtlenek wodoru) w celu zmniejszenia emisji NO<sub>x</sub>. W przypadku stosowania nadtlenu wodoru powstały kwas azotowy można zawrócić do zbiorników do wytrawiania.

### **Opis techniczny**

Płuczki mokre są stosowane do wymywania NO<sub>x</sub> z powietrza wyciąganego przy trawieniu w mieszaninie kwasów. Ponieważ NO i NO<sub>2</sub> są nierozpuszczalne lub tylko częściowo rozpuszczalne w wodzie, stosowane są inne media wymywające, takie jak NaOH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> lub mocznik.

Efektywność absorberów z NaOH zależy od stężenia NO<sub>x</sub> i stosunku stężenia NO : NO<sub>2</sub> w oczyszczanym gazie. Dla osiągnięcia koniecznego obniżenia zawartości NO<sub>x</sub> wymagany jest długi czas utleniania lub potrzebne są płuczki wielostopniowe.

W celu zwiększenia efektywności ograniczenia emisji NO<sub>x</sub> konieczne może okazać się instalowanie dwóch lub więcej płuczek z wypełniaczem, z których jedne pracują jako kolumny redukujące, a drugie jako kolumny utleniające. Kolumny redukujące pracują przy przepływie w przeciwnym kierunku z NaOH reduktantem, którym jest roztwór podsiarczyny sodu (NaHS). Reduktant przy wysokim pH redukuje wzdłuż całej wysokości kolumny wprowadzany od dołu NO<sub>2</sub> do azotu oraz wymywa i neutralizuje wolny kwas, który może przedostać się do kolumny wraz ze strumieniem powietrza. Świeże NaOH i NaHS są dodawane do medium płuczącego w zależności od wartości pH i spadku chemicznego potencjału utleniania (ORP). [105, Pengidore i wsp., 1996]

Strumień powietrza z kolumny redukcyjnej wchodzi do kolumny utleniającej, w której NO jest utleniany do NO<sub>2</sub>. Powietrze wchodzi do kolumny od góry i płynie współprądowo z roztworem utleniającym (np. podchloryn sodu - NaClO<sub>2</sub>) przy niskim pH. Podchloryn sodu tworzy dwutlenek chloru (ClO<sub>2</sub>), który utlenia NO. Świeży kwas i NaClO<sub>2</sub> dodawane są w zależności od chemicznego potencjału utleniania (ORP). Cykl redukcji i utleniania może być powtarzany aż do osiągnięcia zadowalającego obniżenia poziomu emisji NO<sub>x</sub>. [105, Pengidore i wsp., 1996]

Gdy do wmywania w płuczce stosowany jest H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, medium wmywające składa się zazwyczaj z mieszaniny HNO<sub>3</sub> i H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, których typowe stężenie wagowe wynosi odpowiednio 20 % i 0,5 % (20 wagowo i 0.5 % wagowo). Korzyścią ze stosowania H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> jest to, że produktem odpadowym procesu wmywania jest kwas azotowy, a nie azotan sodu otrzymywany przy stosowaniu wodorotlenku sodu. Odzyskiwany kwas ma stężenie pozwalające na zawrócenie go do procesu trawienia. W ten sposób nie tylko eliminowane są koszty związane z odprowadzaniem ścieków z zawartością azotanów, ale także zmniejszane jest ogólne zużycie kwasu azotowego. [15, CITEPA, 1994]

### **Korzyści dla środowiska**

- Zmniejszenie NO<sub>x</sub>.
- Oczyszczanie H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> powoduje powstanie produktu ubocznego w postaci kwasu azotowego o stężeniu pozwalającym jego ponowne wykorzystanie w procesie wytrawiania.
- Zmniejszenie zużycia kwasu azotowego.
- Zmniejszenie objętości ścieków i osadów ściekowych.
- W przypadku wtryskiwania H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> lub mocznika do kąpeli trawiącej, woda z oczyszczania może być ponownie wykorzystana jako woda uzupełniająca w zbiornikach do wytrawiania.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Zob. dane dotyczące efektów środowiskowych zakładu 266 HR (sekcja 8.8.5.2).

### **Efekty krzyżowe**

Oczyszczanie wodorotlenku sodu powoduje powstanie odpadu w postaci azotanu sodu wymagającego utylizacji.

### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz ujmując, nie istnieją żadne ograniczenia techniczne dla możliwości zastosowania tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Przepisy ochrony środowiska.

### **Przykładowe zakłady**

- Outokumpu Nirosta GmbH, Krefeld, Niemcy – zakład [144 CR]. [107, Anstots i wsp., 1994]
- Allegheny Ludlum, USA.
- Acerinox Europa, Hiszpania – zakład [88 CR]. [184, EUROFER 2018]
- Outokumpu Stainless Ltd., Sheffield, Zjednoczone Królestwo – zakład [266 HR].

## Bibliografia

[105, Pengidore i wsp., 1996] [184, EUROFER 2018] [26, Cold Rolling Shadow Group, 2000]  
[15, CITEPA, 1994] [107, Anstots i wsp., 1994]

### 8.8.5.4 Selektywna redukcja katalityczna (SCR) w wytrawianiu mieszaniną kwasów

#### Opis

Zob. sekcja 8.8.1.4.

#### Opis techniczny

Pełen opis techniczny, zob. sekcja 8.8.1.4.

W odniesieniu do zespołów urządzeń do wytrawiania mieszaniną kwasów, do redukcji HR można zastosować obróbkę wapnem w połączeniu z SCR. Strumień gazu jest najpierw podgrzewany i wpuszczany do reaktora z płytkami CaO. W reaktorze HF reaguje z CaO i tworzy CaF<sub>2</sub> zgodnie z poniższym równaniem:



#### Korzyści dla środowiska

- Zmniejszenie NO<sub>x</sub> (skuteczność zmniejszenia do 95 % w standardowym przedziale 70–90 %. Osiągnięty poziom NO<sub>x</sub> zależy od stężenia początkowego).
- W przypadku połączenia z obróbką wapnem, redukcja emisji HF.

#### Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

Tabela 8.17: Emisje NO<sub>x</sub> z z zespołów urządzeń do wytrawiania mieszaniną kwasów z zastosowaniem SCR do kontroli emisji

Substancja	Stężenia zgłoszone w 3-letnim okresie monitorowania (mg/Nm <sup>3</sup> )				Liczba zakładów/liczba pomiarów	
	Średnia	Mediana	90. percentyl	Min. Maks.		
NO <sub>x</sub>	151	160	240	8	294	4 / 15

Źródło: [150, FMP TWG 2018]

#### Efekty krzyżowe

- Zużycie energii na podgrzewanie gazów odlotowych do temperatury roboczej na potrzeby SCR. [184, EUROFER 2018]
- Zużycie NH<sub>3</sub> w procesie. [184, EUROFER 2018]
- Nowe płytki CaO co kilka lat. [184, EUROFER 2018]

#### Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania

Stosowanie w istniejących zespołach urządzeń może być ograniczone ze względu na brak miejsca.

#### Aspekty ekonomiczne

Brak informacji.

#### Cel wdrożenia

Przepisy ochrony środowiska.

**Przykładowe zakłady**

- Outokumpu Tornio: zakład 158 CR2.
- Outokumpu Krefeld: zakład 144 CR linia 1 i 2.
- Avesta Jernverk: zakład 238 CR1.
- Acerinox Europe: zakład 88 CR.

**Bibliografia**

[EUROFER 23-7-18]

**8.8.5.5 Porównanie metod zmniejszania NO<sub>x</sub> w procesie wytrawiania mieszaniną kwasów**

Tabela 8.18 porównuje różne metody zmniejszania NO<sub>x</sub> oraz ich koszty.

Tabela 8.18: Porównanie różnych metod zmniejszania NOx w procesie wytrawiania mieszaniną kwasów

	Ograniczanie NOx przez wtryskiwanie		Wytrawianie stali nierdzewnej bez kwasu azotowego <sup>2</sup>	Adsorpcyjne oczyszczanie na mokro		Selektywna redukcja katalityczna	Selektywna redukcja niekatalityczna
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Mocznik <sup>1</sup>		NaOH	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>		
<b>Koszty inwestycyjne</b>	niskie	niskie	BI	wysokie	wysokie	bardzo wysokie	b.i.
<b>Koszty zmienne</b>	wysokie	niskie	BI	niskie	wysokie	niskie	b.i.
<b>Zużycie HNO<sub>3</sub></b>	niższe	wyższe	BI	brak wpływu	niższe	brak wpływu	b.i.
<b>Zmniejszenie NOx</b>	bardzo wysokie	bardzo wysokie	BI	niskie	bardzo wysokie	bardzo wysokie	b.i.
<b>Produkty uboczne</b>	zawracane do obiegu	nie stanowią problemu	BI	trudne do odprowadzania	zawracane do obiegu	nie stanowią problemu	b.i.
<b>Jakość powierzchni stali</b>	wyższa <sup>3</sup>	wyższa <sup>3</sup>	BI	brak wpływu	brak wpływu	brak wpływu	b.i.

Źródło: [15, CITEPA, 1994]

1 Komentarz: w wyniku wtryskiwania mocznika w odciekach może pojawić się amoniak [26, Cold Rolling Shadow Group, 2000]

2 Komentarz: stosowanie ograniczone [26, Cold Rolling Shadow Group, 2000]

3 Komentarz: ani wtryskiwanie mocznika, ani nadtlenu wodoru nie prowadzi do wyższej jakości powierzchni [26, Cold Rolling Shadow Group, 2000] Uwaga: BI = Brak informacji.

## 8.8.6 Emisje do powietrza pochodzące z procesu cynkowania ogniowego

### 8.8.6.1 Topnik o niskiej emisji dymu

#### Opis

Chlorek amonu w środkach do topnikowania jest częściowo zastępowany innymi chlorkami alkalicznymi (np. chlorkiem potasu), aby ograniczyć powstawanie pyłu.

#### Opis techniczny

„Standardowy” topnik stosowany w cynkowaniu ogniowym jednostkowym (zanurzeniowym) składa się z mieszaniny chlorku cynku i chlorku amonu. Topnik z trzema solami zawiera ok. 45% chlorku cynku i 55% chlorków amonu. Alternatywny topnik z dwoma solami zawiera ok. 55% chlorku cynku i 45% chlorku amonu. [EGGA 18-3-19]

Podczas stosowania topników o niskiej emisji dymu, idealny skład chemiczny to 60% chlorku cynku, 30% chlorku potasu i 10% chlorku amonu. Takie proporcje topnika są kluczowe dla uniknięcia problemów z jakością (np. czarnych kropek na materiałach) i minimalizacji emisji pyłów.

Chlorek amonu jest komponentem topnika o temperaturze sublimacji poniżej temperatury kąpeli cynkowej, która powoduje powstawanie oparów podczas cynkowania ogniowego. W celu zmniejszenia oddziaływania chlorku amonu na środowisko podczas cynkowania ogniowego, stosuje się topniki „o zmniejszonym dymieniu”, w których chlorek amonu został częściowo lub w pełni zastąpiony innymi chlorkami alkalicznymi (np. chlorkiem potasu). [1, ABAG 1993]

Gdy produkty stalowe są zanurzane w kąpeli cynkowej, wydzielają się opary, które mogą zawierać całkowitą ilość cząstek stałych powyżej 50 mg/m<sup>3</sup>. Opary te są zwykle wychwytywane w obrębie osłony umieszczonej nad kąpielą cynkowa i odciągane do filtra workowego. Opary składają się głównie z chlorku amonu, przy czym po odciągnięciu przez wydajny filtr workowy, poziom emisji można zmniejszyć do bardzo niskiego poziomu. [EGGA 18-3-19]

Technika ta nie jest stosowana w cynkowaniu ogniowym blach arkuszowych, gdzie topnikowanie nie jest stosowane.

W cynkowaniu ogniowym jednostkowym (zanurzeniowym), techniki tej nie da się zastosować we wszystkich rodzajach zespołów urządzeń. Przykładowo, nie można jest stosować do:

- cynkowania dużych, ciężkich elementów konstrukcyjnych, gdzie topnikowanie jest wykonywane przy dużo niższych stężeniach topnika (np. 200 g/L w przeciwieństwie do 450 g/L);
- przedzeniu wirówkowym w ocynkowniach;
- cynkowaniu o wysokiej temperaturze kąpeli;
- ocynkowniach stosujących topnikowanie na mokro z płaszczem topnikowym, gdzie topniki znajdują się na powierzchni kąpeli.

Należy również zauważyć, że technika topników o niskiej emisji dymu nie może być stosowana, jeżeli elementy nie są w pełni wolne od oleju i smaru. Nawet niewielkie ilości oleju i smaru na elementach mogą spowodować obniżenie jakości elementu (np. czarne kropki). Zastosowanie roztworu topnika o niskiej emisji dymu pozwoli na wypalenie resztek oleju i smaru bez pozostawiania śladów, które powstałyby przy zastosowaniu tradycyjnego roztworu topnika z chlorkiem amonu.

#### Korzyści dla środowiska

- Zmniejszone wytwarzanie pyłu u źródła.



- Zmniejszone wytwarzanie twardego cynku.
- Niższe zużycie energii (elektrycznej) z działania systemów oczyszczania powietrza.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Topniki, których podstawę stanowi chlorek cynku / chlorki alkaliów nie powodują dodatkowego trawienia podczas cynkowania ogniowego i dlatego nie rozpuszczają więcej żelaza. Z jednej strony zmniejsza to tworzenie twardego cynku, ale wymaga optymalnego trawienia w sekcji obróbki wstępnej, aby osiągać wysoką jakość powłok. [1, ABAG 1993]

Standardowy (dostępny na rynku) topnik o niskiej emisji dymu zastąpił większość chlorku amonu chlorkiem potasu uwalniającym o wiele mniej dymu podczas zanurzania. Topnik o niskiej emisji dymu składa się w 60% z chlorku cynku, 30% z chlorku potasu i 10% z chlorku amonu. Ten rodzaj topnika będzie nadal generować dym podczas zanurzania, ale na o wiele niższym poziomie w porównaniu z tradycyjnymi topnikami. [EGGA 18-3-19]

*Tabela 8.19: Porównanie emisji tradycyjnego topnika i topnika o niskiej emisji*

<b>Topnik</b>	<b>Emisja</b>	<b>Material</b>	<b>Popiół cynkowy</b>
ZnCl <sub>2</sub> : 89 % NH <sub>4</sub> Cl: 11 % Zawartość soli: 170 g/l	33 %	2 %	65 %
ZnCl <sub>2</sub> : 32 % KCl: 68 % Zawartość soli: 170 g/l	19 %	1 %	80 %
<i>Źródło: [1, ABAG 1993]</i>			

Z zakładów uczestniczących w procesie zbierania danych, 17 zakładów w sześciu PC (DK, ES, FR, NL, UK, SE) zgłosiło stosowanie topników o niskiej emisji dymu. Większość zakładów stosuje dodatkowe techniki ograniczania dymu i oparów, takie jak filtr tkaninowy; jedynie 6 zakładów (5 ze Zjednoczonego Królestwa i 1 z Danii) zgłosiło odciąg powietrza bez technik ograniczania. Rys. 6.16 przedstawia zgłoszone dane dotyczące emisji pyłów z zakładów stosujących topnik o niskiej emisji dymu bez technik ograniczania (5 zakładów w Zjednoczonym Królestwie). Stężenia emisji pyłów wahają się od 1 mg/Nm<sup>3</sup> do 8,3 mg/Nm<sup>3</sup>. Zgłoszono masowe natężenie przepływu pyłu od 27 g/h do 205 g/h.

### **Efekty krzyżowe**

- Może wzrastać ilość popiołów (wg doniesień niektórych źródeł).
- Topniki o niskiej emisji dymu generują mniej widzialnych dymów. Widzialność jest funkcją wielkości cząstek. W związku z powyższym, stosowanie topników o niskiej emisji dymu wiąże się z potencjalną możliwością powstawania mniejszych cząstek, które mogłyby mieć negatywny wpływ na zdrowie z uwagi na ilość wdychanych cząstek pyłu. [Com2 UK Galv]. Wyniki badań narażenia w środowisku pracy wykazują jednak brak negatywnego oddziaływania na zdrowie dla różnych rodzajów topników i wielkości cząstek w powietrzu. [113, Piatkiewicz, 1999]
- Ilość pyłu całkowitego uwalnianego do atmosfery jest większa w przypadku stosowania „tradycyjnych” topników i sprzętu ograniczającego emisję.

### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Możliwość zastosowania może być ograniczona ze względu na specyfikacje produktu.

### **Aspekty ekonomiczne**

- Oszczędności płynące z braku instalacji filtra workowego (120 000 euro)
- Oszczędności w zakresie zużycia energii.

- Brak odfiltrowanego pyłu wysyłanego do utylizacji.

#### **Cel wdrożenia**

Niższe zużycie energii i eliminacja szkodliwych odpadów niebezpiecznych.

#### **Przykładowe zakłady**

Kody zakładów BG: [165] [233] [251] [85] [75-1] [252] [257] [254] [259] [168-1]

#### **Bibliografia**

[1, ABAG 1993] [113, Piatkiewicz, 1999] [EGGA 18-3-19] [Com2 UK Galv]

### **8.8.6.2 Minimalizacja przenoszenia roztworu topnika**

#### **Opis**

Obejmuje to następujące techniki:

- przeznaczenie wystarczającej ilości czasu na ocieknięcie roztworu topnika (zob. sekcja 8.6.3.5);
- suszenie przed zanurzeniem.

#### **Opis techniczny**

Po wyciągnięciu materiałów z kąpeli topnikowej, część roztworu pozostałego na materiałach odparowuje. Stopień odparowania zależy od temperatury kąpeli topnikowej; jeśli kąpiel jest gorąca, stopień odparowywania będzie zależeć od szybkości wyciągania (powolne wyciąganie powoduje większe odparowanie). Dalsze suszenie prowadzone jest czasami w specjalny urządzeniu (suszarce). Czasami do pośredniego ogrzewania takiego urządzenia wykorzystywane są gazy odlotowe z wanny cynkowniczej, a także palniki pomocnicze. Suszenie materiałów pozwala na zmniejszenie rozprysków i wyrzucania metalu z kąpeli cynkowej podczas zanurzania. Lepsze efekty osiągane są, gdy materiał utrzymuje ciepło po opuszczeniu suszarki, np. gdy stosowane jest nagrzewanie wstępne. [34, EGGA 2000]

Technika ta nie jest stosowana w cynkowaniu ogniowym blach arkuszowych, gdzie topnikowanie nie jest prowadzone.

#### **Korzyści dla środowiska**

Niższa emisja cynku z cynkowania ogniowego.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz ujmując, nie istnieją żadne ograniczenia techniczne dla możliwości zastosowania tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Przepisy ochrony środowiska.

#### **Przykładowe zakłady**

Powszechnie stosowana.

#### **Bibliografia**

[34, EGGA 2000]

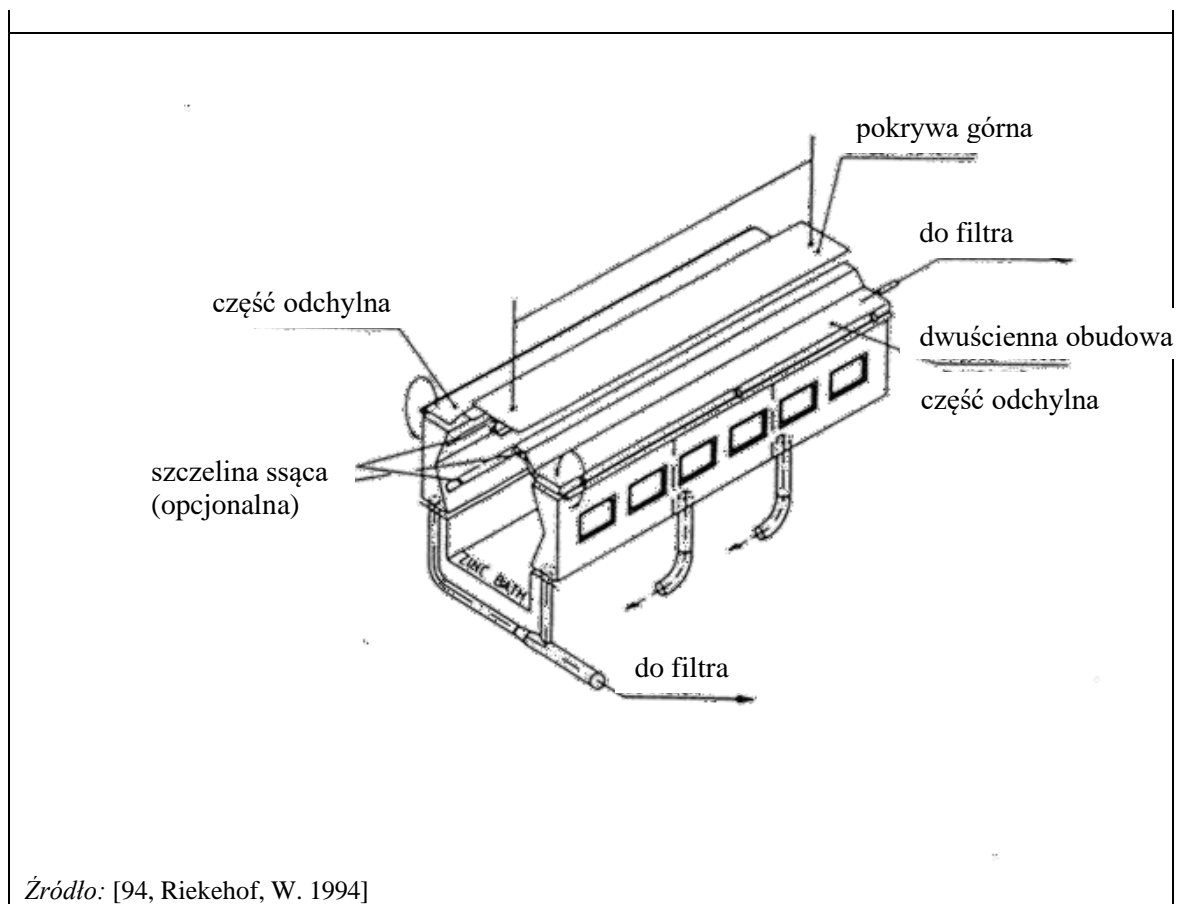
### 8.8.6.3 Odciąg powietrza jak najbliżej źródła

#### Opis

W przypadku emisji z cynkowania ogniowego po topnieniu drutów w procesie cynkowania ogniowego i cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego), powietrze z wanny jest usuwane, na przykład za pomocą wyciągu bocznego lub wyciągu wargowego.

#### Opis techniczny

Wanna cynkownicza jest wyposażona w wyciąg wargowy gromadzący emisje z cynkowania ogniowego po topnieniu drutów w procesie cynkowania ogniowego i cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego). Emisje są oczyszczane za pomocą filtrów tkaninowych (zob. sekcja 8.8.1.3). Rys. 8.49 i Rys. 8.50 przedstawiają dwustronne systemy wyciągu wargowego w cynkowniach.



Rysunek 8.49: Obustronny wyciąg zewnętrzny z wyposażeniem pomocniczym



Źródło: [94, Riekehof, W. 1994]

Rysunek 8.50: Wyciąg wargowy w cynkowni prowadzącej cynkowanie ogniowe jednostkowe (zanurzeniowe)

### Korzyści dla środowiska

Zmniejszona emisja pyłów i metali.

### Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

Przykładowy zakład: Wilhelm Hähn, Niemcy

Tabela 8.20 przedstawia przykładowe emisje z wanien cynkowniczych w różnych warunkach.

Tabela 8.20: Przykładowe emisje z wanny cynkowniczej

Punkt pomiarowy	As <sup>3+</sup> [µg/m <sup>3</sup> ]	Cd <sup>3+</sup> [µg/m <sup>3</sup> ]	Pb <sup>2+</sup> [µg/m <sup>3</sup> ]	Zn <sup>2+</sup> [mg/m <sup>3</sup> ]	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg/m <sup>3</sup> ]	Cl <sup>-</sup> [mg/m <sup>3</sup> ]	Dust [mg/m <sup>3</sup> ]
Ponad powierzchnią cynku bez odciążu powietrza	106,9	117,2	125,3	44,5	197,9	14,3	384,6
Ponad powierzchnią cynku z odciążem powietrza	1,4	2,9	53,1	0,9	0,2	1,2	0,5
Gaz surowy	3,6	5,1	49,0	6,2	17,5	7,4	24,1
Gaz oczyszczony	0,1	0,1	1,8	0,017	9,0	2,7	0,1

Źródło: [134, Hähn, 1983]  
 Na podstawie analizy przypadku: odciąg wargowy, 3380 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>· h = 32958 m<sup>3</sup>/h, ograniczanie emisji: filtr tkaninowy

Dane dotyczące emisji są średnimi wartościami z sześciu pomiarów indywidualnych przy średnim czasie pomiarowym wynoszącym 18 minut, obliczonymi jako całkowity czas zanurzenia dla 2 – 4 zanurzeń. Pomiary powtórzone w roku 1996 potwierdzają uzyskane dane i dały następujące wyniki: pył < 0,13 mg/m<sup>3</sup> i HCl 0,9 mg/m<sup>3</sup>. Wartości te są średnimi wartościami z czterech indywidualnych pomiarów o średnim czasie pomiarowym wynoszącym 28 minut, obliczonymi jako całkowity okres zanurzenia

dla 3 – 4 zanurzeń. Efektywność filtrów tkaninowych wynosiła 99.6 %.

Tabela 8.23 podsumowuje emisje pyłu z cynkowni zgłoszone w ramach procesu zbierania danych dotyczących FMP, w przypadkach, w których emisje z wanien cynkowniczych były zbierane z wykorzystaniem wyciągu wargowego i oczyszczane za pomocą filtrów tkaninowych.

Tabela 8.21: Emisje pyłu z cynkowni wyposażonych w wyciąg wargowy i filtry tkaninowe (proces zbierania danych dotyczących FMP)

Substancja	Stężenia zgłoszone w 3-letnim okresie monitorowania (mg/Nm <sup>3</sup> )					Liczba zakładów/liczba pomiarów
	Średnia	Mediana	90. percentyl	Min.	Maks.	
Pył	1,5	0,8	4,2	0,05	28,0	6 / 16

Źródło: [150, FMP TWG 2018]

### **Efekty krzyżowe**

- Zużycie energii (energia elektryczna jest stosowana do wentylatorów wyciągowych, oczyszczania z użyciem filtrów i ewentualnie podgrzewania filtrów)

### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz ujmując, nie istnieją żadne ograniczenia techniczne dla możliwości zastosowania tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Przepisy ochrony środowiska.

### **Przykładowe zakłady**

Fa. Wilhelm Hähn, Kreuztal-Ferndorf, Niemcy.  
[258] [261] [188] [85] [198] [227]

### **Bibliografia**

[134, Hähn, 1983]

## **8.8.6.4 Zamknięta wanna z odciąganiem powietrza**

### **Opis**

Cynkowanie ogniowe przeprowadza się w zamkniętej wannie, a powietrze jest usuwane.

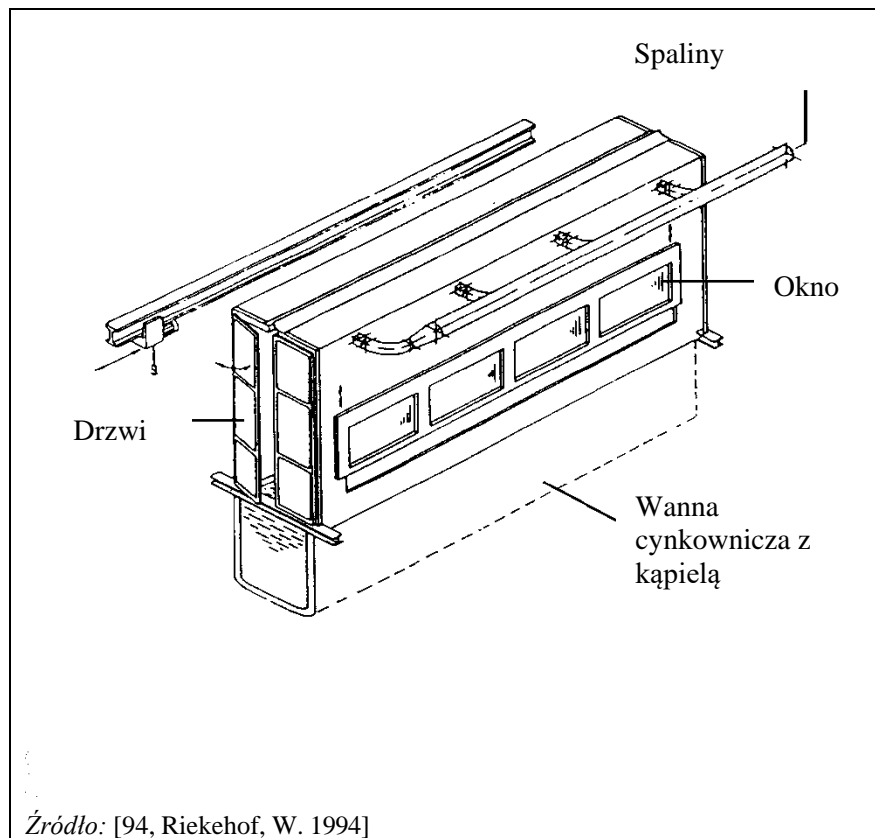
### **Opis techniczny**

W procesie cynkowania ogniowego drutów i cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego), wanna cynkownicza jest wyposażona w osłonę. Emisje są oczyszczane za pomocą filtrów tkaninowych (zob. sekcja 8.8.1.3). Technika ta nie jest stosowana w cynkowaniu ogniowym ciągłym blach, biorąc pod uwagę, że punkt zanurzania taśmy znajduje się w atmosferze ochronnej (szczelnej) i żadne opary nie wydostają się na zewnątrz.

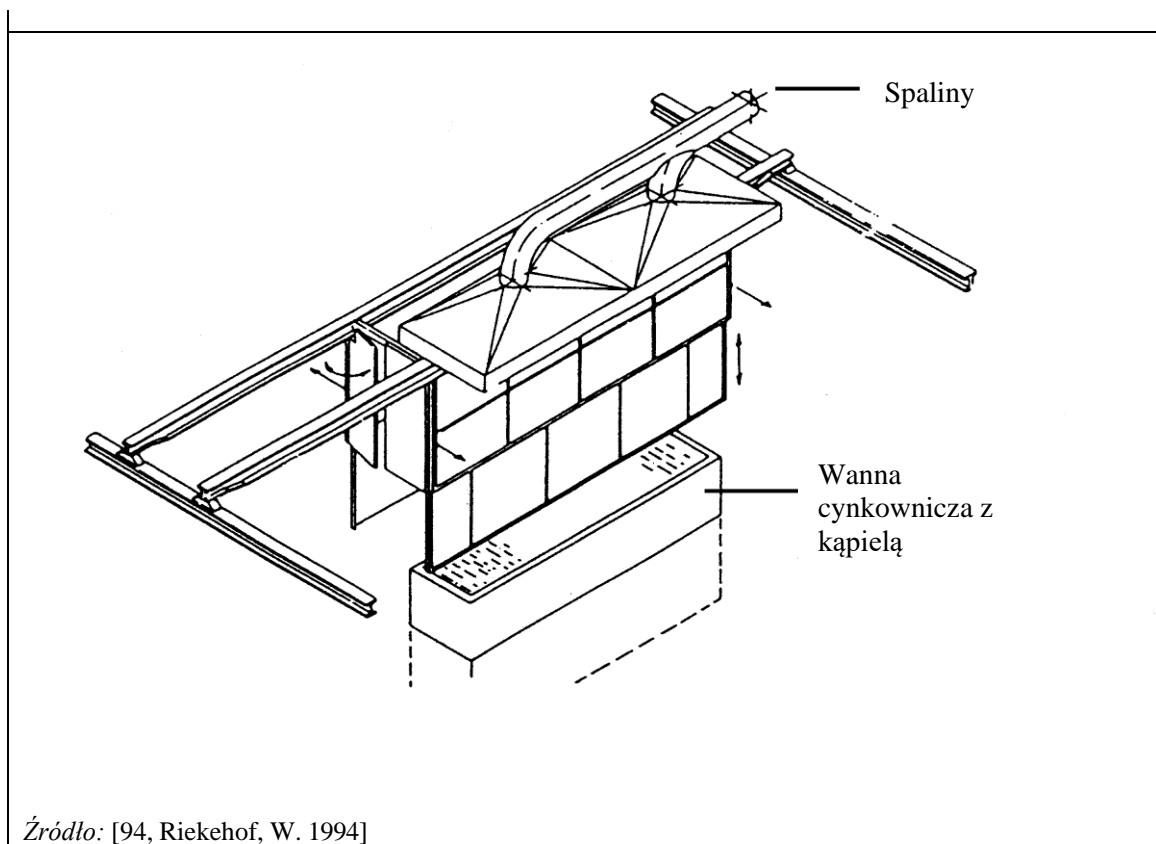
Oslona jest stalową konstrukcją zainstalowaną nad wanną cynkowniczą. W tym przypadku jest ona wyposażona w poziome drzwi przesuwne lub krótkie drzwi zewnętrzne umożliwiające dostęp do kąpielii cynkowej. Oslona jest zwykle ruchoma, tj. przymocowana do górnego dźwigu z opcją unoszenia. Konstrukcja taka jest zwykle stosowana, gdy półki są wprowadzane do

kąpieli cynkowniczej z jednego z dwóch dłuższych boków.

Rys. 8.51 i Rys. 8.52 przedstawiają przykładowe konstrukcje osłon.



Rysunek 8.51: Obudowa stacjonarna



Rysunek 8.52: Obudowa ruchoma ze ścianami bocznymi poruszającymi się w pionie

### Korzyści dla środowiska

- Zmniejszenie emisji niezorganizowanych do powietrza (zgłoszone wychwycenie pyłów i innych emisji na poziomie 95–98% [18, BE, Członek TWG, 2000]).
- Zmniejszenie ilości wyrzuceń.
- Oszczędność energii dzięki zmniejszonym stratom ciepła z powierzchni z kąpeli cynkowniczej. [34, EGGA 2000]

### Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

Tabela 8.22 podsumowuje emisje różnych substancji z cynkowni prowadzącej proces cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego) wyposażonej w wyciąg powietrza i filtry tkaninowe.

### Przykładowy zakład: Verzinkerei Rhein-Main GmbH

Tabela 8.22: Stężenia emisji różnych substancji z cynkowni prowadzącej proces cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego) (Verzinkerei Rhein-Main GmbH)

Substancja	Emisja <sup>1)</sup> w mg/m <sup>3</sup>
Pył	< 1
Cynk	0,03
ZnCl	0,1
NH <sub>4</sub> Cl	32
HCl	< 10

1) Średnie wartości z 8 pomiarów indywidualnych: średni czas pomiaru 32 minuty, obliczone jako całkowity okres zanurzenia z 5 do 8 zanurzeń.  
*Źródło:* [135, Ackermann i wsp., 1987]; natężenie objętościowe przepływu powietrza = 23400 m<sup>3</sup>/h; system usuwania: filtr tkaninowy



Tabela 8.23 podsumowuje emisje pyłów z cynkowni w ramach procesu zbierania danych dotyczących FMP, gdzie emisje z wanien cynkowniczych są wychwytywane przez osłony z wyciągiem powietrza i oczyszczane za pomocą filtrów tkaninowych.

Tabela 8.23: Emisja pyłów z cynkowni w ramach procesu zbierania danych dotyczących FMP, gdzie emisje z wanien cynkowniczych są wychwytywane przez osłony z wyciągiem powietrza i oczyszczane za pomocą filtrów tkaninowych (proces zbierania danych dotyczących FMP).

Substancja	Stężenia zgłoszone w 3-letnim okresie monitorowania (mg/Nm <sup>3</sup> )					Liczba zakładów/liczba pomiarów
	Średnia	Mediana	90. percentyl	Min.	Maks.	
Dust	1.9	1.0	3.6	0.2	21.6	53 / 110
Źródło: [150, FMP TWG 2018]						

W procesie zbierania danych dotyczących FMP, większość cynkowni prowadzących proces cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego) zgłosiła korzystanie z filtrów tkaninowych do kontroli emisji pyłów z procesu cynkowania ogniowego.

#### Efekty krzyżowe

- Zużycie energii (energia elektryczna jest stosowana do wentylatorów wyciągowych, oczyszczania z użyciem filtrów i ewentualnie podgrzewania filtrów), ale w porównaniu do innych systemów wyciągowych, wymagane jest słabsze odciąganie (co oznacza zmniejszenie zużycia energii). [18, BE, Członek TWG, 2000]

#### Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania

Możliwość zastosowania w istniejących zespołach urządzeń może być ograniczona, gdy obudowa koliduje z istniejącym systemem transportu obrabianych materiałów w procesie cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego).

#### Aspekty ekonomiczne

Brak informacji.

#### Cel wdrożenia

Przepisy ochrony środowiska.

#### Przykładowe zakłady

Verzinkerei Rhein-Main GmbH, Groß-Rohrheim, Germany  
Powszechnie stosowana (np. [163] [58] [57] [5] [169] [255] [51].[23] [165])

#### Bibliografia

[34, EGGGA 2000] [Flatt/Knupp] [18, BE, Członek TWG, 2000] [135, Ackermann i wsp., 1987]

### 8.8.7 Emisje do powietrza z procesu natłuszczania

#### 8.8.7.1 Natłuszczanie elektrostatyczne

##### Opis

Olej jest rozpylany na powierzchni metalu za pomocą pola elektrostatycznego, co zapewnia jednorodne nanoszenie oleju i optymalizuje jego ilość. Maszyna olejarska jest zamknięta, a olej, który nie osadza się na powierzchni metalu, jest odzyskiwany i

ponownie wykorzystywany w maszynie.

### **Opis techniczny**

Maszyny olejarskie są stosowane w celu naniesienia jednorodnej powłoki oleju walcowniczego lub antykorozyjnego na powierzchnię taśmy. Istnieje szereg technologii natłuszczania produktów gotowych: powlekarki walcowe, konwencjonalne systemy natryskowe i natłuszczanie elektrostatyczne. Natłuszczanie elektrostatyczne jest coraz częściej stosowane w walcowniach zimnych i wydaje się być standardową praktyką w walcowniach gorących.

Proces natłuszczania opiera się na elektrostatycznym natryskiwaniu oleju konserwującego na jedną lub obie strony taśmy. Natłuszczenie musi gwarantować jednorodne pokrycie powierzchni arkusza wymaganą ilością oleju, przy czym maksymalny dopuszczalny przedział tolerancji pomiędzy poszczególnymi pomiarami wynosi 0,5-0,5 g/m<sup>2</sup>.

Zasada działania olejarki elektrostatycznej opiera się o wykorzystanie sił elektrostatycznych, które koncentrują się na krawędzi łopatki podającej olej. Siły elektrostatyczne współdziałają z olejem, który jest elektrycznie oporową cieczą i powodują jego dyspersję na krople o mniejszej średnicy. W efekcie powyższego, produkt jest natryskiwany w postaci drobnokropelkowej. Kropelki oleju o tym samym ładunku elektrycznym odpychają się nawzajem i są przyciągane przez taśmę o przeciwnym ładunku. W celu poprawy stabilności pola elektrostatycznego oraz jednorodności rozprowadzania oleju na całej szerokości taśmy można zastosować tzw. pręty indukcyjne.

Maszyna olejarska jest osłonięta, a emisje oleju są zbierane i ponownie stosowane w maszynie. Nanoszenie elektrostatyczne jest bardziej wydajną i skuteczną metodą powlekania, minimalizującą ilość oleju stosowanego w systemie.

Najnowsze rozwiązania w dziedzinie natłuszczania elektrostatycznego koncentrują się na wprowadzeniu nowego rodzaju oleju oraz systemów kontroli grubości i dystrybucji nanoszonej powłoki oleju na powierzchnię stali. [187, EUROFER 19-6-17, 2017]

Jeżeli procesowi walcowania na zimno ma zostać poddany arkusz (produkt) wytrawiany, natłuszczanie olejem walcowniczym na linii trawialniczej może być zbędne. Z drugiej strony, natłuszczanie olejem antykorozyjnym nie jest konieczne, jeżeli produkt przechodzi bezpośrednio do kolejnego etapu obróbki.

### **Korzyści dla środowiska**

- Zmniejszone zużycie oleju konserwującego taśmy. [187, EUROFER 19-6-17, 2017]
- Zmniejszone zużycie oleju. [187, EUROFER 19-6-17, 2017]

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

### **Efekty krzyżowe**

Zwiększone zużycie energii.

### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz ujmując, nie istnieją żadne ograniczenia techniczne dla możliwości zastosowania tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

Koszty inwestycyjne natłuszczania elektrostatycznego wynoszą od 250 000 do 500 000 euro. [220, Thuau 2020]

### **Cel wdrożenia**

- Zmniejszenie kosztów z uwagi na wyższą wydajność materiałów.

- Przepisy ochrony środowiska.

#### **Przykładowe zakłady**

Z 36 linii CR uczestniczących w procesie zbierania danych, w 26 wykorzystuje się natłuszczenie elektrostatyczne, w 7 natłuszczenie natryskowe, a w 3 walce natłuszczające. Wszystkie 40 linii HDC uczestniczących w procesie zbierania danych wykorzystuje natłuszczenie elektrostatyczne w maszynach z osłonami.

#### **Bibliografia**

[187, EUROFER 19-6-17, 2017]

### **8.8.7.2 Obudowana maszyna olejarska z odciąganiem powietrza, a następnie demister**

#### **Opis**

Całość maszyny olejarskiej zostaje osłonięta w celu uniknięcia dyspersji mgły olejowej, a powietrze jest odciągane. Olej, który nie osiada na powierzchni metalu jest odzyskiwany i wykorzystywany ponownie. Emisje są oczyszczane za pomocą demistera.

#### **Opis techniczny**

Do nanoszenia jednorodnej powłoki oleju konserwacyjnego na powierzchnię ciętego materiału stosowane są powlekarzki natryskowe.

Oślanianie maszyn olejarskich do taśm jest niezbędne w celu uniknięcia dyspersji oparów oleju w środowisku pracy. Osłona całkowicie obudowuje maszynę olejarską. Olej ze zbiornika jest przepompowywany i natryskiwany na powierzchnię taśmy. Pozostałe systemy (działające jak tradycyjne powlekarzki, nie powlekarzki elektrostatyczne) mogą pozostać nieosłonięte.

Emisje mgły olejowej są odciągane i oczyszczane za pomocą demistera (zob. sekcja 8.8.1.1)

#### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszenie uwalniania mgły olejowej do środowiska [188, EUROFER 31-5-17, 2017].

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Ogólnie stosowana w zakładach wyposażonych w maszynę olejarską do taśm. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999]

#### **Aspekty ekonomiczne**

Koszty inwestycyjne mają średnią wysokość, a koszty eksploatacji są niskie. [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999]

#### **Cel wdrożenia**

Przepisy ochrony środowiska.

#### **Przykładowe zakłady**

Powszechnie stosowana.

## **Bibliografia**

[188, EUROFER 31-5-17, 2017] [23, Continuous Coating Shadow Group, 1999]

### **8.8.7.3 Smarowanie kontaktowe**

#### **Opis**

Smarownice rolkowe, np. rolki filcowe lub rolki dociskowe, są stosowane w bezpośrednim kontakcie z powierzchnią metalu.

#### **Opis techniczny**

Podczas natłuszczania taśmy na liniach cięcia wzdłużnego z wykorzystaniem smarowania kontaktowego (np. rolek filcowych lub dociskowych), nie powstaje mgła olejowa. Olej jest dostarczany przez układ rur w różnych punktach w rolce filcowej. Rolka filcowa nanosi smar na taśmę w sposób wysoce jednorodny. Dawkę oleju oraz prędkość ruchu rolki można precyzyjnie regulować za pomocą funkcji modułu sterowania w zależności od potrzeb. Niewielkie ilości oleju pozostające na bokach taśmy są zbierane i wykorzystywane ponownie.

#### **Korzyści dla środowiska**

- Zmniejszenie uwalniania się mgły olejowej do środowiska
- Precyzyjne i ekonomiczne zużycie oleju.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Przy smarowaniu kontaktowym ogólnie nie dochodzi do powstawania niepożądanego mgły olejowej.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Technika ogólnego zastosowania np. na liniach cięcia wzdłużnego, w walcowniach wyposażonych w maszynę olejarską do taśm oraz do arkuszy i płyt.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Koszty inwestycyjne są niskie, podobnie jak koszty eksploatacji i utrzymania.

Koszty inwestycyjne natłuszczania bez sprężonego powietrza i smarowania kontaktowego wynoszą od 40 000 do 120 000 euro. Dolna granica przedziału kosztów ma ogólnie zastosowanie do maszyn olejarskich w działach cięcia wzdłużnego, a górna dotyczy raczej walcowni taśm szerokich / linii ciągłych / wygładzarek. [220, Thuau 2020]

#### **Cel wdrożenia**

Przepisy ochrony środowiska.

#### **Przykładowe zakłady**

Linie cięcia wzdłużnego w działach cięcia wzdłużnego w walcowniach zimnych.

## **Bibliografia**

[222, EUROFER 2020]

### **8.8.7.4 Natłuszczanie bez sprężonego powietrza**

#### **Opis**

Olej jest наносzony dyszami blisko powierzchni metalu za pomocą zaworów wysokiej częstotliwości.

#### **Opis techniczny**

System natryskiwania z dyszami w pobliżu taśmy wykorzystuje zawory wysokiej częstotliwości i nie wymaga sprężonego powietrza. Olej jest przepompowywany ze zbiornika do dysz. Dawkę oleju oraz prędkość ruchu rolki można precyzyjnie regulować za pomocą funkcji modułu sterowania w zależności od potrzeb. Niewielkie ilości oleju pozostające na bokach taśmy są wykorzystywane ponownie.

#### **Korzyści dla środowiska**

- Zmniejszenie uwalniania się mgły olejowej do środowiska
- Precyzyjne i ekonomiczne zużycie oleju.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

System jest praktycznie wolny od mgły olejowej i nie wymaga systemu wyciągowego.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Technika ogólnego zastosowania np. na liniach cięcia wzdłużnego, w walcowniach wyposażonych w maszynę olejarską do taśm oraz do arkuszy i płyt.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Koszty inwestycyjne są niskie, podobnie jak koszty eksploatacji i utrzymania.

#### **Cel wdrożenia**

Przepisy ochrony środowiska.

#### **Przykładowe zakłady**

Linie cięcia wzdłużnego w działach cięcia wzdłużnego w walcowniach zimnych.

#### **Bibliografia**

[222, EUROFER 2020]

### **8.8.8. Emisje do powietrza z odzysku kwasów**

#### **8.8.8.1 Stosowanie paliwa lub kombinacji paliw o niskiej zawartości siarki i/lub o niskim potencjale tworzenia NOx**

##### **Opis**

Paliwa o niskiej zawartości siarki to na przykład gaz ziemny, gaz płynny, gaz wielkopiecowy, gaz konwertorowy oraz gaz bogaty w CO z produkcji żelazochromu.

Paliwa o niskim potencjale tworzenia NOx to np. gaz ziemny, skroplony gaz płynny (LPG), gaz wielkopiecowy i gaz konwertorowy.

##### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Wyniki procesu zbierania danych dotyczących FMP wykazały, że wszystkie zakłady odzysku kwasów wykorzystujące prażenie natryskowe lub regenerację ze złożem fluidalnym stosowały jako paliwo wyłącznie gaz ziemny i zgłaszały bardzo niską emisję SO<sub>2</sub> (standardowo poniżej 10 mg /Nm<sup>3</sup> – zob. Rys. 7.3). W poprzednim BREF dla przemysłu FMP wykazywano o wiele wyższe wartości graniczne emisji dla zakładów odzysku kwasów wykorzystujących prażenie natryskowe lub regenerację ze złożem fluidalnym (od 100 do 200 mg/Nm<sup>3</sup>). Wartości te najprawdopodobniej uwzględniały wykorzystanie gazów o wyższej zawartości siarki (np. COG), niemniej jednak potwierdzono, że nie były one stosowane w tych zakładach w czasie przygotowywania niniejszego dokumentu.

##### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Technika ma zastosowanie z uwzględnieniem ograniczeń związanych z dostępnością różnych rodzajów paliwa, na co ma wpływ polityka energetyczna każdego z państw członkowskich.

#### **Dodatkowe informacje dotyczące techniki**

Zob. sekcja 2.4.2.1.

#### **8.8.8.2 Automatyizacja i sterowanie piecem**

#### **Dodatkowe informacje dotyczące techniki**

Zob. sekcja 8.5.3.3.

#### **8.8.8.3 Optymalizacja spalania**

#### **Dodatkowe informacje dotyczące techniki**

Zob. sekcja 8.5.3.2.

#### **8.8.8.4 Palniki o niskiej emisji NOx**

#### **Dodatkowe informacje dotyczące techniki**

Zob. sekcja 8.8.2.7.

#### **8.8.8.5 Oczyszczanie na mokro, a następnie demister**

#### **Dodatkowe informacje dotyczące techniki**

Zob. sekcje 8.8.1.7 i 8.8.1.1.

#### **8.8.8.6 Selektwna redukcja katalityczna (SCR)**

#### **Dodatkowe informacje dotyczące techniki**

Zob. sekcja 8.8.1.4.

### **8.9 Ogólne techniki ograniczania emisji do wody**

Niniejsza sekcja zawiera krótki przegląd techniki stosowanych w sektorze FMP w zakresie ograniczania emisji do wody. Wszystkie te techniki zostały szczegółowo opisane w CWW BREF [239, Brinkmann i wsp. 2016].

#### **8.9.1 Adsorpcja**

##### **Opis**

Usuwanie substancji rozpuszczalnych ze ścieków poprzez przeniesienie ich na powierzchnię stałych, wysoce porowatych cząstek (zwykle węgla aktywnego).

##### **Bibliografia**

[239, Brinkmann i wsp. 2016]

#### **8.9.2 Przetwarzanie tlenowe**

##### **Opis**

Biologiczne utlenianie rozpuszczonych zanieczyszczeń organicznych w tlenie z wykorzystaniem

metabolizmu mikroorganizmów. W obecności rozpuszczonego tlenu, wprowadzanego w postaci powietrza lub czystego tlenu, składniki organiczne ulegają mineralizacji na dwutlenek węgla i wodę lub inne metabolity i biomasę.

#### **Bibliografia**

[239, Brinkmann i wsp. 2016]

### **8.9.3 Strącanie chemiczne**

#### **Opis**

Przekształcenie rozpuszczonych substancji zanieczyszczających w nierozpuszczalny związek poprzez dodawanie chemicznych środków strącających. Powstałe trudno rozpuszczalne związki stałe są następnie oddzielane metodami sedymentacji, flotacji lub filtracji. W razie potrzeby można zastosować mikrofiltrację lub ultrafiltrację. Wielowartościowe jony metali (np. wapnia, glinu, żelaza) wykorzystuje się do strącania fosforu.

#### **Bibliografia**

[239, Brinkmann i wsp. 2016]

### **8.9.4 Redukcja chemiczna**

#### **Opis**

Przekształcenie substancji zanieczyszczających za pomocą chemicznych środków redukujących w podobne, ale mniej szkodliwe lub mniej niebezpieczne związki.

#### **Bibliografia**

[239, Brinkmann i wsp. 2016]

### **8.9.5 Koagulacja i flokulacja**

#### **Opis**

Koagulację i flokulację wykorzystuje się do oddzielenia zawiesin ze ścieków i są one często realizowane jako kolejne etapy. Koagulacja polega na dodaniu koagulantów o ładunkach przeciwnych do ładunków zawiesin. Flokulacja polega na dodaniu polimerów, aby kolizje mikrocząstek powodowały ich łączenie się w większe kłaczkę.

#### **Bibliografia**

[239, Brinkmann i wsp. 2016]

### **8.9.6 Wyrównanie (ujednorodnienie) strumienia ścieków**

#### **Opis**

Równoważenie przepływów i ładunków zanieczyszczeń na wlocie do końcowego oczyszczania ścieków dzięki zastosowaniu zbiorników centralnych. Wyrównywanie może być zdecentralizowane lub przeprowadzane przy użyciu innych technik zarządzania.

#### **Bibliografia**

[239, Brinkmann i wsp. 2016]

### **8.9.7 Filtracja**

**Opis**

Oddzielenie substancji stałych od ścieków przez przepuszczenie ich przez porowaty materiał filtracyjny, np. filtrowanie przez piasek, mikrofiltracja lub ultrafiltracja.

**Bibliografia**

[239, Brinkmann i wsp. 2016]

**8.9.8 Flotacja****Opis**

Oddzielenie cząstek stałych lub ciekłych od ścieków przez przyłączanie ich do drobnych pęcherzyków gazu, zwykle powietrza. Pływające cząstki gromadzą się na powierzchni wody i są zbierane przez przelewy syfonowe.

**Bibliografia**

[239, Brinkmann i wsp. 2016]

**8.9.9 Nanofiltracja****Opis**

Proces filtracji, w którym stosuje się membrany o rozmiarach porów około 1 nm.

**Bibliografia**

[239, Brinkmann i wsp. 2016]

**8.9.10 Neutralizacja****Opis**

Doprowadzenie pH ścieków do neutralnego poziomu (około 7) w wyniku dodania substancji chemicznych. W celu zwiększenia pH zazwyczaj stosuje się wodorotlenek sodu (NaOH) lub wodorotlenek wapnia ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), z kolei w celu obniżenia poziomu pH stosuje się zwykle kwas siarkowy ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), kwas chlorowodorowy (HCl) lub dwutlenek węgla ( $\text{CO}_2$ ). Podczas neutralizacji może nastąpić strącanie niektórych zanieczyszczeń.

**Bibliografia**

[239, Brinkmann i wsp. 2016]

**8.9.11 Oddzielanie fizyczne****Opis**

Oddzielanie substancji stałych, zawiesin lub cząstek metali ze ścieków przy użyciu np. krat, sit, piaskowników, separatorów tłuszczu, hydrocyklonów, rozdzielania faz oleju i wody lub osadników wstępnych.

**Bibliografia**

[239, Brinkmann i wsp. 2016]

**8.9.12 Odwrócona osmoza****Opis**

Proces filtracji membranowej, w którym różnica ciśnień stosowanych w komorach oddzielonych



membraną powoduje, że woda przepływa z roztworu o większym stężeniu do roztworu o mniejszym stężeniu.

### **Bibliografia**

[239, Brinkmann i wsp. 2016]

## **8.9.13 Sedymentacja**

### **Opis**

Oddzielenie cząstek stałych i materiału zawieszonego przez osadzanie grawitacyjne.

### **Bibliografia**

[239, Brinkmann i wsp. 2016]

## **8.9.14 Oczyszczanie wody zanieczyszczonej olejem lub smarem**

### **Opis**

Woda zanieczyszczona olejem lub smarem (np. z wycieków ropy naftowej lub z czyszczenia emulsji do walcowania i gniotu wygładzającego, roztworów odtłuszczających i smarów do ciągnięcia drutu) jest oczyszczana w celu zmniejszenia ładunku zanieczyszczeń organicznych. Faza organiczna jest oddzielana od fazy wodnej, np. przez odtłuszczanie lub rozdzielanie emulsji za pomocą odpowiednich środków, odparowanie lub filtrację membranową. Fazę organiczną można wykorzystać do odzysku energii lub materiału (np. Zob. sekcja 8.11.1.6).

### **Opis techniczny**

Emulsja do walcowania lub gniot wygładzający z walcarek i smary z procesu ciągnięcia drutu wychwytyują cząstki stałe, łuski stalowe zgorzelinę i pył. Zwiększające się zanieczyszczenie ma wpływ na jakość produktu i prowadzi do zatrzymania procesu. W celu umożliwienia obiegu emulsji w układzie zamkniętym i wydłużenia czasu jej eksploatacji, czystość emulsji jest kontrolowana w sposób ciągły.

Zanieczyszczenia stałe mogą być usuwane z emulsji przez grawitacyjne osadzanie w **osadnikach oraz przez oddzielanie w separatorach, filtrach siatkowych lub w filtrach magnetycznych, itp.**

W celu usunięcia zanieczyszczeń stosuje się **wirówki** wykorzystujące siły odśrodkowe. Zanieczyszczona emulsja doprowadzana jest do wirnika lub misy, w których wprowadzana jest w ruch obrotowy i wyrzucana na wewnętrzne ścianki naczynia. Cząstki stałe oddzielają się i osadzają na obwodzie misy. Cząstki stałe pozostają na obwodzie ścian misy, natomiast ciecz spływa i jest wypierana przez nową partię.

Gdy wirówka osiągnie dopuszczalne napełnienie cząstkami stałymi, automatycznie włącza się oczyszczanie. Dopływ zanieczyszczonej emulsji zostaje zamknięty, a wirnik zostaje zatrzymany. Rozpoczyna się czyszczenie przy pomocy znajdujących się wewnątrz zgarniaków poruszających się wprzód i w tył względem wirnika i usuwają osad do leja samowyladowczego. [64, El-Hindi i wsp. 1999]

W zależności od wielkości cząstek można stosować **filtry siateczkowe** lub **materiały filtracyjne** z wykorzystaniem odpowiedniego papieru. Emulsja przeciskana jest przez filtr papierowy grawitacyjnie, pod ciśnieniem lub w wyniku działania próżni.

Mimo tych działań, w celu utrzymania odpowiedniej jakości emulsji konieczne może

okazać się usuwanie jej części z obiegu.

Odprowadzana z obiegu część emulsji wymaga oczyszczenia przed zrzutem. Oczyszczanie sprowadza się w zasadzie do rozdzielania wody i oleju (rozdzielanie emulsji). Oczyszczona woda jest odprowadzana. Oddzielony olej lub szlam zawierający olej może być ponownie wykorzystany np. do ogrzewania poprzez spopielanie (zob. sekcja 8.11.1.6).

Dostępne rodzaje oczyszczania obejmują następujące techniki:

- termiczną: przez odparowanie i przez dodawanie środków chemicznych
- chemiczną: pod wpływem dodanych kwasów, pod wpływem dodanych soli, łącznie dodawanie koagulantów i polielektrolitów
- flotację
- adsorpcję
- elektrolityczną
- filtrowanie przez membrany (ultra-filtracja, odwrócona osmoza)

#### **Rozpad termiczny / termiczne rozdzielanie emulsji / odparowanie**

Rozpad termiczny wykorzystuje źródło ciepła np. węzownicę lub palnik zanurzeniowy, w celu podniesienia temperatury emulsji i przyspieszenia parowania, a tym samym odprowadzenia wody. Woda uchodzi z roztworu w postaci pary, pozostawiając do odprowadzenia roztwór ze znacznie zwiększoną zawartością oleju. [64, El-Hindi i wsp. 1999]

Nasycone parą wodną powietrze przechodzi przez skraplacze w celu odkroplenia przed zrzutem. Innym sposobem do zatrzymania wody w postaci kondensatu jest instalowanie w kominie urządzenia kondensującego z węzownicą za pomocą schłodzonej wody. Woda ta może być wykorzystana jako woda wprowadzana do systemu przy odświeżaniu emulsji. [64, El-Hindi i wsp. 1999]

Pozostały roztwór, ze znacznie zwiększoną zawartością oleju, jest wygotowywany w celu dalszego usunięcia zawartej w nim wody. W wyniku termicznego rozdzielania emulsji roztwór o początkowej zawartości oleju od 5 do 7 % może przejść w roztwór o zawartości 90 % oleju 10 % wody. Wraz ze wzrostem ilości usuwanej wody maleje ilość odprowadzanych roztworów i powiązane koszty. Natomiast wraz ze wzrostem stężenia oleju w roztworze wzrasta możliwość jego ponownego wykorzystania lub spalania. [64, El-Hindi i wsp. 1999]

#### **Chemiczne rozdzielanie emulsji**

Przy rozdzielaniu w wyniku dodawania kwasu/ soli większa część zemulgowanego oleju przechodzi do szlamu i nie jest oddzielana jako olej. Dodawanie kwasów oraz soli żelaza/ glinu lub polielektrolitów powoduje destabilizację emulsji dzięki neutralizacji naładowanych elektrycznie koloidalnych cząstek oleju. Rozdzielanie emulsji zawierających olej przy pomocy kwasów i soli nie jest najlepszą techniką, gdyż w wyniku tych procesów powstają duże ilości poneutralizacyjnych szlamów zawierających olej oraz następuje zanieczyszczenie wody odpadowej solami. Kwasy/ sole mogą być stosowane w złożonych procesach do oczyszczania końcowego, gdy usunięcia wymaga już tylko mała ilość oleju.

Polielektrolity rozpuszczalne w oleju (tzw. „rozdzielacze organiczne” np. poliaminy trzeciorzędowe i czwartorzędowe) nie powodują powstawania szlamów w procesie rozdzielania emulsji, ale powodują wydzielenie oleju, który może być usunięty i zutylizowany. Ten proces może być stosowany do oczyszczania emulsji z dużą zawartością zemulgowanego oleju lub jako odpowiednia technika oczyszczania wstępnego (gdy stosowany jest proces złożony). Polielektrolity (często stosowane w połączeniu z

absorbentami) wiążące zemulgowany olej z kłaczkami tworzącymi usuwalny szlam (flotacja lub sedymentacja) powinny być stosowane tylko wtedy, gdy zawartość oleju jest niska (mniej niż 300 mg/l). Dzięki temu można ograniczyć zużycie flokulantu, zmniejszyć objętość szlamu oraz zredukować koszty. Gdy stosowany jest proces złożony, flokulacja może być stosowana jako oczyszczanie końcowe. [28, DE, Członek TWG, 2000]

### **Flotacja**

Flotacja jest grawitacyjnym procesem rozdzielania, wykorzystującym różnicę gęstości dwóch mediów. Medium lżejsze (np. olej) zbierane jest w lekko wzburzanym zbiorniku na powierzchni medium cięższego (np. wody). Nawet cięższe media (np. kłaczkami) mogą być zbierane na powierzchni wody po przywarciu do pęcherzyków gazu. Pęcherzyki gazu muszą być mniejsze niż kłaczkami, gdyż w przeciwnym przypadku kłaczkami nie będą mogły do nich przywrzeć. Małe pęcherzyki gazu wytwarzane są przez gaz znajdujący się w wodzie pod ciśnieniem (flotacja z rozpuszczonym powietrzem), elektrolitycznie (rozpad wody na gazowy wodór i tlen) lub w wyniku działania dużych sił poprzecznych (mechaniczne rozpraszanie gazu w wodzie). [17, AT, Członek TWG, 2000]

Flotacyjne rozdzielanie emulsji to zwykle proces dwustopniowy, obejmujący na wstępie rozdzielanie chemiczne (przez dodawanie kwasu, flokulantów i polielektrolitów) lub elektrochemiczny (przez rozpuszczanie anod), a następnie oddzielenie kłaczków od wody. [17, AT, Członek TWG, 2000]

Warstwa szlamu (flotat) powstałego na powierzchni wody w wyniku flotacji usuwana jest mechanicznie. Techniki flotacji mogą być rozróżniane między innymi wg sposobów tworzenia pęcherzyków gazu:

- Flotacja dekompresyjna (wprowadzanie wody nasyconej powietrzem pod ciśnieniem)
- - Elektroflotacja (elektrolityczny rozpad wody z powstawaniem pęcherzyków wodoru i tlenu)
- Flotacja dyspersyjna (powstawanie mikropęcherzyków gazu poprzez wdmuchiwanie powietrza przez porowatą rurę)

Jeśli do rozdzielania emulsji zamiast kwasów/ soli stosowane są polielektrolity, w powstającym w wyniku flotacji szlamie flotacyjnym nie liczba cząstek stałych nie zwiększa się. [28, DE, Członek TWG, 2000]

### **Adsorpcja**

Adsorpcja oznacza przywieranie oleju do stałych lub półstałych cząstek adsorbenta. Adsorbent może być w postaci złoża stałego (np. węgiel aktywowany) przez które przepływa emulsja, w postaci sproszkowanej (np. węgiel aktywowany) lub w postaci półstałej - kłaczkami (np. wodorotlenek żelaza - rozproszony w cieczy. Proszek lub kłaczkami muszą zostać na końcu oddzielone od cieczy przez sedymentację, flotację lub filtrowanie. [17, AT, Członek TWG, 2000]

Zanieczyszczony olejem zużyty adsorbent musi być spalony lub odprowadzony i oczyszczany jak szlam (czasami jest regenerowany - gdy jest w postaci złoża stałego).

Adsorbent w postaci złoża stałego i adsorbent proszkowy przydatne są tylko przy niskim stężeniu oleju, w przeciwnym przypadku adsorbent zostaje wyczerpany zbyt szybko i staje się zbyt drogi. Adsorpcja nie jest powszechnie stosowana w obróbce emulsji, ale czasami jest używana jako ostatni, końcowy etap oczyszczania przy stosowaniu innych procesów rozdzielania emulsji. Adsorpcja przez półstałe kłaczkami jest częścią chemicznego procesu rozdzielania emulsji. [17, AT, Członek TWG, 2000]

Szczególnym rodzajem adsorpcji są filtry koalescencyjne. Filtry te wypełnione są

jednorodnymi lub niejednorodnymi siatkami drucianymi, wypełniaczami plastikowymi lub ceramicznymi. Powodują one zbieranie drobnych kropli oleju i przywieranie ich do wypełnienia. Jeśli objętość oleju wzrasta, krople oleju aglomerują (zwiększają swoje rozmiary), zaczynają uciekać i unoszą się na powierzchni wody, z której są zgarniane. Filtry koalescencyjne stosowane są niekiedy dla usunięcia wolnego oleju przy wstępnym oczyszczaniu emulsji. [17, AT, Członek TWG, 2000]

Stosowanie adsorbentów do oczyszczania zużytych emulsji wiąże się z dużym zużyciem chemikaliów i powoduje powstawanie znaczącej ilości szlamów zawierających olej. [28, DE, Członek TWG, 2000]

### **Elektrolityczne rozdzielanie emulsji**

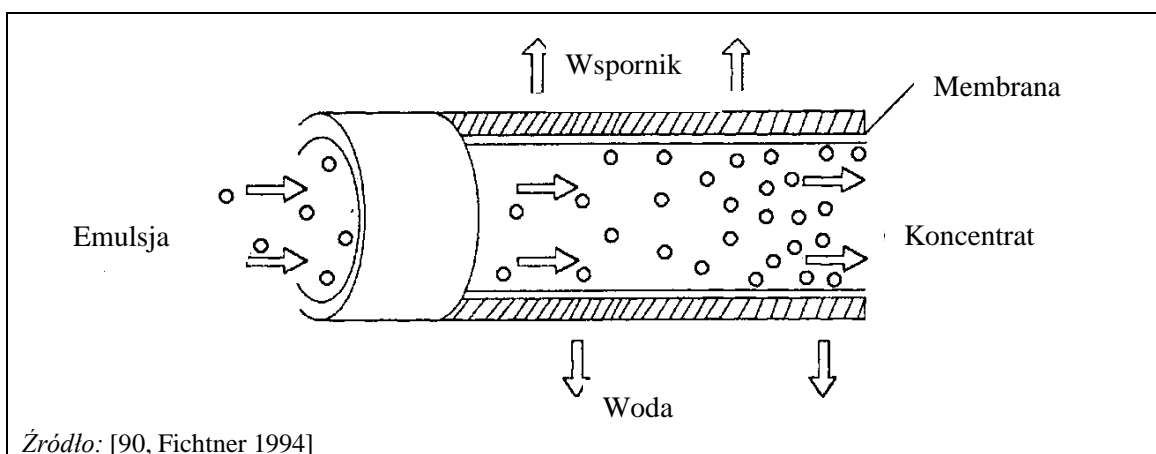
W procesie elektrolitycznego rozdzielania emulsji anody są rozpuszczane. Powstające w wyniku tego procesu kłaczkę wiążą olej i flotują. W celu poprawienia efektu rozdziału mogą być dodawane polielektrolity. Ponadto, proces wymaga kontroli pH i utrzymania przewodzenia elektryczności.

Cały olej zawarty w emulsji musi być usuwany jako szlam. W procesie tym nie wytrąca się olej, nadający się do dalszego użytku. [28, DE, Członek TWG, 2000]

### **Ultrafiltracja**

Ultrafiltracja jest alternatywnym i skutecznym mechanicznym oddzieleniem olejów lub mydła z emulsji o początkowej niskiej zawartości oleju (< 2 %) (zob. Rys. 8.53). Częsteczki oleju zatrzymywane są trakcie przepychania emulsji przez membranę filtra. Membrana zatrzymuje cząsteczki oleju, podczas gdy cząsteczki wody mogą przez nią przenikać. Woda, która przeniknęła przez filtr, nazywana jest przesączem, zatrzymany olej nazywany jest koncentratem. Stężenie koncentratu (olej) nie przekracza zwykle 25 % i jest ograniczane zatykaniem się membran. Ponieważ membrany zatykają się, wkłady ultrafiltrów muszą być okresowo przemywane przez przepływ w kierunku odwrotnym do filtracji. [64, El-Hindi i wsp. 1999]

Średnia wydajność separacji ultrafiltru (UF) dla normalnej wody przemysłowej wynosi około 40 l/h na m<sup>2</sup> powierzchni filtra. [87, EUROFER 1998]



Rysunek 8.53: Zasada działania ultrafiltracji

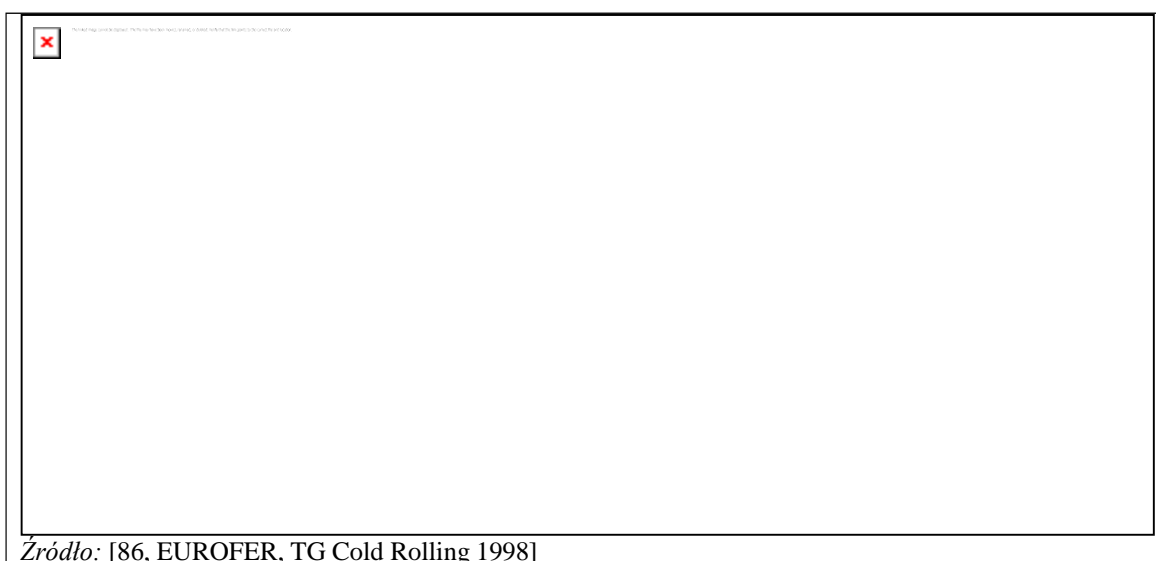
### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszenie emisji OWO, ChZT, TSS, HOI i metali.

## Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne

Rys. 8.54 przedstawia przykładowe oczyszczanie zużytego roztworu stosowanego w kąpielach odtłuszczających oraz ścieków alkalicznych z linii wyżarzania ciągłego. Część ścieków powstających przy oczyszczeniu roztworów odtłuszczających, woda płuczka stosowana przy odtłuszczaniu elektrolitycznym i ścieki odprowadzane ze stanowisk walcarek wygładzających, które nie mogą być ponownie wykorzystane, muszą być oczyszczone przed odprowadzeniem, np. w drodze rozdzielania wody i oleju lub ultrafiltracji. [28, DE, Członek TWG, 2000] [184, EUROFER 2018]

Następnie, ścieki są zwykle neutralizowane w oddziale neutralizacji wapnem lub HCl, a następnie filtrowane i dopiero odprowadzane. Szlam, po odwodnieniu w prasach filtracyjnych, wywożony jest na składowiska odpadów. Osady olejowe z ultrafiltracji można wykorzystać w wielkich piecach. [86, EUROFER, TG Cold Rolling 1998]



*Zródło:* [86, EUROFER, TG Cold Rolling 1998]

Rysunek 8.54: Przepływ zużytego roztworu odtłuszczającego (przykład linii wyżarzania ciągłego)

Tabela 8.24 przedstawia dane wejściowe/wyjściowe i dane dotyczące odcieków dla oczyszczania ścieków alkalicznych (z odtłuszczania) metodą ultrafiltracji (linia wyżarzania ciągłego).

Tabela 8.24: Dane operacyjne i dotyczące odcieków z oczyszczania ścieków alkalicznych

Dane wejściowe/stopień zużycia				
Ścieki surowe		12 - 15	kg/t	
Kwas cytrynowy		okazjonalnie	kg/t	
Energia elektryczna		1 - 1.5	MJ/t	
Dane wyjściowe/poziom emisji				
Ścieki oczyszczone		12 - 15	kg/t	
Szlam			kg/t	
	Stężenie [mg/l]	Emisja [g/t produktu]	Wskaźnik redukcji <sup>1</sup> [%]	Metoda analizy
Zawiesina (podlegająca filtracji)	20 - 40	2.35 - 4.7 E -4	> 90	DIN 38409-H2
Σ Węglowodory (olej, smar)	5 - 8	5.9 - 9.4 E -5	> 90	DIN 38409-H18
ChZT	5000 - 6000	5.9 - 7.1 E -5	> 50	DIN 38409-H44

<b>Temperatura</b>	30 °C			Termometr
<b>pH</b>	6.5 - 9.5			
Uwaga: Źródło: [86, EUROFER, TG Cold Rolling 1998]. Dane oparte o tygodniowy pobór prób, proporcjonalny objętościowo, dobowy				
<sup>1</sup> Wskaźnik redukcji oparty o masowe natężenie przepływu substancji				

### **Efekty krzyżowe**

Zużycie energii i surowców.

### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz ujmując, nie istnieją żadne ograniczenia techniczne dla możliwości zastosowania tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Przepisy ochrony środowiska.

### **Przykładowe zakłady**

Aviles 2, Florange, Sagunto. [184, EUROFER 2018]

Acerinox Europe. [184, EUROFER 2018]

### **Bibliografia**

[90, Fichtner 1994] [87, EUROFER 1998] [64, El-Hindi i wsp. 1999] [28, DE, member TWG, 2000] [17, AT, Członek TWG, 2000] [184, EUROFER 2018]

## **8.10 Ogólne techniki ograniczania hałasu i wibracji**

### **8.10.1 Plan zarządzania hałasem i wibracjami**

#### **Opis**

Wdrożenie planu zarządzania hałasem i wibracjami jako element systemu zarządzania środowiskiem (EMS) (zob. sekcja 8.1.1).

#### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz ujmując, nie istnieją żadne ograniczenia techniczne dla możliwości zastosowania tej techniki.

#### **Bibliografia**

[240, Pinasseau i wsp. 2018]

### **8.10.2 Właściwa lokalizacja urządzeń i budynków**

#### **Opis**

Poziomy hałasu można ograniczyć, zwiększając odległość między źródłem emisji a punktem odbioru, wykorzystując budynki jako ekrany chroniące przed hałasem oraz zmieniając umiejscowienie wejść i wyjść do budynków.

#### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

W przypadku istniejących zespołów urządzeń przenoszenie sprzętu i wyjść lub wejść do budynków może nie mieć zastosowania z powodu braku miejsca i/lub nadmiernych kosztów.

#### **Bibliografia**

[240, Pinasseau i wsp. 2018]

### **8.10.3 Środki operacyjne**

#### **Opis**

Do takich technik zalicza się:

- kontrola i konserwacja urządzeń;
- w miarę możliwości, zamykanie drzwi i okien na terenach zamkniętych;
- obsługę urządzeń przez doświadczony personel;
- w miarę możliwości, unikanie przeprowadzania hałaśliwych czynności w nocy;
- zapewnienie ograniczenia emisji hałasu, np. podczas produkcji i czynności konserwacyjnych, transportu i manipulowania wsadem i materiałami.

#### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz ujmując, nie istnieją żadne ograniczenia techniczne dla możliwości zastosowania tej techniki.

#### **Bibliografia**

[240, Pinasseau i wsp. 2018]

### **8.10.4 Wyposażenie o niskiej emisji hałasu**

#### **Opis**

Może to obejmować techniki wykorzystujące silniki napędu bezpośredniego, sprężarki, pompy i wentylatory o niskiej emisji hałasu.

#### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz ujmując, nie istnieją żadne ograniczenia techniczne dla możliwości zastosowania tej techniki.

#### **Bibliografia**

[240, Pinasseau i wsp. 2018]

### **8.10.5 Wyposażenie służące do kontroli hałasu i wibracji**

#### **Opis**

Obejmuje to następujące techniki:

- reduktory hałasu;
- izolację akustyczną i wytłumienie wibracji urządzeń;
- obudowę hałaśliwego sprzętu (np. maszyn do oczyszczania płomieniowego i szlifowania, ciągarek, strumieni powietrza);
- materiały budowlane o wysokiej izolacyjności akustycznej (np. do budowy ścian, dachów, okien, drzwi).

#### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Stosowanie w istniejących zespołach urządzeń może być ograniczone ze względu na brak miejsca.

#### **Bibliografia**

[240, Pinasseau i wsp. 2018]

## 8.10.6 Redukcja hałasu

### Opis

Umieszczenie bariery między źródłami emisji a punktami odbioru (na przykład chroniące przed hałasem ściany, nasypy i budynki).

### Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania

Ma zastosowanie jedynie do istniejących zespołów urządzeń, ponieważ konstrukcja nowych zespołów urządzeń powinna sprawić, że technika ta stanie się zbędna. W przypadku istniejących zespołów urządzeń umieszczanie barier może nie mieć zastosowania ze względu na brak miejsca.

### Bibliografia

[240, Pinasseau i wsp. 2018]

## 8.11 Pozostałości

### 8.11.1 Ogólne techniki gospodarowania pozostałościami

#### 8.11.1.1 Plan gospodarowania pozostałościami

##### Opis

Plan gospodarowania pozostałościami stanowi część systemu zarządzania środowiskowego (zob. BAT 1) i zawiera zbiór środków mających na celu 1) zminimalizowanie powstawania pozostałości, 2) optymalizację ponownego użycia, recyklingu lub odzysku pozostałości oraz 3) zapewnienie właściwego unieszkodliwiania odpadów.

Plan gospodarowania pozostałościami można włączyć do ogólnego planu gospodarowania wodą w większej instalacji (np. do produkcji stali i stopów żelaza).

### Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania

Poziom szczegółowości oraz stopień formalizacji planu gospodarowania pozostałościami będzie zasadniczo zależeć od charakteru, skali i złożoności instalacji.

### Bibliografia

[240, Pinasseau i wsp. 2018]

#### 8.11.1.2 Podczyszczanie zaolejonej zgorzeliny walcowniczej do dalszego wykorzystania

##### Opis

Obejmuje to następujące techniki:

- brykietowanie lub granulowanie;
- zmniejszenie zawartości oleju w zaolejonej zgorzeliny walcowniczej, np. przez obróbkę cieplną, mycie, flotację

##### Opis techniczny

Walcowanie na gorąco generuje cenne pozostałości w postaci zaolejonej zgorzeliny walcowniczej, które są odzyskiwane w spiekalni lub piecach metalurgicznych. W przypadku odzysku w spiekalni, zaolejona zgorzelina walcownicza o wysokiej zawartości oleju (drobnoziarnisty szlam zgorzelinowy) jest poddawany wstępnej



obróbce w celu zmniejszenia zawartości oleju i uniemożliwieniu zapłonu w systemie zmniejszania spalin i emisji zanieczyszczeń organicznych (tj. dioksyn/LZO). W przypadku odzysku w piecach metalurgicznych, zaolejona zgorzelina walcownicza jest bezpośrednio wtryskiwana lub wstępnie poddawana obróbce za pomocą technik brykietowania lub granulowania przed załadunkiem. [186, EUROFER 10-7-18, 2018]

#### Techniki odzyskiwania zaolejonej zgorzeliny walcowniczej w spiekalni

Bezpośrednie wykorzystanie zaolejonej zgorzeliny walcowniczej w spiekalniach jest uzależnione od zawartości oleju. Zgorzelina gruboziarnista o frakcji 0,5–5 mm i zawartości oleju poniżej 1% wagowo może być ponownie wykorzystana w spiekalni bez obróbki wstępnej. [IS BREF: [194, COM 2013] – Section 3.1.2]

Drobnoziarnisty szlam zgorzelinowy składający się z cząstek o małej frakcji (< 0,1 mm) i charakteryzujący się bardzo wysoką zawartością oleju (5–20 % wagowo) nie może być jednakże bezpośrednio wykorzystywany ponownie w spiekalni. Pozostałości o wysokiej zawartości oleju (> 3% wagowo) powodują wzrost emisji LZO i potencjalnie dioksyn i mogą prowadzić do zagrożeń dla bezpieczeństwa związanych z systemami zmniejszania spalin (np. elektrofiltrów), tj. do potencjalnego zapłonu wiążącego się z powstaniem oparów olejowych w wyniku niepełnego spalania.

Niewyłączny wykaz technik stosowanych do obróbki wstępnej zgorzeliny walcowniczej oraz odzysku w spiekalni został przedstawiony poniżej:

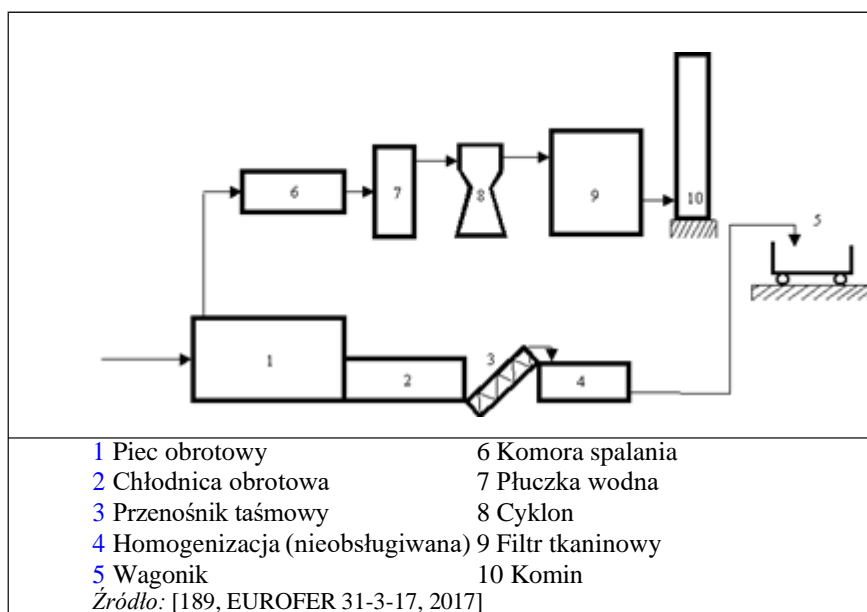
- Metoda mycia w celu usunięcia oleju ze zgorzeliny walcowniczej  
Drobnoziarnisty szlam walcowniczy jest mieszany z wodą zawierającą reagenty myjące w celu wytworzenia zawiesiny zrzucanej następnie do mieszalnika szybkoobrotowego. Po mieszaniu i płukaniu, następuje oddzielenie faz pomiędzy odolejoną zgorzeliną walcowniczą i oleistą emulsją wodną. Odolejona mieszanina zgorzelnicza ( $\leq 0,2\%$  zawartości oleju wagowo) jest odzyskiwana i suszona przed wykorzystaniem w spiekalni.
- Metoda flotacji w celu usunięcia oleju ze zgorzeliny walcowniczej  
Drobnoziarnisty szlam walcowniczy jest kondycjonowany za pomocą wody i reagentów chemicznych oraz odolejany w trój etapowym procesie flotacji.
- Obrotowy piec rurowy (obróbka cieplna w celu usunięcia oleju)  
Zaolejona mieszanina zgorzelnicza jest odwadniania, a olej jest usuwany termicznie za pomocą bezpośrednio lub pośrednio ogrzewanego pieca w temperaturach w przedziale 450 °C - 470 °C. Produktem jest bezolejowy materiał żelazny o zawartości oleju poniżej 0,1% wagowo.
- Technologia spiekania warstwy wierzchniej  
Zasady procesu spiekania warstwy wierzchniej zostały opisane w sposób bardziej szczegółowy w IS BREF [194, COM 2013] (sekcja 3.3.2.5.2). Proces ten wykorzystuje wtórny okap zapłonowy powodujący zapłon wtórnej warstwy spieczonego wsadu pierwotnego. Proces obejmuje wsad zaolejonego szlamu walcowniczego po zapłonie pierwotnym oraz emulsji olejowej na pierwszym czole płomienia.

Główne etapy procesu obejmują:

- wstępne odsączanie wsad (zgorzeliny walcowniczej, pyłu piecowego, itp.)
- zasypywanie mieszanki odpadowej – ok. 10 m poza strefą zapłonu – na spieczony wsad pierwotny, co generuje zapłon wtórny.
- Obróbka cieplna zaolejonej zgorzeliny walcowniczej przy pomocy pieców obrotowych

Po odwodnieniu i homogenizacji, zaolejona zgorzelina walcownicza jest transportowana przez przenośnik ślimakowy przez komorę grzewczą do pieca obrotowego, gdzie materiał jest przetwarzany w sposób ciągły w temperaturach od 400 °C do 550 °C. Zarówno wilgoć, jak i zawartość oleju są termicznie odprowadzane i następnie wypalane w komorze spalania. Odolejone pozostałości są ponownie wykorzystywane w spiekalni.

Rys. 8.55 przedstawia schemat instalacji pieca obrotowego w zakładzie ArcelorMittal, przeznaczonego do oczyszczania zaolejonej zgorzeliny walcowniczej. Piec obrotowy ma średnicę 2 m i długość 10 m (Rys. 8.56) i jest ogrzewany gazem do 500–550 °C. Woda (wilgoć) destylowana w oleju jest wypalana w komorze spalania podgrzanej gazem do 780 °C. Gaz odlotowy jest chłodzony za pomocą płuczki wodnej w temp. poniżej 250 °C i oczyszczany za pomocą cyklonu i filtra tkaninowego. Zebrany pył (zgorzelina drobnoziarnista) jest mieszana wraz z przetworzoną zgorzeliną, zapewniając, że wszystkie pozostałości zostały w pełni odzyskane (tj. zero odpadów). [189, EUROFER 31-3-17, 2017]



Rysunek 8.55: Schemat pieca obrotowego do obróbki cieplnej zaolejonej zgorzeliny walcowniczej



Rysunek 8.56: Zdjęcie pieca obrotowego do obróbki cieplnej zaolejonej zgorzeliny walcowniczej w zakładzie ArcelorMittal

#### Techniki odzysku zaolejonej zgorzeliny walcowniczej w innych piecach metalurgicznych

Niewyłączny wykaz technik stosowanych do obróbki wstępnej zgorzeliny walcowniczej i odzysku w piecach metalurgicznych przedstawiono poniżej:

- **Brykietowanie i wsad do konwertora**

Drobnoziarnisty szlam zgorzelinowy jest brykietowany z dodatkiem środków wiążących (np., wapno, melasy). Produkowane brykiety posiadają konsystencję nadającą się do ładowania do konwertora. Efekt schładzający brykietów jest wystarczający do wsadu do konwertora. W celu zapewnienia obojętności brykietów pod względem cieplnym, można stosować takie dodatki, jak antracyt.

- **Wsad wielkiego pieca**

Dostępnych jest kilka opcji umożliwiających włączenie zaolejonej zgorzeliny walcowniczej do wsadu do wielkiego pieca, w tym brykietowanie i zasypywanie; wtrysk przez kruszarkę do poprzez dysze; granulację i mieszanie z węglem; wtrysk w postaci zawiesiny bezpośrednio do dysz. Wszystkie te praktyki są jednak ograniczone wilgocą i zawartością oleju w szlamie oraz wymogami procesowymi.

- **Bezpośrednie wykorzystanie w wielkim piecu (metoda Voestalpine Stahl)**

Zgorzelina jest wstrzeliwana do trzonu wielkiego pieca przez lancę do spalania szlamu. Jest to bardzo ekonomiczny sposób wykorzystania energii węglowodorów i redukcji tlenku żelaza (zgorzeliny) bez potrzeby stosowania dodatkowego pieca i dodatkowego zanieczyszczania środowiska, ale jest on możliwy wyłącznie w przypadku wielkich pieców wyposażonych w lancę do spalania szlamu lub oleju odpadowego. Ważne jest, żeby szlam wtryskiwać w trzonie a nie w gardzieli wielkiego pieca, co zapewnia spalanie węglowodorów, a nie tylko ich odparowywanie. Należy zwrócić szczególną uwagę na emisje, w celu zapewnienia całkowitego i efektywnego spalania węglowodorów w procesie w celu uniknięcia wzrostu emisji w wielkim piecu.

- **Carbofer**

Szlam z zaolejonej zgorzeliny walcowniczej jest mieszany wapnem i pyłem węglowym i, ewentualnie, z żelazonośnym lub węglonośnym pyłem piecowym w celu uzyskania suchej mieszanki, która nadaje się do pneumatycznego wdmuchiwanie do pieców metalurgicznych, takich jak wielki piec lub piec łukowy. Mieszanka jest wtryskiwana do pieca metalurgicznego przez wysuwaną lancę lub lancę boczną chłodzoną wodą. Wtrysk mieszanki Carbofer do kąpieli szlamowej powoduje powstanie szlamu o dobrych właściwościach pniących. Możliwy jest pełen odzysk wtryskiwanych materiałów. [36, Hot Rolling Shadow Group 1999]

#### **Korzyści dla środowiska**

Korzyści dla środowiska wynikające z wdrożenia technologii recyklingu dla pozostałości zaolejonej zgorzeliny walcowniczej obejmują:

- zmniejszenie ilości stosowanych surowców, np. spadek zużycia koksu w wielkim piecu (zob. sekcja 6.3.12.5 IS BREF [194, COM 2013]), lub zmniejszenie ilości surowców pierwotnych w piekarni (zob. sekcja 3.3.4 IS BREF ); [186, EUROFER 10-7-18, 2018]

- zmniejszenie ilości odpadów i utylizacji. [186, EUROFER 10-7-18, 2018]

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Wydajność instalacji do usuwania oleju z termicznym piecem obrotowym (w jednym zakładzie ArcelorMittal w Europie) wynosi 20 000 t/r. Zawartość oleju w przetworzonej zgorzeline z pieca obrotowego wynosi  $\leq 0,1\%$  wagowo. [186, EUROFER 10-7-18, 2018]

### **Efekty krzyżowe**

- Metody usuwania oleju powodują zużycie detergentów lub flokulantów i powodują powstanie zaolejonych ścieków lub pozostałości z flotacji. Obróbka termiczna powoduje emisje do powietrza i wzrost zużycia energii.
- Odzysk niektórych pozostałości może przyczynić się do wzrostu emisji metali w gazie odlotowym ze spiekalni. [186, EUROFER 10-7-18, 2018]

### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz ujmując, nie istnieją żadne ograniczenia techniczne dla możliwości zastosowania tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

Koszty i korzyści związane ze stosowaniem techniki wskazano poniżej:

- korzyści kosztowe uzyskane dzięki zmniejszeniu wykorzystania surowców pierwotnych (tj. rud żelaza) i zmniejszeniu wykorzystania koksu;
- korzyści kosztowe uzyskane dzięki zmniejszeniu ilości odpadów przeznaczonych do utylizacji;
- koszty inwestycyjne, eksploatacyjne i utrzymania związane z instalacjami do usuwania oleju przy przetwarzaniu zaolejonych zgorzelin walcowniczych.

W większości zakładów metalurgicznych, korzyści finansowe z odzysku zaolejonych zgorzelin walcowniczych są większe od kosztów obsługi instalacji do usuwania oleju i oczyszczania ścieków.

### **Cel wdrożenia**

- Redukcja kosztów z powodu niższej ilości wykorzystanych surowców.
- Obniżenie kosztów z powodu niższej ilości odpadów przeznaczonych do utylizacji.
- Ograniczona dostępność opcji utylizacji odpadów.

### **Przykładowe zakłady**

Prawie wszystkie spiekalnie na całym świecie wykorzystują zaolejone zgorzeline walcownicze (po obróbce) z zakładów metalurgicznych.

Jednym z przykładów jest Voestalpine Stahl GmbH (bezpośrednie wykorzystanie zaolejonych pozostałości w wielkim piecu i odzysk zgorzeliney w spiekalni).

### **Bibliografia**

[186, EUROFER 10-7-18, 2018] [194, COM 2013]

## **8.11.1.3 Zastosowanie zgorzeliney walcowniczej**

### **Opis**

Zgorzelinea walcownicza jest zbierana i wykorzystywana na terenie zakładu lub poza nim, np. w produkcji stali i stopów żelaza lub w produkcji cementu

### **Opis techniczny**

Odolejona zgorzelina i zgorzelina o niskiej zawartości oleju (<1%) jest zawracana bezpośrednio do procesu metalurgicznego, zwykle przez spiekalnię lub piece metalurgiczne.

#### **Dodatkowe informacje dotyczące techniki**

Dodatkowe informacje dotyczące techniki znajdują się w sekcji 4.4.1.1.

### **8.11.1.4 Wykorzystanie złomu metalicznego**

#### **Opis**

Złom metaliczny pochodzący z procesów mechanicznych (np. z przycinania i wykańczania) jest wykorzystywany w produkcji stali i stopów żelaza. Może się to odbywać na terenie zakładu lub poza nim.

#### **Opis techniczny**

Metaliczne produkty uboczne, w tym złom, odrzuty, ścinki, głównie z walcowania na gorąco, charakteryzują się zwykle względnie wysoką czystością i mogą być ponownie wykorzystane w procesach metalurgicznych (np. BOF).

#### **Korzyści dla środowiska**

Bardziej efektywne wykorzystanie materiałów.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

W walcowaniu na gorąco, ilość powstałego złomu metalicznego wynosi od 70 kg/t do 150 kg/t wyprodukowanej stali. [16, AT, Członek TWG, 1999]

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz ujmując, nie istnieją żadne ograniczenia techniczne dla możliwości zastosowania tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Oszczędności kosztowe.

#### **Cel wdrożenia**

Odzysk żelaza i zmniejszenie zużycia surowców pierwotnych.

#### **Przykładowe zakłady**

Powszechnie stosowana.

#### **Bibliografia**

[16, AT, Członek TWG, 1999]

### **8.11.1.5 Recykling metali i tlenków metali pochodzących z oczyszczania gazów odlotowych na sucho**

#### **Opis**

Frakcja gruboziarnista metali i tlenków metali pochodząca z czyszczenia na sucho (np. filtrów tkaninowych) gazów odlotowych z procesów mechanicznych (np. oczyszczania płomieniowego lub szlifowania) jest selektywnie izolowana przy użyciu technik mechanicznych (np. sit) lub magnetycznych i poddawana recyklingowi, np. w produkcji stali i stopów żelaza. Może się to odbywać na terenie zakładu lub poza nim.

### **Opis techniczny**

Odzyskowi podlegają suche lub odwodnione tlenki, pochodzące przeważnie z systemów oczyszczania powietrza na sucho (np. filtrów workowych) w walcowniach (w tym również z operacji szlifowania lub oczyszczania płomieniowego). Frakcja gruba tlenków może być izolowana selektywnie z wykorzystaniem rozdzielania magnetycznego lub mechanicznego (sita). Frakcję tą można bezpośrednio wykorzystać ponownie w spiekalni, wielkim piecu lub stalowni w celu odzysku żelaza. [27, DE, Członek TWG, 1999].

### **Korzyści dla środowiska**

- Mniejsza ilość odpadów.
- Wykorzystanie żelaza.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

### **Efekty krzyżowe**

W niektórych przypadkach, tlenki mogą zawierać olej wymagający obróbki wstępnej w celu odolejenia materiału przed odzyskiem (zob. sekcja 2.4.13.2). [184, EUROFER 2018]

### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz ujmując, nie istnieją żadne ograniczenia techniczne dla możliwości zastosowania tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

### **Cel wdrożenia**

Zmniejszenie kosztów utylizacji odpadów. [184, EUROFER 2018]

### **Przykładowe zakłady**

Większość zakładów metalurgicznych posiada instalacje do odzysku tlenków. [184, EUROFER 2018]

### **Bibliografia**

[184, EUROFER 2018][27, DE, Członek TWG, 1999]

## **8.11.1.6 Wykorzystanie szlamu zaolejonego**

### **Opis**

Pozostałości szlamów zaolejonych, np. z odtłuszczenia, są odwadniane w celu odzyskania zawartego w nich oleju na potrzeby odzyskania materiałów lub energii. Jeśli zawartość wody w szlamie jest niska, można go bezpośrednio wykorzystać. Może się to odbywać na terenie zakładu lub poza nim.

### **Opis techniczny**

Do usuwania zaolejonego szlamu z kąpielii odtłuszczającej stosowane są różne metody. Szlam zawiera cząstki stałe, a także różne oleje i smary. W zależności od stopnia zanieczyszczenia oraz wartości opałowej, może być on stosowany do innych celów, w razie konieczności po odwadnianiu. Przykładowo, zaolejony szlam może być usunięty z zakładu przez specjalistycznego wykonawcę w celu odzyskania zawartego w nim oleju. W niektórych przypadkach, jeśli zawartość wody jest niska, szlam może być stosowany bezpośrednio jako paliwo. [33, EGGA 1999]

### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszenie zaolejonych odpadów przeznaczonych do utylizacji.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

**Efekty krzyżowe**

Brak informacji.

**Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz ujmując, nie istnieją żadne ograniczenia techniczne dla możliwości zastosowania tej techniki.

**Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

**Cel wdrożenia**

Niższe koszty utylizacji.

**Przykładowe zakłady**

Powszechnie stosowana.

**Bibliografia**

[33, EGGA 1999]

**8.11.1.7 Obróbka cieplna szlamów wodorotlenkowych z odzysku mieszaniny kwasów****Opis**

Szlam powstały w wyniku odzysku kwasu mieszanego jest poddawany obróbce cieplnej w celu uzyskania materiału bogatego we fluorek wapnia, który może być stosowany w konwertorach argonowo-tlenowych (AOD).

**Opis techniczny**

Technika ta obejmuje przetwarzanie szlamu wodorotlenkowego uzyskiwanego jako produkt uboczny z linii wytrawiania stali nierdzewnej mieszaniną kwasów• w celu jego ponownego wykorzystania jako szlam w konwertorach AOD z uwagi na wysoką zawartość fluorku wapnia (substytutu proszku komercyjnego –  $\text{CaF}_2$ ) (zob. Rys. 8.57).

W wytrawialniach z mieszaniną kwasów, szlam trawialniczy jest wytwarzany po neutralizacji  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Standardowo, szlam trawialniczy po przejściu przez prasę filtracyjną zawiera ok. 40–50 %  $\text{CaF}_2$ , 5–30 %  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , 20–30 %  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , 5–9 %  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ , 2–4 %  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  i 2–4 %  $\text{SiO}_2$ . Stosowanie obróbki cieplnej w piecu obrotowym powoduje przekształcenie szlamu wodorotlenkowego w ciemny i wytrzymały materiał, zwany Hydrofluss, zawierający głównie  $\text{CaF}_2$ , oraz tlenki chromu i niklu. Produkt stanowi doskonały zamiennik proszku fluorytowego standardowo stosowanego w produkcji szlamu w procesie AOD. [182, World Patent, 2005]



Rysunek 8.57: Obróbka cieplna (tj. kalcynacja i spiekanie) szlamu wodorotlenkowego uzyskanego w efekcie neutralizacji zużytych kwasów.

Metoda ta jest obecnie stosowana standardowo w Outokumpu Avesta w Szwecji, z uwzględnieniem ograniczeń dotyczących zawartości siarki w szlamie. [178, Schneiker i wsp., 2008]

#### **Korzyści dla środowiska**

- Zmniejszenie składowania szlamów wodorotlenkowych.
- Zmniejszenie stosowania fluorytu w konwertorach AOD.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Zmniejszenie składowania o > 80 %.

#### **Efekty krzyżowe**

- Hydrofluss zawiera 5–8 % Cr, którego niewielkie ilości, poniżej 0,1%, stanowi Cr(VI). [174, Lindfors and Kostamo, 2006]
- Stosowanie Hydrofluss może zwiększyć ilość pierwiastków redukcyjnych (np. Si) w konwertorach AOD i tym samym zwiększyć ilość szlamu. [186, EUROFER 10-7-18, 2018]

#### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Zastosowanie może być ograniczone ze względu na brak miejsca.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Koszty składowania szlamu wodorotlenkowego wynoszą ok. 2 500 euro za tonę. Zużycie fluorytu w wytrawianiu mieszaniną kwasów jest zwykle wyższe od ilości szlamu wodorotlenkowego produkowanego w tym procesie, co oznacza znaczne oszczędności kosztowe z tytułu częściowego zastąpienia fluorytu stosowanego w konwertorach AOD przetworzonym szlamem wodorotlenkowym.

#### **Cel wdrożenia**

- Zmniejszenie/eliminacja składowania szlamów wodorotlenkowych z wytrawialni mieszaniną kwasów.
- Znaczne zmniejszenie ilości fluorytu stosowanego w konwertorach AOD.



### **Przykładowe zakłady**

Outokumpu Stainless AB, Nyby (Szwecja) - Szwecja [232 CR].

### **Bibliografia**

[186, EUROFER 10-7-18, 2018] [178, Schneider i wsp., 2008] [182, Patent Globalny, 2005] [174, Lindfors i wsp., 2006]

## **8.11.2 Techniki dotyczące gospodarowania pozostałościami w procesie cynkowania**

### **8.11.2.1 Recykling pyłu z filtra tkaninowego**

#### **Opis**

Pył z filtrów tkaninowych zawierających chlorek amonu i chlorek cynku zbiera się i wykorzystuje ponownie, np. do produkcji środków do topnikowania. Może się to odbywać na terenie zakładu lub poza nim.

#### **Opis techniczny**

Strącony pył z filtrów tkaninowych składa się głównie z chlorku amonu i chlorku cynku (topnik). Pył jest zbierany, pakowany w worki i okresowo przesyłany do odzysku do producentów topnika.

#### **Korzyści dla środowiska**

Zmniejszenie ilości odpadów przeznaczonych do utylizacji.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak informacji.

#### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

- Stosuje się tylko do cynkowania ogniowego po topnikowaniu.
- Możliwość zastosowania może być ograniczona w zależności od dostępności rynku.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Oszczędności wynikające z obniżenia kosztów utylizacji odpadów.

#### **Cel wdrożenia**

Obniżone koszty utylizacji odpadów.

### **Przykładowe zakłady**

Powszechnie stosowana.

### **Bibliografia**

Brak literatury źródłowej.

### **8.11.2.2 Recykling popiołu cynkowego i kożuchów żużlowych wierzchnich**

#### **Opis**

Cynk metaliczny jest odzyskiwany z popiołu cynkowego i kożuchów żużlowych wierzchnich poprzez topienie w piecach do odzysku. Pozostałość zawierająca cynk jest wykorzystywana, np. do produkcji tlenku cynku. Może się to odbywać na terenie zakładu lub poza nim.

### **Opis techniczny**

Cynk mechaniczny w popiele cynkowym (tj. tlenek cynku) w wyniku procesu szczyrpywania, jest odzyskiwany w piecach do odzysku cynku (w temp. ok. 520 °C). Pozostały popiół cynkowy unosi się na powierzchni stopionego cynku. Stopiony cynk (60–65 wt-%) jest wydobywany i zawracany do wanny cynkowniczej. Pozostałe pozostałości zawierające cynk są sprzedawane zakładom wytwarzającym tlenek cynku. [77, FI, Członek TWG 1999]

### **Korzyści dla środowiska**

- Bardziej efektywne wykorzystanie materiałów.
- Zmniejszenie ilości odpadów przeznaczonych do utylizacji.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Ilość odzyskanego cynku wynosi 11,5 kg/t stali cynkowanej.

### **Efekty krzyżowe**

Brak informacji.

### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz ujmując, nie istnieją żadne ograniczenia techniczne dla możliwości zastosowania tej techniki.

### **Aspekty ekonomiczne**

Należy przeprowadzić bilans ekonomiczny procesu w zakładzie, ponieważ jest on w dużej mierze uwarunkowany ceną odzysku kożucha żużlowego oraz ceną cynku (London Metal Exchange – cena LME). [218, EUROFER 2020]

### **Cel wdrożenia**

Oszczędności kosztowe z tytułu odzysku cynku.

### **Przykładowe zakłady**

Cztery cynkownie w Finlandii, w tym KS-Sinkki Oy, Lievestuore. [35, FI, Członek TWG, 2000]

### **Bibliografia**

[77, FI, Członek TWG 1999] [35, FI, Członek TWG, 2000]

## **8.11.2.3 Recykling kożucha żużlowego dennego (tzw. cynku twardego)**

### **Opis**

Kožuch żużłowy denny jest wykorzystywany np. w przemyśle metali nieżelaznych do produkcji cynku. Może się to odbywać na terenie zakładu lub poza nim.

### **Opis techniczny**

Cynk twarde (kożuch żużłowy denny) jest stopem cynku i żelaza powstającym w kąpeli. Jest efektem reakcji stopionego cynku z żelazem powstałym w efekcie kąpeli trawiącej i zanurzania w topniku, pochodzącego z cynkowanego wsadu i samej wanny. Cynk można odzyskiwać z pozostałości np. w zakładach przemysłowych metali nieżelaznych do produkcji cynku.

### **Korzyści dla środowiska**

- Bardziej efektywne wykorzystanie materiałów.
- Zmniejszenie ilości odpadów przeznaczonych do utylizacji.

### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz ujmując, nie istnieją żadne ograniczenia techniczne dla możliwości zastosowania tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Oszczędności z tytułu odzysku cynku..

#### **Cel wdrożenia**

Oszczędności kosztowe z tytułu odzysku cynku.

#### **Przykładowe zakłady**

Powszechnie stosowana.

#### **Bibliografia**

Brak literatury źródłowej.

### **8.11.2.4 Zmniejszanie zagrożenia dla środowiska związanego ze składowaniem pozostałości zawierających cynk**

#### **Opis**

Pozostałości zawierające cynk z cynkowania ogniowego (tj. popiół cynkowy, kożuch żużłowy wierzchni, kożuch żużłowy denny, rozpryski cynku i pył z filtrów tkaninowych), są składowane oddzielnie od siebie i innych pozostałości:

- na nieprzepuszczalnych powierzchniach, w zamkniętych pomieszczeniach i w zamkniętych pojemnikach/workach, w przypadku pyłu z filtrów tkaninowych;
- na nieprzepuszczalnych powierzchniach oraz w miejscach zadaszonych, chronionych przed spływem powierzchniowym, w przypadku wszystkich pozostałych rodzajów pozostałości wymienionych powyżej.

#### **Opis techniczny**

Pozostałości zawierające cynk pochodzą z cynkowania ogniowego (tj. popiół cynkowy, kożuch żużłowy wierzchni, kożuch żużłowy denny, rozpryski cynku i pył z filtrów tkaninowych). W celu zwiększenia możliwości odzysku i ponownego wykorzystania, pozostałości te są składowane oddzielnie od siebie i innych pozostałości.

#### **Korzyści dla środowiska**

Zapobieganie zanieczyszczeniom ze składowania pozostałości.

#### **Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

#### **Efekty krzyżowe**

Brak.

#### **Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz ujmując, nie istnieją żadne ograniczenia techniczne dla możliwości zastosowania tej techniki.

#### **Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

#### **Cel wdrożenia**

Przepisy ochrony środowiska.

**Przykładowe zakłady**

Powszechnie stosowana.

**Bibliografia**

Brak informacji.

**8.11.3 Techniki gospodarowania pozostałościami z ciągnięcia drutu****8.11.3.1 Zmniejszanie zagrożenia dla środowiska związanego ze składowaniem pozostałości zawierających ołów****Opis**

Pozostałości zawierające ołów z kąpielii ołowiowych są przechowywane oddzielnie od innych pozostałości, na nieprzepuszczalnych powierzchniach i w zamkniętych pomieszczeniach lub w zamkniętych pojemnikach.

**Opis techniczny**

Pozostałości zawierające ołów pochodzą z kąpielii ołowiowych stosowanych w ciągnięciu drutu (np. materiałów warstwy ochronnej i tlenków ołowiu). Pozostałości te są przechowywane oddzielnie od innych pozostałości, na nieprzepuszczalnych powierzchniach i w zamkniętych pomieszczeniach lub w zamkniętych pojemnikach.

**Korzyści dla środowiska**

Zapobieganie zanieczyszczeniom ze składowania pozostałości.

**Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

**Efekty krzyżowe**

Brak.

**Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz ujmując, nie istnieją żadne ograniczenia techniczne dla możliwości zastosowania tej techniki.

**Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

**Cel wdrożenia**

Przepisy ochrony środowiska.

**Przykładowe zakłady**

Powszechnie stosowana.

**Bibliografia**

Brak informacji.

**8.11.3.2 Recykling pozostałości zawierających ołów z ciągnięcia drutu****Opis**

Pozostałości zawierające ołów są odzyskiwane np. do zakładów przemysłowych metali nieżelaznych w celu produkcji ołowiu.

**Opis techniczny**

Pozostałości zawierające ołów pochodzą z kąpeli ołowiowych (materiałów warstwy ochronnej, tlenków ołowiu, itp.). Sektor ciągnięcia drutu zależy od podwykonawców zajmujących się utylizacją lub recyklingiem pozostałości. Standardowo, odpady zawierające ołów są odzyskiwane przez zakłady przemysłowe metali nieżelaznych (huty ołowiu). [11, B. Gielen, Bekaert 1998]

**Korzyści dla środowiska**

Zmniejszenie utylizacji odpadów.

**Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne**

Brak informacji.

**Efekty krzyżowe**

Brak.

**Względy techniczne istotne dla możliwości zastosowania**

Ogólnie rzecz ujmując, nie istnieją żadne ograniczenia techniczne dla możliwości zastosowania tej techniki.

**Aspekty ekonomiczne**

Brak informacji.

**Cel wdrożenia**

Zmniejszenie kosztów dzięki większej z powodu bardziej efektywnego wykorzystania materiałów.

**Przykładowe zakłady**

Powszechnie stosowana.

**Bibliografia**

[11, B. Gielen, Bekaert 1998]

## 9. KONKLUZJE DOTYCZĄCE NAJLEPSZYCH DOSTĘPNYCH TECHNIK (BAT) W ODNIESIENIU DO PRZETWÓRSTWA STALI I STOPÓW ŻELAZA

### 9.1 Zakres stosowania

Niniejsze konkluzje dotyczące BAT odnoszą się do następujących rodzajów działalności wymienionych w załączniku I do dyrektywy 2010/75/UE:

#### 2.3 Obróbka stali:

- (a) eksploatacja walcowni gorących o wydajności przekraczającej 20 ton stali surowej na godzinę;
- (c) nakładanie ochronnych powłok metalicznych o wsadzie przekraczającym 2 tony surowej stali na godzinę; obejmuje to cynkowanie ogniowe i cynkowanie ogniowe jednostkowe (zanurzeniowe).

#### 2.6 Obróbka powierzchni stali i stopów żelaza przy zastosowaniu procesów elektrolitycznych lub chemicznych, gdy całkowita objętość wanień procesowych przekracza 30 m<sup>3</sup>, ze wsadem przygotowanym w procesie walcowania na zimno, ciągnięcia drutu lub cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego) łącznie z wannami procesowymi wykorzystywanymi w tych procesach.

#### 6.11 Prowadzone przez niezależnego operatora oczyszczanie ścieków nieobjętych dyrektywą 91/271/EWG, o ile główny ładunek zanieczyszczeń pochodzi z rodzajów działalności objętych niniejszymi konkluzjami dotyczącymi BAT.

Niniejsze konkluzje dotyczące BAT obejmują również:

- walcowanie na zimno i ciągnięcie drutu, jeżeli jest ono związane bezpośrednio z walcowaniem na gorąco i/lub cynkowaniem ogniowym.
- odzysk kwasu, jeżeli związane bezpośrednio z rodzajami działalności objętymi niniejszymi konkluzjami dotyczącymi BAT.
- mieszane oczyszczanie ścieków różnego pochodzenia, pod warunkiem że oczyszczanie ścieków nie jest objęte Dyrektywą 91/271/EWG oraz że główny ładunek zanieczyszczeń pochodzi z działań objętych niniejszymi konkluzjami BAT.
- procesy spalania związane bezpośrednio z rodzajami działalności objętymi niniejszymi konkluzjami dotyczącymi BAT, pod warunkiem że:
  1. gazowe produkty spalania wchodzi w bezpośredni kontakt z materiałem (np. bezpośrednio nagrzewanie wsadu lub bezpośrednio suszenie wsadu), lub
  2. ciepło promieniujące lub przewodzone jest przekazywane przez ścianę stałą (ogrzewanie pośrednie):
    - bez użycia pośredniczącego ciekłego nośnika ciepła (dotyczy to również nagrzewania wanny cynkowniczej), lub
    - gdy gaz (np. H<sub>2</sub>) działa jako pośredniczący ciekły nośnik ciepła w przypadku wyżarzania partiami (w piecach kołpakowych).

Niniejsze konkluzje dotyczące BAT nie obejmują:

- powlekania metali metodą natryskiwania plazmowego.

- prądowego i bezprądowego nakładania powłok; konkluzje BAT mogą obejmować te rodzaje działalności w odniesieniu do powierzchniowej obróbki metali i tworzyw sztucznych (STM).

Inne konkluzje dotyczące BAT oraz dokumenty referencyjne, które mogą być istotne dla rodzajów działalności objętych niniejszymi konkluzjami dotyczącymi BAT, odnoszą się do:

- produkcji stali i stopów żelaza (IS);
- dużych obiektów energetycznego spalania (LCP);
- powierzchniowej obróbki metali i tworzyw sztucznych (STM);
- obróbki powierzchniowej z wykorzystaniem rozpuszczalników organicznych (STS);
- przetwarzania odpadów (WT);
- monitorowania emisji do powietrza i wody z instalacji stacjonarnych (ROM);
- ekonomiki i wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ECM);
- emisji ze składowania (EFS);
- efektywności energetycznej (ENE);
- przemysłowych systemów chłodzenia (ICS).

Niniejsze konkluzje dotyczące BAT mają zastosowanie bez uszczerbku dla innych stosownych przepisów, np. w sprawie rejestracji, oceny, udzielania zezwoleń i stosowanych ograniczeń w zakresie chemikaliów (REACH), klasyfikacji, oznakowania i pakowania (CLP).

## 9.2 Definicje

Do celów niniejszych konkluzji dotyczących BAT zastosowanie mają następujące definicje:

Pojęcia ogólne	
Zastosowany termin	Definicja
Cynkowanie ogniowe jednostkowe (zanurzeniowe)	Nieciągłe zanurzenie stalowych obrabianych przedmiotów w kąpeli zawierającej roztopiony cynk w celu pokrycia ich powierzchni cynkiem. Obejmuje to również wszelkie bezpośrednio związane z tym procesy obróbki wstępnej i końcowej (np. odtłuszczenie i pasywację).
Kożuch żużlowy denny tzw. „cynk twardy”	Produkt reakcji stopionego cynku z żelazem lub z solami żelaza powstałymi w wyniku trawienia lub topnikowania. Ten produkt reakcji opada na dno wanny cynkowej.
Stal węglowa (niestopowa)	Stal, w której zawartość każdego pierwiastka stopowego wynosi poniżej 5% masowych.
Emisje zorganizowane	Emisje substancji zanieczyszczających do środowiska przez wszelkiego rodzaju kanały, rury, kominy itp.
Walcowanie na zimno	Ściskanie stali przez walce w temperaturze otoczenia w celu zmiany jej właściwości (np. rozmiaru, kształtu i/lub właściwości metalurgicznych). Obejmuje to również wszelkie bezpośrednio związane z tym procesy obróbki wstępnej i końcowej (np. trawienie, wyżarzanie i natłuszczenie)
Pomiar ciągły	Pomiar dokonywany przy zastosowaniu automatycznych systemów pomiarowych zainstalowanych na stałe.
Bezpośredni zrzut	Zrzut do odbiornika wodnego bez dalszego oczyszczania ścieków.
Istniejący zespół urządzeń	Zespół urządzeń, który nie jest nowym zespołem urządzeń.
Wsad	Dowolny wsad stalowy (nieprzetworzony lub częściowo przetworzony) lub półwyroby wprowadzone do etapu procesu produkcyjnego.
Nagrzewanie wsadu	Każdy etap procesu, w którym nagrzewa się wsad. Nie obejmuje to suszenia wsadu ani nagrzewania wanny cynkowniczej.

Żelazochrom	Stop chromu i żelaza na ogół zawierający od 50 % masowych do 70%masowych chromu.
Gazy spalinowe	Spaliny wychodzące z jednostki spalania.
Stal wysokostopowa	Stal, w której zawartość jednego lub więcej pierwiastków stopowych wynosi 5% masowych lub więcej.
Cynkowanie ogniowe	Ciągłe zanurzanie stalowych blach lub drutów w kąpeli zawierającej stopione metale, np. cynk i/lub glin, w celu pokrycia powierzchni metalami. Obejmuje to również wszelkie bezpośrednio związane z tym procesy obróbki wstępnej i końcowej (np. wytrawianie i fosforanowanie).
Walcowanie na gorąco	Ściskanie nagrzanej stali przez walce w temperaturze wynoszącej zwykle od 1 050 °C do 1 300 °C w celu zmiany jej właściwości (np. rozmiaru, kształtu i/lub właściwości metalurgicznych). Obejmuje to walcowanie pierścieni na gorąco oraz walcowanie na gorąco rur bez szwu, a także wszelkie bezpośrednio związane z tym procesy obróbki wstępnej i końcowej (np. oczyszczanie płomieniowe, wykańczanie, wytrawianie i natłuszczanie).
Pośredni zrzut	Zrzut, który nie jest bezpośrednim zrzutem.
Nagrzewanie międzyoperacyjne	Nagrzewanie wsadu między etapami walcowania na gorąco.
Gazy procesowe powstałe przy produkcji stali i stopów żelaza	Gaz wielkopieczowy, gaz konwertorowy, gaz koksowniczy lub ich mieszaniny pochodzące z produkcji stali i stopów żelaza.
Stal z podwyższoną zawartością ołowiu	Gatunki stali, w których zawartość ołowiu wynosi na ogół od 0,15% masowych do 0,35% masowych.
Znacząca modernizacja zespołu urządzeń	Istotna zmiana pod względem konstrukcji lub technologii zespołu urządzeń połączona z wprowadzeniem istotnych korekt w procesie i/lub technikach redukcji emisji i w powiązanych urządzeniach lub z ich wymianą.
Przepływ masowy	Masa danej substancji lub parametru, która jest emitowana w określonym czasie.
Zgorzelina	Tlenki żelaza powstające na powierzchni stali w wyniku reakcji tlenu z ciekłym metalem. Dzieje się to bezpośrednio po odlaniu, podczas ponownego wygrzewania i walcowania na gorąco.
Mieszanina kwasów	Mieszanina kwasu fluorowodorowego i kwasu azotowego.
Nowy zespół urządzeń	Zespół urządzeń na terenie instalacji, który został objęty pozwoleniem po raz pierwszy, po opublikowaniu niniejszych konkluzji dotyczących BAT lub całkowita wymiana zespołu urządzeń po opublikowaniu niniejszych konkluzji dotyczących BAT.
Pomiar okresowy	Pomiar w określonych odstępach czasu z zastosowaniem metod ręcznych lub automatycznych.
Zespół urządzeń	Wszystkie części instalacji objęte zakresem niniejszych konkluzji dotyczących BAT i wszelkie inne bezpośrednio powiązane rodzaje działalności, które mają wpływ na zużycie i/lub emisje. Zespoły urządzeń mogą być nowymi zespołami urządzeń lub istniejącymi zespołami urządzeń.
Nagrzewanie końcowe (dogrzewanie)	Nagrzewanie wsadu po walcowaniu na gorąco.
Chemikalia technologiczne (procesowe)	Substancje lub mieszaniny określone w art. 3 rozporządzenia WE/1907/2006 i stosowane w procesie(-ach).
Odzysk	Odzysk zgodnie z definicją zawartą w art. 3 pkt 15 dyrektywy 2008/98/WE. Odzysk zużytych kwasów obejmuje ich regenerację, odzyskiwanie i recykling.
Ponowne cynkowanie	Przetwarzanie zużytych wyrobów ocynkowanych (np. barierkach ochronnych na autostradach), które po długim okresie eksploatacji są zwracane do cynkowania. Przetwarzanie tych wyrobów wymaga dodatkowych etapów w ramach procesu ze względu na obecność częściowo skorodowanych powierzchni lub konieczność usunięcia resztek powłoki cynkowej.
Ponowne nagrzewanie	Nagrzewanie wsadu przed walcowaniem na gorąco.
Pozostałość	Substancja lub obiekt wytworzony w wyniku prowadzenia działalności objętej zakresem stosowania niniejszych konkluzji dotyczących BAT, takie jak odpady lub produkty uboczne.
Obiekt wrażliwy	Obszary wymagające szczególnej ochrony, takie jak: – obszary mieszkalne; – obszary, na których człowiek prowadzi działalność (np. obszary sąsiadujące z miejscami pracy, szkołami, przedszkolami, obszarami rekreacyjnymi, szpitalami lub



	zakładami pielęgnacyjno-opiekuńczymi).
Stal nierdzewna	Stal wysokostopowa zawierająca chrom zwykle w zakresie 10-23% masowych Obejmuje stal austenityczną, która również zawiera nikiel na ogół w zakresie 8-10% masowych.
Kożuch żuźłowy wierzchni tzw. „zgar”	Tlenki powstające na powierzchni stopionego cynku w wyniku reakcji żelaza i glinu, w procesie cynkowania ogniowego
Ważna średnia wartość godzinna (lub półgodzinna)	Średnią wartość godzinną (lub półgodzinną) uznaje się za ważną, jeżeli nie jest prowadzona konserwacja ani nie wystąpi niesprawność automatycznego systemu pomiarowego.
Substancja lotna	Substancja, która może łatwo przechodzić z postaci stałej lub ciekłej w parę, ma wysoką prężność pary i niską temperaturę wrzenia (np. HCl). Do takich substancji zalicza się lotne związki organiczne zdefiniowane w art. 3 pkt 45 dyrektywy 2010/75/UE.
Ciągnięcie drutu	Ciągnięcie stalowych prętów lub drutów przez matryce w celu zmniejszenia ich średnicy. Obejmuje to również wszelkie bezpośrednio związane z tym procesy obróbki wstępnej i końcowej (np. wytrawianie walcówki i nagrzewanie wsadu po ciągnięciu).
Popiół cynkowy	Mieszanina zawierająca cynk metaliczny, tlenek cynku i chlorek cynku, która tworzy się na powierzchni stopionej kąpieli cynkowej.

<b>Zanieczyszczenia i parametry</b>	
<b>Zastosowany termin</b>	<b>Definicja</b>
B	Suma boru i jego związków, rozpuszczonych lub związanych w cząsteczki, wyrażona jako B.
Cd	Suma kadmu i jego związków, rozpuszczonych lub związanych w cząsteczki, wyrażona jako Cd.
CO	Tlenek węgla.
ChZT	Chemiczne zapotrzebowanie na tlen. Ilość tlenu potrzebna do całkowitego utlenienia chemicznego materii organicznej do dwutlenku węgla z wykorzystaniem dwuchromianu. ChZT jest wskaźnikiem stężenia masy związków organicznych.
Cr	Suma chromu i jego związków, rozpuszczonych lub związanych w cząsteczki, wyrażona jako Cr.
Cr(VI)	Sześciowartościowy chrom, wyrażony jako Cr(VI), obejmuje wszystkie związki chromu, w których chrom jest na VI stopniu utleniania.
Pył	Całkowita masa cząstek stałych (w powietrzu).
Fe	Suma żelaza i jego związków, rozpuszczonych lub związanych w cząsteczki, wyrażona jako Fe.
F <sup>-</sup>	Rozpuszczony fluorek wyrażony jako F.
HCl	Chlorowodór.
HF	Fluorowodór.
Hg	Suma rtęci i jej związków, rozpuszczonych lub związanych w cząsteczki, wyrażona jako Hg.
HOI	Indeks oleju węglowodorowego. Suma związków, których ekstrakcję można przeprowadzić za pomocą rozpuszczalnika węglowodorowego (w tym węglowodory alifatyczne, alicykliczne, aromatyczne lub aromatyczne z podstawioną grupą alkiłową, o długich lub rozgałęzionych łańcuchach).
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Kwas siarkowy.
NH <sub>3</sub>	Amoniak.
Ni	Suma niklu i jego związków, rozpuszczonych lub związanych w cząsteczki, wyrażona jako Ni.
NO <sub>x</sub>	Suma tlenku azotu (NO) i dwutlenku azotu (NO <sub>2</sub> ), wyrażona jako NO <sub>2</sub> .
Pb	Suma ołowiu i jego związków, rozpuszczonych lub związanych w cząsteczki, wyrażona jako Pb.
Sn	Suma cyny i jej związków, rozpuszczonych lub związanych w cząsteczki, wyrażona jako Sn.
SO <sub>2</sub>	Dwutlenek siarki.

SO <sub>x</sub>	Suma dwutlenku siarki (SO <sub>2</sub> ), trójtlenku siarki (SO <sub>3</sub> ) i aerozoli kwasu siarkowego, wyrażona jako SO <sub>2</sub> .
OWO	Ogólny węgiel organiczny, wyrażony jako C (w wodzie); obejmuje wszystkie związki organiczne.
P całkowity	Fosfor całkowity, wyrażony jako P, obejmuje wszystkie nieorganiczne i organiczne związki fosforu.
TSS	Zawiesina ogólna. Masa całkowita zawiesiny (w wodzie) mierzona metodą filtracji przez sączki z włókna szklanego i metodą grawimetryczną.
Całkowite LZO	Całkowita zawartość lotnych związków organicznych wyrażona jako C (w powietrzu).
Zn	Suma cynku i jego związków, rozpuszczonych lub związanych w cząsteczki, wyrażona jako Zn.

### 9.3. Akronimy

Do celów niniejszych konkluzji dotyczących BAT stosuje się następujące akronimy:

Akronim	Definicja
BG	Cynkowanie ogniowe jednostkowe (zanurzeniowe)
CMS	System zarządzania chemikaliami
CR	Walcowanie na zimno
EMS	System zarządzania środowiskowego
FMP	Przetwórstwo stali i stopów żelaza
HDC	Cynkowanie ogniowe ciągłe
HR	Walcowanie na gorąco
OTNOC	Warunki inne niż normalne warunki eksploatacji.
SCR	Selektywna redukcja katalityczna.
SNCR	Selektywna redukcja niekatalityczna.
WD	Ciągnięcie drutu

### 9.4 Uwagi ogólne

#### 9.4.1 Najlepsze dostępne techniki

Techniki wymienione i opisane w niniejszych konkluzjach dotyczących BAT nie mają ani nakazowego, ani wyczerpującego charakteru. Dopuszcza się stosowanie innych technik, o ile zapewniają one co najmniej równoważny poziom ochrony środowiska.

O ile nie stwierdzono inaczej, konkluzje dotyczące BAT mają ogólne zastosowanie.

#### 9.4.2 BAT-AEL i wskaźnikowe poziomy emisji w odniesieniu do emisji do powietrza

Poziomy emisji powiązane z najlepszymi dostępnymi technikami (BAT-AEL) i wskaźnikowe poziomy emisji dla emisji do powietrza podane w niniejszych konkluzjach dotyczących BAT odnoszą się do stężeń (masa wyemitowanej substancji w objętości gazów odlotowych) w następujących warunkach normalnych: w suchym gazie o temperaturze 273,15 K i pod ciśnieniem 101,3 kPa oraz wyrażonych w mg/Nm<sup>3</sup>.

Referencyjne poziomy tlenu stosowane do wyrażenia wartości BAT-AEL oraz wskaźnikowe poziomy emisji w niniejszych konkluzjach dotyczących BAT przedstawiono w poniższej tabeli.

Źródła emisji	Referencyjny poziom tlenu (O <sub>R</sub> )
Procesy spalania związane z: <ul style="list-style-type: none"> <li>- nagrzewaniem i suszeniem wsadu;</li> <li>- nagrzewaniem wanny cynkowniczej.</li> </ul>	3 % obj. w suchym gazie
Wszystkie pozostałe źródła	W odniesieniu do poziomu tlenu korekta nie ma zastosowania.

W przypadkach, w których podano referencyjny poziom tlenu, do celów obliczania stężenia emisji przy referencyjnym poziomie tlenu należy stosować następujące równanie:

$$E_R = \frac{21 - O_R}{21 - O_M} \times E_M$$

gdzie: E<sub>R</sub>: stężenie emisji przy referencyjnym poziomie tlenu O<sub>R</sub>; O<sub>R</sub>: referencyjny poziom tlenu w % obj.;  
E<sub>M</sub>: zmierzone stężenie emisji;  
O<sub>M</sub>: zmierzony poziom tlenu w % obj.

Powyższe równanie nie ma zastosowania, jeżeli w procesie lub procesach spalania wykorzystuje się powietrze wzbogacone w tlen lub czysty tlen, lub gdy dodatkowy pobór powietrza ze względów bezpieczeństwa powoduje, że poziom tlenu w gazach odlotowych jest bardzo bliski 21 % obj. W tym przypadku stężenie emisji przy referencyjnym poziomie tlenu wynoszącym 3 % obj. w suchym gazie oblicza się w inny sposób, np. normalizując na podstawie dwutlenku węgla powstałego w wyniku spalania.

W odniesieniu do okresów uśrednienia BAT-AEL dla emisji do powietrza zastosowanie mają poniższe definicje.

Rodzaj pomiaru	Okres uśrednienia	Definicja
Ciągły	Średnia dobowa	Średnia z okresu jednej doby na podstawie ważnych średnich wartości godzinnych lub półgodzinnych.
Okresowy	Średnia z okresu pobierania próbek	Średnia wartość uzyskana na podstawie trzech kolejnych pomiarów, z których każdy trwa co najmniej 30 minut <sup>(1)</sup>
<sup>(1)</sup> W przypadku każdego parametru, w odniesieniu do którego – z uwagi na ograniczenia dotyczące pobierania próbek lub ograniczenia analityczne lub warunki operacyjne – zastosowanie 30-minutowego próbkowania/pomiaru lub średniej wartości uzyskanej na podstawie trzech kolejnych pomiarów jest niewłaściwe, można zastosować bardziej reprezentatywną procedurę pobierania próbek/pomiaru.		

Jeżeli gazy odlotowe z co najmniej dwóch źródeł (np. pieców) są odprowadzane przez wspólny komin, BAT-AEL mają zastosowanie do połączonego odprowadzenia z komina.

Do celów obliczenia przepływów masowych w odniesieniu do BAT 7 i BAT 20, jeżeli gazy odlotowe z jednego rodzaju źródła (np. pieców) odprowadzane przez co najmniej dwa oddzielne kominy mogłyby, w ocenie właściwego organu, być

odprowadzane przez wspólny komin, kominy te należy traktować jako jeden komin.

### 9.4.3 BAT-AEL w odniesieniu do emisji do wody

Poziomy emisji powiązane z najlepszymi dostępnymi technikami (BAT-AEL) w odniesieniu do emisji do wody przedstawione w niniejszych konkluzjach dotyczących BAT odnoszą się do stężeń (masa wyemitowanych substancji na objętość wody) wyrażonych w mg/l lub µg/l.

Okresy uśrednienia związane z BAT-AEL odnoszą się do jednego z dwóch następujących przypadków:

- W przypadku zrzutu ciągłego – do średnich dobowych, czyli 24-godzinnych próbek złożonych proporcjonalnych do przepływu. Można wykorzystywać próbki złożone proporcjonalne do czasu, pod warunkiem że wykazano wystarczającą stabilność przepływu. Można stosować próbki chwilowe, jeżeli udowodniono, że poziomy emisji są wystarczająco stabilne.
- W przypadku zrzutu partiami – wartości średnie w trakcie uwalniania, pobierane jako próbki złożone proporcjonalne do przepływu lub jako próbka chwilowa pobrana przed zrzutem, pod warunkiem że ścieki oczyszczone są odpowiednio wymieszane i jednorodne.

BAT-AEL stosuje się w punkcie, w którym emisja opuszcza zespół urządzeń.

### 9.4.4 Inne poziomy efektywności środowiskowej powiązane z najlepszymi dostępnymi technikami (BAT-AEPL)

#### 9.4.4.1 BAT-AEPL dla jednostkowego zużycia energii (efektywność energetyczna)

BAT-AEPL dla jednostkowego zużycia energii odnoszą się do średnich rocznych obliczonych za pomocą następującego równania:

$$\text{jednostkowe zużycie energii} = \frac{\text{zużycie energii}}{\text{wkład}}$$

gdzie:

użycie energii: całkowita ilość ciepła (wytworzonego ze źródeł energii pierwotnej) oraz energii elektrycznej zużytej przez odpowiednie procesy, wyrażona w MJ/rok lub kWh/rok; oraz

wsad: całkowita ilość przetworzonego wsadu, wyrażona w t/rok.

W przypadku nagrzewania wsadu zużycie energii odpowiada całkowitej ilości ciepła (wytworzonego ze źródeł energii pierwotnej) oraz energii elektrycznej zużytej przez wszystkie piece w odpowiednich procesach.

#### 9.4.4.2 BAT-AEPL w odniesieniu do jednostkowego zużycia wody

BAT-AEPL dla jednostkowego zużycia wody odnoszą się do średnich rocznych obliczonych za pomocą następującego równania:

$$\text{jednostkowe zużycie wody} = \frac{\text{zużycie wody}}{\text{produkcja}}$$

gdzie:

zużycie wody: całkowita ilość wody zużytej przez zespół urzędzeń z wyłączeniem:

- odzyskanej i ponownie wykorzystanej wody oraz
  - wody chłodzącej używanej w jednoprzepływowych systemach chłodzenia oraz
  - wody do użytku domowego,
- wyrażone w m<sup>3</sup>/rok; oraz

wskaźnik produkcji: całkowita ilość produktów wytworzonych przez zespół urzędzeń, wyrażona w t/rok.

#### 9.4.4.3 BAT-AEPL dla jednostkowego zużycia materiałów

BAT-AEPL dla jednostkowego zużycia materiałów odnoszą się do średnich trzyletnich obliczonych za pomocą następującego równania:

$$\text{jednostkowe zużycie materiałów} = \frac{\text{zużycie materiałów}}{\text{wsad}}$$

gdzie:

zużycie materiałów: średnia trzyletnia całkowitej ilości materiału zużytego przez odpowiednie procesy, wyrażona w kg/rok; oraz

wsad: średnia trzyletnia całkowitej ilości przetworzonego wsadu, wyrażona w t/rok lub m<sup>2</sup>/rok

## 9.5 Ogólne konkluzje dotyczące BAT w odniesieniu do przetwórstwa stali i stopów żelaza

### 9.5.1 Ogólna efektywność środowiskowa

**BAT 1. W celu zmniejszenia ogólnego oddziaływania środowiskowego, w ramach BAT należy opracować i wdrożyć system zarządzania środowiskowego (EMS), który obejmuje wszystkie następujące cechy:**

- i. zaangażowanie, przywództwo i odpowiedzialność kierownictwa, w tym kadry kierowniczej najwyższego szczebla, za wdrożenie skutecznego EMS;
- ii. analizę obejmującą określenie kontekstu organizacji, określenie potrzeb i oczekiwań zainteresowanych stron, określenie cech instalacji, które wiążą się z możliwym ryzykiem dla środowiska (lub zdrowia ludzkiego), jak również mających zastosowanie wymogów prawnych dotyczących środowiska;
- iii. opracowanie polityki ochrony środowiska, która obejmuje ciągłą poprawę efektywności środowiskowej instalacji;
- iv. określenie celów i wskaźników efektywności w odniesieniu do znaczących aspektów środowiskowych, w tym zagwarantowanie zgodności z mającymi zastosowanie wymogami prawnymi;
- v. planowanie i wdrażanie niezbędnych procedur i działań (w tym w razie potrzeby działań naprawczych i zapobiegawczych), aby osiągnąć cele środowiskowe i uniknąć ryzyka środowiskowego;
- vi. określenie struktur, ról i obowiązków w odniesieniu do aspektów i celów środowiskowych oraz zapewnienie niezbędnych zasobów finansowych i ludzkich;

- vii. zapewnienie niezbędnych kompetencji i świadomości pracowników, których praca może mieć wpływ na efektywność środowiskową danej instalacji (np. przez przekazywanie informacji i szkolenia);
- viii. komunikację wewnętrzną i zewnętrzną;
- ix. wspieranie zaangażowania pracowników w dobre praktyki zarządzania środowiskowego;
- x. opracowanie i stosowanie podręcznika zarządzania oraz pisemnych procedur w celu kontroli działalności o znaczącym wpływie na środowisko, jak również odpowiednich zapisów;
- xi. skuteczne planowanie operacyjne i kontrolę procesu;
- xii. wdrożenie odpowiednich programów konserwacji;
- xiii. protokoły gotowości i reagowania na wypadek sytuacji wyjątkowej, w tym zapobieganie niekorzystnemu oddziaływaniu (na środowisko) sytuacji wyjątkowych lub ograniczanie ich negatywnych skutków;
- xiv. w przypadku (ponownego) zaprojektowania (nowej) instalacji lub jej części, uwzględnienie jej wpływu na środowisko w trakcie użytkowania, co obejmuje budowę, konserwację, eksploatację i likwidację;
- xv. wdrożenie programu monitorowania i pomiarów; w razie potrzeby informacje można znaleźć w sprawozdaniu referencyjnym dotyczącym monitorowania emisji do powietrza i wody z instalacji stacjonarnych;
- xvi. regularne stosowanie sektorowej analizy porównawczej;
- xvii. okresowe niezależne (na tyle, na ile to możliwe) audyty wewnętrzne i okresowe niezależne audyty zewnętrzne w celu oceny efektywności środowiskowej i ustalenia, czy EMS jest zgodny z zaplanowanymi rozwiązaniami i czy odpowiednio go wdrożono i utrzymywano;
- xviii. ocenę przyczyn niezgodności, wdrażanie działań naprawczych w odpowiedzi na przypadki niezgodności, przegląd skuteczności działań naprawczych oraz ustalenie, czy podobne niezgodności istnieją lub mogą potencjalnie wystąpić;
- xix. okresowy przegląd EMS przeprowadzany przez kadrę kierowniczą najwyższego szczebla pod kątem jego stałej przydatności, adekwatności i skuteczności;
- xx. monitorowanie i uwzględnianie rozwoju czystszych technik.

W odniesieniu do sektora przetwórstwa stali i stopów żelaza, BAT w systemie zarządzania środowiskowego należy również uwzględnić następujące elementy:

- xxi. wykaz stosowanych chemikaliów technologicznych oraz strumieni ścieków i gazów odlotowych (zob. BAT 2);
- xxii. system zarządzania chemikaliami (zob. BAT 3);
- xxiii. plan zapobiegania wyciekom i rozlaniu oraz ich kontroli (zob. BAT 4 lit. a));
- xxiv. plan zarządzania warunkami innymi niż normalne warunki eksploatacji (zob. BAT 5);
- xxv. plan racjonalizacji zużycia energii (zob. BAT 10 lit. a));
- xxvi. plan gospodarowania wodą (zob. BAT 19 lit. a));
- xxvii. plan zarządzania hałasem i wibracjami (zob. BAT 32);
- xxviii. plan gospodarowania pozostałościami (zob. BAT 34 (a)).

#### **Uwaga**

W rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1221/2009 ustanowiono system ekozarządzania i audytu w Unii Europejskiej, który stanowi przykład EMS spójnego z niniejszymi BAT.

#### **Stosowanie**

Poziom szczegółowości oraz stopień formalizacji EMS będzie zasadniczo zależeć od charakteru, skali i złożoności instalacji oraz od stopnia jej potencjalnego wpływu na środowisko.

**BAT 2. W celu łatwiejszego ograniczenia emisji do wody i powietrza w ramach BAT należy ustanowić, prowadzić i regularnie rewidować (w tym w przypadku zajścia wystąpienia istotnej zmiany), jako część EMS (zob. BAT 1), wykaz zastosowanych chemikaliów technologicznych oraz ścieków i strumieni gazów odlotowych, obejmujący wszystkie następujące elementy:**

- (i) informacje na temat procesów produkcji, w tym:
  - a) uproszczone schematy sekwencji procesów pokazujące pochodzenie emisji;
  - b) opisy technik zintegrowanych z procesem oraz metod oczyszczania ścieków/gazów odlotowych u źródła, w tym ich skuteczności;
- (ii) informacje na temat właściwości strumieni ścieków, takie jak:
  - a) wartości średnie i zmienność przepływu, pH, temperatura i konduktywność;
  - b) średnie wartości stężenia i przepływu masowego odpowiednich substancji (np. zawiesina ogólna, OWO lub ChZT, indeks oleju węglowodorowego, fosfor, metale, fluorki) oraz ich zróżnicowanie
- (ii bis) informacje na temat ilości i właściwości chemikaliów technologicznych, takie jak:
  - a) tożsamość i charakterystyka chemikaliów technologicznych, w tym właściwości wywierające niekorzystny wpływ na środowisko i/lub zdrowie ludzkie;
  - b) ilości stosowanych chemikaliów technologicznych oraz miejsce ich stosowania;
- (iv) informacje na temat właściwości strumieni gazów odlotowych, takie jak:
  - a) wartości średnie i zmienność przepływu oraz temperatury;
  - b) średnie wartości stężenia i przepływu masowego odpowiednich substancji (pył, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, metale, kwasy) oraz ich zróżnicowanie;
  - c) obecność innych substancji mogących wpływać na układ oczyszczania gazu odlotowego (np. tlenu, azotu, pary wodnej) lub bezpieczeństwo zespołu urządzeń (np. wodoru).

### **Stosowanie**

Poziom szczegółowości wykazu będzie zasadniczo zależeć od charakteru, skali i złożoności zespołu urządzeń oraz od zasięgu jego potencjalnego wpływu na środowisko.

**BAT 3. Aby poprawić ogólną efektywność środowiskową, w ramach BAT należy opracować i wdrożyć system zarządzania chemikaliami jako część EMS (zob. BAT 1) zawierający wszystkie następujące cechy i elementy:**

- I. Politykę mającą na celu zmniejszanie zużycia i ryzyka związanego z chemikaliami technologicznymi, w tym politykę zakupów, której celem jest wybór mniej szkodliwych chemikaliów technologicznych i ich dostawców, tak aby zminimalizować użycie i ryzyko związane z substancjami stwarzającymi zagrożenie oraz uniknąć zamawiania nadmiernej ilości chemikaliów technologicznych. Przy wyborze chemikaliów technologicznych można brać pod uwagę:
  - a) możliwość ich eliminacji, ekotoksyczność i możliwość ich uwolnienia do środowiska w celu ograniczenia emisji do środowiska;
  - b) charakterystykę ryzyka związanego z chemikaliami technologicznymi, na podstawie zwrotu określającego zagrożenie związane z danymi chemikaliami, dróg przemieszczania się przez zespół urządzeń, potencjalnego uwolnienia i poziomu narażenia;
  - c) regularną (np. coroczną) analizę możliwości zastąpienia, aby określić potencjalnie nowe, dostępne i bezpieczniejsze

alternatywy dla stosowania substancji stwarzających zagrożenie (np. stosowanie innych chemikaliów technologicznych, które nie mają wpływu na środowisko lub mają mniejszy wpływ na środowisko, zob. BAT 9).

- d) prewencyjne monitorowanie zmian w przepisach dotyczących niebezpiecznych chemikaliów oraz zapewnienie zgodności z obowiązującymi wymogami prawnymi.

Wyboru chemikaliów technologicznych można dokonać, korzystając z wykazu takich chemikaliów (zob. BAT 2).

- II. Cele i plany działania mające na celu uniknięcie lub ograniczenie stosowania substancji stwarzających zagrożenie i związanego z nimi ryzyka.
- III. Opracowanie i wdrożenie procedur nabywania, obsługi, przechowywania i stosowania chemikaliów technologicznych w celu zapobiegania emisjom do środowiska lub ich ograniczania (np. zob. BAT 4).

### Stosowanie

Poziom szczegółowości systemu zarządzania chemikaliami będzie na ogół zależeć od charakteru, skali i złożoności zespołu urządzeń.

**BAT 4. Aby zapobiec emisjom do gleby i wód gruntowych lub ograniczyć te emisje, w ramach BAT należy stosować wszystkie poniższe techniki.**

	Technika	Opis	Stosowanie
a	Opracowanie i wdrożenie planu zapobiegania wyciekom i rozlaniu oraz ich kontroli	<p>Plan zapobiegania wyciekom i rozlaniu oraz ich kontroli jest częścią EMS (zob. BAT 1) i obejmuje m.in.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– miejscowe plany postępowania w przypadku małych i dużych wycieków,</li> <li>– określenie ról i obowiązków uczestniczących osób,</li> <li>– zagwarantowanie, że pracownicy mają wiedzę na temat ochrony środowiska i zostali przeszkoleni w zapobieganiu przypadkom wycieków i radzeniu sobie z nimi,</li> <li>– wskazanie miejsc, w których istnieje ryzyko rozlania lub wycieku materiałów niebezpiecznych, i uszeregowanie ich według ryzyka,</li> <li>– wskazanie odpowiednich urządzeń zabezpieczających przed wyciekami i służących do ich likwidacji oraz regularne sprawdzanie, czy urządzenia te są dostępne, są w dobrym stanie technicznym i znajdują się blisko punktów, w których takie zdarzenia mogą wystąpić,</li> <li>– wytyczne dotyczące gospodarowania odpadami do celów postępowania z odpadami pochodzącymi z kontroli wycieków,</li> <li>– regularne (prowadzone co najmniej raz na rok) inspekcje w miejscach magazynowania i przeładunku, testowanie i kalibracja urządzeń służących do wykrywania nieszczelności i niezwłoczne usuwanie wycieków z zaworów, dławików, kołnierzy itp.</li> </ul>	<p>Poziom szczegółowości planu będzie zasadniczo zależeć od charakteru, skali i złożoności zespołu urządzeń, jak również od rodzaju i ilości wykorzystywanych cieczy.</p>



b	Stosowanie szczelnych koryt olejowych (tac) lub zbiorników	Stacje hydrauliczne i urządzenia smarowane olejem lub smarem są umieszczone w szczelnych korytach olejowych (tacach) lub zbiornikach.	Zastosowanie ogólne
c	Zapobieganie rozlaniu i wyciekowi kwasu oraz postępowanie w przypadku rozlania i wycieku kwasu	Zbiorniki magazynowe zarówno świeżego, jak i zużytego kwasu są wyposażone w szczelną wtórną izolację zabezpieczoną powłoką kwasoodporną, która jest regularnie kontrolowana pod kątem ewentualnych uszkodzeń i pęknięć. Obszary załadunku i rozładunku kwasów są zaprojektowane w taki sposób, aby wszelkie potencjalne rozlania i wycieki były ograniczane i przekazywane do utylizacji na miejscu (zob. BAT 31) lub poza terenem zakładu.	Zastosowanie ogólne.

**BAT 5. Aby ograniczyć częstość występowania warunków innych niż normalne warunki użytkowania oraz emisje w warunkach innych niż normalne warunki eksploatacji (OTNOC), w ramach BAT należy opracować i wdrożyć oparty na analizie ryzyka plan zarządzania w warunkach innych niż normalne warunki eksploatacji będący częścią EMS (zob. BAT 1), który obejmuje wszystkie następujące elementy:**

- identyfikację potencjalnych OTNOC (np. awaria sprzętu o krytycznym znaczeniu dla ochrony środowiska („sprzęt o krytycznym znaczeniu”)), ich przyczyn i potencjalnych konsekwencji oraz regularny przegląd i aktualizację wykazu zidentyfikowanych OTNOC po przeprowadzeniu poniższej oceny okresowej;
- odpowiednia konstrukcja sprzętu krytycznego (np. kategoryzacja filtrów tkaninowych);
- iii. opracowanie i wdrożenie planu inspekcji i zapobiegawczej konserwacji sprzętu o kluczowym znaczeniu (zob. BAT 1 xii);
- monitorowanie (tj. oszacowanie lub, o ile to możliwe, zmierzenie) i rejestrowanie emisji w warunkach innych niż normalne warunki eksploatacji i związanych z nimi okoliczności;
- okresowa ocena emisji w warunkach inne niż normalne warunki eksploatacji (np. częstość występowania zdarzeń, czas ich trwania, ilość wyemitowanych zanieczyszczeń) oraz, w stosownych przypadkach, wdrażanie działań naprawczych.

## 9.5.2 Monitorowanie

**BAT 6. W ramach BAT należy monitorować co najmniej raz w roku:**

- roczna zużycie wody, energii i materiałów,
- roczne wytwarzanie ścieków,
- roczną ilość każdego rodzaju wytworzonych pozostałości i każdego rodzaju odpadów przekazanych do unieszkodliwienia.

### Opis

Monitorowanie można prowadzić za pomocą bezpośrednich pomiarów, obliczeń lub zapisów, np. przy użyciu odpowiednich mierników lub faktur. Monitorowanie odbywa się na najbardziej odpowiednim poziomie (np. na poziomie procesu lub zakładu) i uwzględnia się w nim wszelkie

istotne zmiany w zespole urządzeń.

**BAT 7. W ramach BAT należy monitorować emisje zorganizowane do powietrza co najmniej z podaną poniżej częstotliwością i zgodnie z normami EN. Jeżeli normy EN są niedostępne, w ramach BAT należy stosować normy ISO, normy krajowe lub inne międzynarodowe normy zapewniające uzyskanie danych o równoważnej jakości naukowej.**

Substancja/ Parametr	Szczegółowe procesy	Sektor	Normy	Minimalna częstotliwość monitorowania ( <sup>1</sup> )	Monitorowanie powiązane z
CO	Nagrzewanie wsadu ( <sup>6</sup> )	HR, CR, WD, HDC	EN 15058 ( <sup>2</sup> )	Raz na rok	BAT 22
	Nagrzewanie wanny cynkowniczej ( <sup>6</sup> )	HDC drutów, BG		Raz na rok	
	Odzysk kwasu chlorowodorowego w wyniku prażenia natryskowego lub z wykorzystaniem reaktora ze złożem fluidalnym  Odzysk mieszaniny kwasów w wyniku prażenia natryskowego	HR, CR, HDC, WD		Raz na rok	BAT 29

Pył	Nagrzewanie wsadu	HR, CR, WD, HDC	EN 13284-1	<p>Ciągłe w przypadku każdego komina, w którym występują przepływy masowe pyłu &gt; 2 kg/h</p> <p>Raz na 6 miesięcy w przypadku każdego komina, w którym przepływy masowe pyłu wynoszą od 0,1 kg/h do 2 kg/h</p> <p>Raz na rok w przypadku każdego komina, w którym występują przepływy masowe pyłu &lt; 0,1 kg/h</p>	BAT 20
-----	-------------------	-----------------------	------------	---	--------

		Cynkowanie ogniowe po topnikowaniu	HDC, BG	(2) (3)	Raz na rok (4)	BAT 26
		Odzysk kwasu chlorowodorowego w wyniku prażenia natryskowego lub z wykorzystaniem reaktora ze złożem fluidalnym Odzysk mieszaniny kwasów w wyniku prażenia natryskowego lub przez odparowanie	HR, CR, HDC, WD		Raz na rok	BAT 29
		Obróbka mechaniczna (w tym cięcie wzdłużne, usuwanie zgorzeliny, szlifowanie, przerób wstępny, walcowanie, wykańczanie, prostowanie blach cienkich), oczyszczanie płomieniowe (inne niż ręczne oczyszczanie płomieniowe) oraz spawanie	HR		Raz na rok	BAT 42
		Rozwijanie, mechaniczne wstępne usuwanie zgorzeliny prostowanie blach cienkich i spawanie	CR		Raz na rok	BAT 44
		Kąpiele ołowiowe	WD		Raz na rok	BAT 49
		Ciągnięcie na sucho			Raz na rok	BAT 50
HCl		Wytrawianie kwasem chlorowodorowym	HR, CR, HDC, WD	EN 1911 (2)	Raz na rok	BAT 24
		Wytrawianie i usuwanie warstw przy użyciu kwasu chlorowodorowego	BG		Raz na rok	BAT 60
		Odzysk kwasu chlorowodorowego w wyniku prażenia natryskowego lub z wykorzystaniem reaktora ze złożem fluidalnym	HR, CR, HDC, WD		Raz na rok	BAT 29
		Wytrawianie i usuwanie warstw przy użyciu kwasu chlorowodorowego w otwartych kąpielach trawiących	BG	Brak normy EN	Raz na rok (8)	BAT 60
HF		Wytrawianie mieszaninami kwasów zawierającymi kwas fluorowodorowy	HR, CR, HDC	Trwają prace nad normą EN (2)	Raz na rok	BAT 24
		Odzysk mieszaniny kwasów w wyniku prażenia natryskowego lub przez odparowanie	HR, CR		Raz na rok	BAT 29
Ni		Obróbka mechaniczna (w tym cięcie wzdłużne, usuwanie zgorzeliny, szlifowanie, przerób wstępny, walcowanie, wykańczanie, prostowanie blach cienkich), oczyszczanie płomieniowe (inne niż ręczne oczyszczanie płomieniowe) oraz spawanie	HR		Raz na rok (7)	BAT 42
		Rozwijanie, mechaniczne wstępne usuwanie zgorzeliny, prostowanie blach cienkich i	CR		Raz na rok (7)	BAT 44

Metale		spawanie		EN 14385		
	Pb	Obróbka mechaniczna (w tym cięcie wzdłużne, usuwanie zgorzeliny, szlifowanie, przerób wstępny, walcowanie, wykańczanie, prostowanie blach cienkich), oczyszczanie płomieniowe (inne niż ręczne oczyszczanie płomieniowe) oraz spawanie	HR		Raz na rok <sup>(7)</sup>	BAT 42
		Rozwijanie, mechaniczne wstępne usuwanie zgorzeliny, prostowanie blach cienkich i spawanie	CR		Raz na rok <sup>(7)</sup>	BAT 44
		Kąpiele ołowiowe	WD		Raz na rok	BAT 49
	Zn	Cynkowanie ogniowe po topnikowaniu	HDC, BG		Raz na rok <sup>(4)</sup>	BAT 26
NH <sub>3</sub>		W przypadku zastosowania SNCR lub SCR	HR, CR, WD, HDC	EN ISO 21877 <sup>(2)</sup>	Raz na rok	BAT 22, BAT 25, BAT 29
NO <sub>x</sub>		Nagrzewanie wsadu <sup>(6)</sup>	HR, CR, WD, HDC	EN 14792 <sup>(2)</sup>	<p>Ciągle w przypadku każdego komina, w którym występują przepływy masowe NO<sub>x</sub> &gt; 15 kg/h</p> <p>Raz na 6 miesięcy w przypadku każdego komina, w którym przepływy masowe NO<sub>x</sub> wynoszą od 1 kg/h do 15 kg/h</p> <p>Raz na rok w przypadku każdego komina, w którym występują przepływy masowe &lt; 1 kg/h</p>	BAT 22
		Nagrzewanie wanny cynkowniczej <sup>(6)</sup>	HDC drutów, BG		Raz na rok	

	Wytrawianie samym kwasem azotowym lub w połączeniu z innymi kwasami	HR, CR		Raz na rok	BAT 25
	<p>Odzysk kwasu chlorowodorowego w wyniku prażenia natryskowego lub z wykorzystaniem reaktora ze złożem fluidalnym</p> <p>Odzysk mieszaniny kwasów w wyniku prażenia natryskowego lub przez odparowanie</p>	HR, CR, WD, HDC		Raz na rok	BAT 29
				Ciągle w przypadku każdego komina, w którym występują przepływy masowe > 10 kg/h	

SO <sub>2</sub>	Nagrzewanie wsadu <sup>(5)</sup>	HR, CR, WD, cynkowanie ogniowe (HDC) blach w arkuszach	EN 14791 ( <sup>2</sup> )	Raz na 6 miesięcy w przypadku każdego komina, w którym przepływy masowe SO <sub>2</sub> wynoszą od 1 kg/h do 10 kg/h Raz na rok w przypadku każdego komina, w którym występują przepływy masowe SO <sub>2</sub> < 1 kg/h	BAT 21
	Odzysk kwasu chlorowodorowego w wyniku prażenia natryskowego lub z wykorzystaniem reaktora ze złożem fluidalnym	HR, CR, HDC, WD		Raz na rok <sup>(4)</sup>	BAT 29
SO <sub>X</sub>	Wytrawianie kwasem siarkowym	HR, CR, HDC, WD		Raz na rok	BAT 24
		BG			
Całkowity LWO	Odtłuszczanie	CR, HDC	EN 12619 ( <sup>2</sup> )	Raz na rok <sup>(4)</sup>	BAT 23
	Walcowanie, gniot wygładzający z zastosowaniem emulsji i wykańczanie	CR		Raz na rok <sup>(4)</sup>	BAT 46
	Kąpiele ołowiowe	WD		Raz na rok <sup>(4)</sup>	—
	Olejowe kąpiele hartownicze	WD		Raz na rok <sup>(4)</sup>	BAT 51
<p>(1) W miarę możliwości pomiary są przeprowadzane w najwyższym oczekiwanym stanie emisji w normalnych warunkach eksploatacji.</p> <p>(2) przypadku pomiarów ciągłych zastosowanie mają następujące normy ogólne: EN 15267-1, EN 15267-2, EN 15267-3 oraz EN 14181.</p> <p>(3) W przypadku pomiarów ciągłych zastosowanie ma również norma EN 13284-2.</p> <p>(4) Jeśli okaże się, że poziomy emisji są wystarczająco stabilne, można przyjąć mniejszą częstotliwość monitorowania, ale w każdym przypadku co najmniej raz na 3 lata.</p> <p>(5) Monitorowanie nie ma zastosowania, gdy jako paliwo wykorzystuje się wyłącznie gaz ziemny lub wyłącznie energię elektryczną.</p> <p>(6) Monitorowanie nie ma zastosowania, gdy wykorzystuje się wyłącznie energię elektryczną.</p> <p>(7) Monitorowanie ma zastosowanie tylko wtedy, gdy dana substancja została zidentyfikowana jako istotna w strumieniu gazów odlotowych na podstawie wykazu, o którym mowa w BAT 2.</p> <p>(8) W przypadku gdy techniki a) lub b) BAT 60 nie mają zastosowania, pomiar stężenia HCl w fazie gazowej nad kąpielą trawiącą przeprowadza się co najmniej raz w roku.</p>					

**BAT 8. W ramach BAT należy monitorować emisje do wody co najmniej z podaną poniżej częstotliwością i zgodnie z normami EN. Jeżeli normy EN są niedostępne, w ramach BAT należy stosować normy ISO, normy krajowe lub inne międzynarodowe normy zapewniające uzyskanie danych o równoważnej jakości naukowej.**

Substancja/Parametr	Szczegółowe procesy	Standard(s)	Normy <sup>(1)</sup>	Minimalna częstotliwość monitorowania <sup>(1)</sup>
Zawiesina ogólna (TSS) <sup>(3)</sup>	Wszystkie procesy	EN 872	Raz na tydzień <sup>(2)</sup>	
Ogólny węgiel				

organiczny (OWO) <sup>(3)</sup> <sup>(5)</sup>		Wszystkie procesy	EN 1484	Raz na miesiąc	BAT 31
Chemiczne zapotrzebowanie na tlen (ChZT) <sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup>		Wszystkie procesy	Brak dostępnych norm EN		
Indeks oleju węglowodorowego (HOI) <sup>(5)</sup>		Wszystkie procesy	EN ISO 9377-2	Raz na miesiąc	
Metaloidy <sup>(5)</sup>	Bor	Procesy, w których używany jest boraks	Różne normy EN (np. EN ISO 11885, EN ISO 17294-2)	Raz na miesiąc	
	Kadm	Wszystkie procesy <sup>(6)</sup>	Różne normy EN (np. EN ISO 11885, EN ISO 15586, EN ISO 17294-2)	Raz na miesiąc	
	Chrom	Wszystkie procesy <sup>(6)</sup>			
	Żelazo	Wszystkie procesy			
	Nickel	Wszystkie procesy <sup>(6)</sup>			
	Nikiel	Wszystkie procesy <sup>(6)</sup>			
	Ołów	Hot dip coating using tin			
	Cynk	Wszystkie procesy <sup>(6)</sup>			
Rtęć	Wszystkie procesy <sup>(6)</sup>	Różne normy EN (np.. EN ISO 12846, EN ISO 17852)			
Sześciowartościowy chrom	Wytrawianie stali wysokostopowej lub pasywacja związkami sześciowartościowego chromu	Różne normy EN (np. EN ISO 10304-3, EN ISO 23913)			
Fosfor ogólny (P ogólny) <sup>(3)</sup>		Fosforanowanie	Różne normy EN (np. EN ISO 6878, EN ISO 11885, EN ISO 15681-1 i -2)	Raz na miesiąc	
Fluorek (F) <sup>(5)</sup>		Wytrawianie mieszaninami kwasów zawierającymi kwas fluorowodorowy	EN ISO 10304-1	Raz na miesiąc	
<p>(1) W przypadku zrzutu partiami, który ma miejsce rzadziej niż minimalna częstotliwość monitorowania, monitorowanie przeprowadza się raz dla każdej partii.</p> <p>(2) Częstotliwość monitorowania można ograniczyć i przeprowadzać je raz na miesiąc, jeżeli okaże się, że poziomy emisji są wystarczająco stabilne.</p> <p>(3) Monitorowanie ma zastosowanie tylko w przypadku bezpośredniego zrzutu do odbiornika wodnego.</p> <p>(4) Monitorowane jest ChZT albo OWO. Monitorowanie OWO jest preferowanym wariantem, ponieważ nie wiąże się z wykorzystaniem bardzo toksycznych związków.</p> <p>(5) W przypadku pośredniego zrzutu do odbiornika wodnego częstotliwość monitorowania można ograniczyć do monitorowania raz na trzy miesiące, jeśli oczyszczalnia ścieków jest odpowiednio zaprojektowana i wyposażona, aby przeprowadzać redukcję danych zanieczyszczeń.</p> <p>(6) Monitorowanie ma zastosowanie tylko wtedy, gdy dana substancja/dany parametr zostały zidentyfikowane jako istotne w strumieniu ścieków na podstawie wykazu, o którym mowa w BAT 2.</p>					

### 9.5.3 Substancje niebezpieczne

**BAT 9. Aby uniknąć stosowania związków sześciowartościowego chromu w pasywacji, w ramach BAT należy stosować roztwory zawierające inne metale (np. mangan, cynk, fluorek tytanu, fosforany lub molibdeniany) lub roztwory polimerów organicznych (np. zawierające poliuretanu lub poliestry).**

#### Stosowanie

Możliwość zastosowania może być ograniczona ze względu na specyfikacje produktu

(np. jakość powierzchni, podatność na malowanie, spawalność, formowalność, odporność na korozję).

### 9.5.4 Efektywność energetyczna

**BAT 10.** Aby zwiększyć ogólną efektywność energetyczną zespołu urządzeń, w ramach BAT należy stosować obie poniższe techniki.

Technika	Opis	Stosowanie
a Plan racjonalizacji zużycia energii i audyty energetyczne	Plan racjonalizacji zużycia energii stanowi część EMS (zob. BAT 1) i obejmuje definiowanie i monitorowanie jednostkowego zużycia energii w ramach działalności/procesów (zob. BAT 6), ustalanie kluczowych wskaźników efektywności w skali rocznej (np. MJ/t produktu) oraz planowanie okresowych celów usprawniania i powiązanych działań. Audyty energetyczne przeprowadza się co najmniej raz w roku, aby zapewnić osiągnięcie celów planu zarządzania energią. Plan racjonalizacji zużycia energii i audyty energetyczne mogą być włączone do ogólnego planu racjonalizacji zużycia energii większej instalacji (np. do produkcji stali i stopów żelaza).	Poziom szczegółowości planu racjonalizacji zużycia energii, audytów energetycznych i rejestru bilansu energetycznego będzie zasadniczo zależeć od charakteru, skali i złożoności zespołu urządzeń oraz od rodzajów wykorzystywanych źródeł energii.
b Rejestr bilansu energetyczne go	Sporządzanie raz na rok rejestru bilansu energetycznego, który przedstawia podział zużycia i wytwarzania energii (w tym oddawania energii) według rodzaju źródła energii (np. energia elektryczna, gaz ziemny, gazy procesowe powstałe przy produkcji stali i stopów żelaza, energia ze źródeł odnawialnych, pobrane ciepło lub chłodzenie). Obejmują to: (i) określenie granicy energetycznej procesów; (ii) informacje o zużyciu energii pod względem energii dostarczonej; (iii) informacje o energii oddawanej z zespołu urządzeń na zewnątrz; (iv) informacje o przepływie energii (np. wykresy Sankeya lub bilanse energetyczne) pokazujące, w jaki sposób energia jest wykorzystywana w procesach.	

**BAT 11.** W celu zwiększenia efektywności energetycznej nagrzewania (w tym nagrzewania i suszenia wsadu, a także nagrzewania kąpielii i wanien cynkowniczych) w ramach BAT należy zastosować odpowiednią kombinację technik przedstawionych poniżej.

Technika	Opis	Stosowanie
<i>Konstrukcja i działanie</i>		

a	Optymalna konstrukcja pieca do nagrzewania wsadu	<p>Do takich technik zalicza się:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– optymalizację kluczowych cech pieca (np. liczba i typ palników, szczelność i izolacja pieca przy użyciu odpowiednich materiałów ogniotrwałych);</li> <li>– minimalizację strat ciepła z otworów drzwiowych pieca, np. przez zastosowanie kilku podnoszonych segmentów zamiast jednego w piecach do ciągłego ponownego wygrzewania;</li> <li>– minimalizację liczby konstrukcji podtrzymujących wsad wewnątrz pieca (np. dwuteowników, przewodnic ślizgowych) oraz zastosowanie odpowiedniej izolacji w celu zmniejszenia strat ciepła wynikających z chłodzenia wodą konstrukcji wsporczych w piecach grzewczych ciągłego działania</li> </ul>	Technika ta ma zastosowanie wyłącznie do nowych zespołów urządzeń oraz w przypadku znaczącej modernizacji zespołu urządzeń
b	Optymalna konstrukcja wanny cynkowniczej	<p>Do takich technik zalicza się:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– równomierne nagrzewanie ścian wanny cynkowniczej (np. za pomocą palników o dużej prędkości lub konstrukcji promiennikowej);</li> <li>– zminimalizowanie strat ciepła z pieca poprzez zastosowanie izolowanych ścian zewnętrznych/wewnętrznych (np. wyłożenie ceramiczne).</li> </ul>	Technika ta ma zastosowanie wyłącznie do nowych zespołów urządzeń oraz w przypadku znaczącej modernizacji zespołu urządzeń.
c	Optymalna eksploatacja wanny cynkowniczej	<p>Do takich technik zalicza się:</p> <p>Minimalizacja strat ciepła z wanny cynkowniczej podczas cynkowania ogniowego ciągłego i jednostkowego drutów, np. stosując izolowane osłony w okrasach postoju.</p>	Zastosowanie ogólne.
d	Optymalizacja spalania	Zob. sekcja 9.11.1.	Zastosowanie ogólne.
e	Automatyzacja i sterowanie piecem	Zob. sekcja 9.11.1.	Zastosowanie ogólne.
f	System zarządzania (i gospodarka) gazem procesowym	Zob. sekcja 9.11.1. Stosuje się wartość opałową gazów procesowych powstałych przy produkcji stali i stopów żelaza i/lub gazu bogatego w CO pochodzącego z produkcji żelazochromu.	Stosuje się wyłącznie w przypadku dostępności gazów procesowych powstałych przy produkcji stali i stopów żelaza lub gazu bogatego w CO pochodzącego z produkcji żelazochromu.
g	Wyżarzanie w piecach kołpakowych z użyciem 100 % wodoru	Wyżarzanie w piecach kołpakowych przeprowadza się w piecach, w których jako gaz ochronny o zwiększonej przewodności cieplnej stosuje się 100 % wodór.	Technika ta ma zastosowanie wyłącznie do nowych zespołów urządzeń oraz w przypadku znaczącej modernizacji zespołu urządzeń.
h	Spalanie w tlenie	Zob. sekcja 9.11.1.	Zastosowanie może być ograniczone do pieców przetwarzających stal wysokostopową. Możliwość zastosowania w istniejących zespołach urządzeń może być ograniczona konstrukcją pieca i potrzebą zapewnienia minimalnego przepływu gazów odlotowych. Nie dotyczy pieców wyposażonych w palniki promiennikowe.



i	Spalanie bezpłomieniowe	Zob. sekcja 9.11.1.	Możliwość zastosowania w istniejących zespołach urządzeń może być ograniczona konstrukcją pieca (tj. objętością pieca, przestrzenią na palniki, odległością między palnikami) oraz koniecznością wymiany okładziny ogniotrwałej. Zastosowanie może być ograniczone do procesów, w których wymagana jest ścisła kontrola temperatury lub profilu temperatury (np. rekrytalizacja). Nie dotyczy pieców pracujących w temperaturze niższej niż temperatura samozapłonu wymagana do celów spalania bezpłomieniowego lub pieców wyposażonych w palniki promiennikowe.
j	Palnik opalany impulsowo	Dopływ ciepła do pieca jest kontrolowany przez czas palenia się palników lub przez sekwencyjne uruchamianie poszczególnych palników, a nie przez regulację przepływu powietrza do spalania i paliwa.	Technika ta ma zastosowanie wyłącznie do nowych zespołów urządzeń oraz w przypadku znaczącej modernizacji zespołu urządzeń.
<b>Odzysk ciepła z gazów spalinowych</b>			
k	Wstępne nagrzewanie wsadu	Wsad jest wstępnie nagrzewany w wyniku bezpośredniego nadmuchiwania na niego gorących gazów spalinowych.	Dotyczy wyłącznie pieców do ciągłego ponownego wygrzewania. Nie dotyczy pieców wyposażonych w palniki promiennikowe.
l	Suszenie obrabianego materiału	W cynkowaniu ogniowym jednostkowym (zanurzeniowym) ciepło ze spalin jest wykorzystywane do osuszania obrabianego materiału	Zastosowanie ogólne.
m	Wstępne nagrzewanie powietrza do spalania	Zob. sekcja 9.11.1. Można to osiągnąć na przykład przez zastosowanie palników regeneracyjnych lub rekuperacyjnych. Należy osiągnąć równowagę między maksymalizacją odzysku ciepła z gazów spalinowych a minimalizacją emisji NOx.	Zastosowanie do istniejących zespołów urządzeń może być ograniczone ze względu na brak miejsca w przypadku instalacji z palnikami regeneracyjnymi
n	Kocioł odzysknicowy	Ciepło z gorących gazów spalinowych jest wykorzystywane do wytwarzania pary lub gorącej wody, która jest używana w innych procesach (np. do nagrzewania kąpeli trawiących i topniujących), do ogrzewania komunalnego lub do wytwarzania energii elektrycznej.	Możliwość zastosowania w istniejących zespołach urządzeń może być ograniczona ze względu na brak miejsca i/lub odpowiednie zapotrzebowanie na parę lub gorącą wodę.

Dalsze sektorowe techniki zwiększania efektywności energetycznej podano w sekcjach

9.6.1,  
9.7.1 i 9.8.1 niniejszych konkluzji dotyczących BAT.

Tabela 9.1: Poziomy efektywności środowiskowej powiązane z BAT (BAT-AEPL) w odniesieniu do jednostkowego zużycia energii związanego z nagrzewaniem wsadu w procesie walcowania na gorąco

Szczegółowe procesy	Jednostka	BAT-AEPL (średnia roczna)
<i>Wyroby stalowe na końcu procesu walcowania</i>		
<b>Nagrzewanie wsadu</b>		
<i>Kręgi blach taśmowych walcowanych na gorąco (taśmy)</i>	MJ/t	1 200–1 500 <sup>(1)</sup>
<i>Blachy arkuszowe grube</i>	MJ/t	1 400–2 000 <sup>(2)</sup>
<i>Pręty, walcówka</i>	MJ/t	600–1 900 <sup>(2)</sup>
<i>Kształtowniki, kęsy, szyny, rury</i>	MJ/t	1 400–2 200
<b>Nagrzewanie międzyoperacyjne wsadu</b>		
<i>Bars, rods, tubes</i>	MJ/t	100–900
<b>Nagrzewanie końcowe wsadu</b>		
<i>Blachy arkuszowe grube</i>	MJ/t	1 000–2 000
<i>Pręty, walcówka</i>	MJ/t	1 400–3 000 <sup>(3)</sup>
<p>(1) W przypadku stali wysokostopowej (np. austenitycznej stali nierdzewnej) górna granica zakresu BAT-AEPL może być wyższa i wynosić nawet 2 200 MJ/t.</p> <p>(2) W przypadku stali wysokostopowej (np. austenitycznej stali nierdzewnej) górna granica zakresu BAT-AEPL może być wyższa i wynosić nawet 2 800 MJ/t.</p> <p>(3) W przypadku stali wysokostopowej (np. austenitycznej stali nierdzewnej) górna granica zakresu BAT-AEPL może być wyższa i wynosić nawet 4 000 MJ/t.</p>		

Tabela 9.2: Poziomy efektywności środowiskowej powiązany z BAT (BAT-AEPL) w odniesieniu do jednostkowego zużycia energii związanego z wyżarzaniem po walcowaniu na zimno

Szczegółowe procesy	Jednostka	BAT-AEPL (średnia roczna)
Wyżarzanie po walcowaniu na zimno (w piecach kołpakowych i ciągłe)	MJ/t	600-1200 <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup>
<p>(1) W przypadku wyżarzania w piecach kołpakowych dolną granicę zakresu BAT-AEPL można osiągnąć, wykorzystując BAT 10(f).</p> <p>(2) Poziomy BAT-AEPL może być wyższy w przypadku linii wyżarzania ciągłego wymagających temperatury wyższej 800 °C.</p>		

Tabela 9.3: Poziomy efektywności środowiskowej powiązany z BAT (BAT-AEPL) w odniesieniu do jednostkowego zużycia energii związanego z nagrzewaniem wsadu przed cynkowaniem ogniowym

Szczegółowe procesy	Jednostka	BAT-AEPL (średnia roczna)
Nagrzewanie wsadu przed cynkowaniem ogniowym	MJ/t	700–1 100 <sup>(1)</sup>
<p>(1) Poziomy BAT-AEPL może być wyższy w przypadku linii wyżarzania ciągłego wymagających temperatury wyższej 800 °C.</p>		

Tabela 9.4: Poziomy efektywności środowiskowej powiązany z BAT (BAT-AEPL) w odniesieniu do jednostkowego zużycia energii związanego z cynkowaniem ogniowym jednostkowym (zanurzeniowym)

Szczegółowe procesy	Jednostka	BAT-AEPL (średnia roczna)
Cynkowanie ogniowe jednostkowe (zanurzeniowe)	kWh/t	300–800 <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>

- (1) Górna granica zakresu BAT-AEPL może być wyższa, gdy nadmiar cynku usuwa się poprzez odwirowywanie lub gdy temperatura kąpeli galwanicznej jest wyższa niż 500 °C.
- (2) Górna granica zakresu BAT-AEPL może być wyższa i wynosić do 1 200 kWh/t dla zespołów urządzeń do cynkowania zanurzeniowego, działających przy średniej rocznej wydajności produkcji poniżej 150 t/m<sup>3</sup> objętości wanny cynkowniczej.
- (3) W przypadku zespołów urządzeń do cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego) produkujących głównie cienkie wyroby (np. < 1,5 mm) górna granica zakresu BAT-AEPL może być wyższa i wynosić do 1 000 kWh/t.

Powiązane monitorowanie opisano w BAT 6.

### 9.5.5 Efektywne wykorzystanie materiałów

**BAT 12. Aby zwiększyć efektywność wykorzystania materiałów podczas odtłuszczania i ograniczyć wytwarzanie zużytego roztworu odtłuszczającego, w ramach BAT należy stosować kombinację technik podanych poniżej.**

Technika	Opis	Stosowanie
<b>Unikanie lub ograniczanie konieczności odtłuszczania</b>		
a	Stosowanie wsadu o niskim stopniu zanieczyszczenia olejami i smarami	Możliwość zastosowania może być ograniczona, jeśli nie można wpływać na jakość wsadu.
b	Zastosowanie pieca z bezpośrednim płomieniem w przypadku cynkowania ogniowego blach w arkuszach	Możliwość zastosowania może być ograniczona, jeśli wymagany jest bardzo wysoki poziom czystości powierzchni i przyczepności cynku.
<b>Optymalizacja odtłuszczania</b>		
c	Ogólne techniki zwiększania skuteczności odtłuszczania	Zastosowanie ogólne.
d	Minimalizacja wydostawania się roztworu odtłuszczającego	Zastosowanie ogólne.

e	Odtłuszczenie kaskadowe wsteczne	Odtłuszczenie przeprowadza się w co najmniej dwóch wannach połączonych szeregowo, przy czym wsad jest przenoszony z najbardziej zanieczyszczonej wanny odtłuszczającej do najczystszej	Zastosowanie ogólne.
<b>Wydłużenie czasu eksploatacji wanień odtłuszczających</b>			
f	Czyszczenie i ponowne użycie roztworu odtłuszczającego	W celu oczyszczenia roztworu odtłuszczającego do ponownego użycia stosuje się separację magnetyczną, separację oleju (np. przelewy syfonowe, rynny spustowe, przelewy), mikro- lub ultrafiltrację lub obróbkę biologiczną.	Zastosowanie ogólne.

**BAT 13.** Aby zwiększyć efektywność wykorzystania materiałów w procesie trawienia i ograniczyć wytwarzanie zużytego kwasu trawiącego podczas jego ogrzewania, w ramach BAT należy stosować jedną z technik podanych poniżej i nie stosować bezpośredniego wprowadzania pary.

Technika		Opis
a	Ogrzewanie kwasów za pomocą wymienników ciepła	Odporne na korozję wymienniki ciepła są zanurzone w kwasie trawiącym w celu pośredniego ogrzewania, np. parą.
b	Ogrzewanie kwasów metodą spalania zanurzeniowego	Gazy spalinowe przechodzą przez kwas trawiący, uwalniając energię poprzez bezpośrednie przenoszenie ciepła.

**BAT 14.** Aby zwiększyć efektywność wykorzystania materiałów w procesie trawienia i ograniczyć wytwarzanie zużytego kwasu trawiącego, w ramach BAT należy stosować odpowiednią kombinację technik podanych poniżej.

Technika	Opis	Stosowanie	
<b>Unikanie lub ograniczanie konieczności trawienia</b>			
a	Minimalizacja korozji stali	Do takich technik zalicza się: <ul style="list-style-type: none"> <li>– chłodzenie stali walcowanej na gorąco tak szybko, jak to możliwe, w zależności od specyfikacji produktu;</li> <li>– magazynowanie wsadu w zadaszonych miejscach;</li> <li>– ograniczenie czasu przechowywania wsadu</li> </ul>	Zastosowanie ogólne.
b	Mechaniczne (wstępne) usuwanie zgorzeliny	Do takich technik zalicza się: <ul style="list-style-type: none"> <li>– śrutowanie;</li> <li>– zginanie;</li> <li>– piaskowanie;</li> <li>– szczotkowanie;</li> <li>– wydłużanie i prostowanie blach cienkich</li> </ul>	Zastosowanie do istniejących zespołów urządzeń może być ograniczone ze względu na brak miejsca. Możliwość zastosowania może być ograniczona ze względu na specyfikacje produktu.

c	Wstępne wytrawianie elektrolityczne stali wysokostopowej	Stosowanie roztworu wodnego siarczanu sodu ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) do wstępnej obróbki stali wysokostopowej przed trawieniem mieszaniną kwasów w celu przyspieszenia i usprawnienia usuwania powierzchniowej zgorzeliny tlenkowej. Ścieki zawierające sześciowartościowy chrom są oczyszczane przy użyciu techniki BAT 31, o której mowa w lit. (f).	Ma zastosowanie wyłącznie do walcowania na zimno. Zastosowanie do istniejących zespołów urządzeń może być ograniczone ze względu na brak miejsca.
<b>Optimalizacja procesu trawienia</b>			
d	Splukiwanie po odtłuszczeniu alkalicznym	Dzięki płukaniu wsadu po odtłuszczeniu ogranicza się przeniesienie alkalicznego roztworu odtłuszczającego do kąpeli trawiącej.	Zastosowanie do istniejących zespołów urządzeń może być ograniczone ze względu na brak miejsca.
e	Ogólne techniki zwiększania wydajności wytrawiania	Do takich technik zalicza się: <ul style="list-style-type: none"> <li>- optymalizację temperatury wytrawiania w celu maksymalizacji szybkości trawienia przy minimalizacji emisji kwasów;</li> <li>- optymalizację składu kąpeli trawiącej (np. stężenia kwasu i żelaza);</li> <li>- optymalizację czasu wytrawiania w celu uniknięcia nadmiernego trawienia;</li> <li>- unikanie drastycznych zmian w składzie kąpeli trawiącej poprzez częste uzupełnianie jej świeżym kwasem.</li> </ul>	Zastosowanie ogólne.

f	Czyszczenie wanny do wytrawiania i ponowne użycie wolnego kwasu	Do usuwania cząstek z kwasu trawiącego stosuje się obieg czyszczący, np. z filtracją, a następnie odzyskuje się wolny kwas poprzez wymianę jonową, np. przy użyciu żywic.	Nie ma zastosowania, jeśli stosuje się trawienie kaskadowe (lub podobne), ponieważ w jego wyniku uzyskuje się bardzo niskie poziomy wolnego kwasu
g	Wytrawianie kaskadowe wsteczne	Wytrawianie przeprowadza się w co najmniej dwóch wannach połączonych szeregowo, przy czym wsad jest przenoszony z wanny o najniższym stężeniu kwasu do wanny o najwyższym.	Zastosowanie do istniejących zespołów urządzeń może być ograniczone ze względu na brak miejsca
h	Minimalizacja wydostawania się kwasu do wytrawiania	Do takich technik zalicza się: <ul style="list-style-type: none"> <li>- użycie rolek dociskowych, np. w przypadku trawienia ciągłego taśmy;</li> <li>- uzyskanie odpowiedniego czasu ociekania, np. przez powolne podnoszenie obrabianych przedmiotów;</li> <li>- wykorzystanie zwojów walcówki wibracyjnej</li> </ul>	Zastosowanie ogólne.
i	Wytrawianie turbulencyjne	Do takich technik zalicza się: <ul style="list-style-type: none"> <li>- wtryskiwanie kwasu trawiącego pod wysokim ciśnieniem przez dysze;</li> <li>- wstrząsanie kwasu trawiącego za pomocą turbiny zanurzonej.</li> </ul>	Zastosowanie do istniejących zespołów urządzeń może być ograniczone ze względu na brak miejsca.
j	Stosowanie inhibitorów trawienia	Inhibitory trawienia są dodawane do kwasu trawiącego w celu ochrony metalicznie czystych części wsadu przed nadmiernym trawieniem.	Nie ma zastosowania do stali wysokostopowej. Możliwość zastosowania może być ograniczona ze względu na specyfikację

			produktu.
k	Aktywne wytrawianie w kwasie chlorowodorowym	Wytrawianie przeprowadza się przy niskim stężeniu kwasu chlorowodorowego (tj. wagowo ok. 4–6 %) i wysokim stężeniu żelaza (tj. ok. 120–180 g/l) w temperaturze 20–25 °C.	Zastosowanie ogólne

Tabela 9.5: Poziom efektywności środowiskowej powiązany z BAT (BAT-AEPL) w odniesieniu do jednostkowego zużycia kwasu trawiącego przy cynkowaniu ogniowym jednostkowym (zanurzeniowym)

Kwas trawiący	Jednostka	BAT-AEPL (średnia z 3 lat)
Kwas hydrochlorowy, 28% wagowo	kg/t	13–30 <sup>(1)</sup>

Powiązane monitorowanie opisano w BAT 6.

**BAT 15.** Aby zwiększyć efektywność wykorzystania materiałów przy topnikowaniu i zmniejszyć ilości zużytego roztworu topnika przekazywanego do unieszkodliwienia, w ramach BAT należy stosować wszystkie techniki a), b) i c) w połączeniu z techniką d) lub w połączeniu z techniką e) podanymi poniżej.

Technika		Opis	Stosowanie
a	Płukanie obrabianych przedmiotów po wytrawianiu	W przypadku cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego) przenoszenie żelaza do roztworu topnika jest ograniczane przez płukanie obrabianych przedmiotów po wytrawianiu	Zastosowanie do istniejących zespołów urządzeń może być ograniczone ze względu na brak miejsca.
b	Zoptymalizowany proces topnikowania	Skład chemiczny roztworu topnika jest monitorowany i często korygowany. Ilość stosowanego środka do topnikowania jest ograniczona do minimalnego poziomu wymaganego do osiągnięcia specyfikacji produktu.	Zastosowanie ogólne.
c	Minimalizacja wydostawania się roztworu topnika	Przeznaczenie wystarczającej ilości czasu na ocieknięcie roztworu topnika minimalizuje usuwanie go z kąpeli wraz z wyrobami.	Zastosowanie ogólne.
d	Usuwanie żelaza i ponowne użycie roztworu topnika	Żelazo usuwa się z roztworu topnika za pomocą jednej z następujących technik: - utlenianie elektrolityczne; - utlenianie powietrzem lub z użyciem H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ; - wymiana jonowa. Po usunięciu żelaza roztwór topnika wykorzystuje się ponownie.	Zastosowanie do istniejących zespołów urządzeń do cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego) może być ograniczone ze względu na brak miejsca.
e	Odzysk soli ze zużytego roztworu topnika do produkcji środków do topnikowania	Zużyty roztwór topnika jest wykorzystywany do odzysku zawartych w nim soli w celu produkcji środków do topnikowania. Może się to odbywać na terenie zakładu lub poza nim.	Możliwość zastosowania może być ograniczona w zależności od dostępności rynku.

**BAT 16.** W celu zwiększenia efektywności wykorzystania materiałów w procesie cynkowania ogniowego przy powlekanii drutów i cynkowaniu zanurzeniowym oraz zmniejszenia ilości

wytwarzanych odpadów, w ramach BAT należy stosować wszystkie techniki podane poniżej.

Technika		Opis
a	Ograniczenie powstawania kożucha żużlowego dennego tzw. twardego cynku	Wytwarzanie kożucha żużlowego dennego można ograniczyć, np. przez wystarczające płukanie po wytrawianiu, usuwanie żelaza z roztworu topnika (zob. BAT 15 lit. d)), stosowanie środków do topnikowania o łagodnym działaniu trawiącym oraz unikanie miejscowego przegrzewania w wannie cynkowniczej.
b	Zapobieganie rozpryskom cynku przy cynkowaniu ogniowym jednostkowym (zanurzeniowym), zbieranie rozprysków cynku i ich ponowne wykorzystanie	Powstawanie rozprysków cynku z wanny cynkowniczej jest ograniczone dzięki zminimalizowaniu przenoszenia roztworu topnika (zob. BAT 26 lit. b. Rozpryski cynku wydobywające się z wanny cynkowniczej są zbierane i ponownie wykorzystywane. Obszar wokół wanny jest utrzymywany w czystości, aby ograniczyć zanieczyszczenie rozpryskami.
c	Zmniejszenie ilości wytwarzanego popiołu cynkowego	Tworzenie się popiołu cynkowego, tj. utlenianie cynku na powierzchni kąpeli, jest ograniczane np. przez: <ul style="list-style-type: none"> <li>- wystarczające wysuszenie obrabianych przedmiotów/drutów przed zanurzeniem;</li> <li>- unikanie niepotrzebnych zakłóceń kąpeli podczas produkcji, w tym podczas odtłuszczenia;</li> <li>- zmniejszenie powierzchni wanny stykającej się z powietrzem za pomocą pływającej osłony ogniotrwałej – w przypadku ciągłego cynkowania ogniowego drutów.</li> </ul>

**BAT 17.** Aby zwiększyć efektywność wykorzystania materiałów i zmniejszyć ilość odpadów przekazywanych do unieszkodliwienia w wyniku fosforanowania i pasywacji, w ramach BAT należy stosować technikę, o której mowa w lit. a), oraz jedną z technik, o których mowa w lit. b) lub c), poniżej.

Technika		Opis
<i>Wydłużenie czasu eksploatacji wariantów do przetwarzania</i>		
a	Czyszczenie i ponowne użycie roztworu do fosforanowania lub pasywacji	Obieg czyszczący, na przykład z filtracją, służy do oczyszczania roztworu do fosforanowania lub pasywacji w celu ponownego użycia.
<i>Optymalizacja przetwarzania</i>		
b	Stosowanie powłok walcowych do taśm	Powłokarki rolkowe stosuje się do nakładania roztworu do pasywacji lub warstwy zawierającej fosforany na powierzchnię taśm. Umożliwia to lepszą kontrolę grubości warstwy, a tym samym zmniejszenie zużycia chemikaliów.
c	Minimalizacja wydostawania się roztworu chemicznego	Wydostawanie się roztworu chemicznego z kąpeli jest minimalizowane np. dzięki przepuszczaniu taśm przez rolki dociskowe lub dzięki zapewnieniu odpowiedniego czasu ociekania obrabianego materiału.

**BAT 18.** Aby ograniczyć ilość zużytego kwasu trawiącego przekazywanego do unieszkodliwienia, w ramach BAT należy przeprowadzić odzyskiwanie zużytych kwasów trawiących (tj. kwasu chlorowodorowego, siarkowego i mieszanego). Neutralizacja zużytych kwasów trawiących lub wykorzystanie zużytych kwasów trawiących do rozdzielania emulsji nie stanowi BAT.

#### Opis

Techniki odzyskiwania zużytego kwasu trawiącego na terenie zakładu lub poza nim obejmują:

- prażenie natryskowe lub wykorzystanie reaktorów ze złożem fluidalnym do

- odzysku kwasu chlorowodorowego;
- krystalizacja siarczanu żelazowego do odzysku kwasu siarkowego;
- prażenie natryskowe, odparowanie, wymiana jonowa lub dializa dyfuzyjna w celu odzyskania kwasu mieszanego;
- wykorzystanie zużytego kwasu trawiącego jako surowca wtórnego (np. do produkcji chlorku żelaza lub pigmentów).

### Stosowanie

W przypadku cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego), jeżeli wykorzystanie zużytego kwasu trawiącego jako surowca wtórnego jest ograniczone z powodu jego niedostępności na rynku, wyjątkowo można przeprowadzić neutralizację zużytego kwasu wytrawiającego.

Dalsze sektorowe techniki zwiększania efektywności wykorzystania materiałów podano w sekcjach 9.6.2, 9.7.2, 9.8.2, 9.9.1 i 9.10.1 niniejszych konkluzji dotyczących BAT.

## 9.5.6 Zużycie wody i wytwarzanie ścieków

**BAT 19. Aby zoptymalizować zużycie wody, zwiększyć jej zdolność do recyklingu i zmniejszyć ilość wytwarzanych ścieków, w ramach BAT należy stosować zarówno techniki, o których mowa w lit. a) i b), jak i odpowiednią kombinację technik, o których mowa w lit. c)–i) przedstawionych poniżej.**

Technika		Opis	Stosowanie
a	Plan gospodarowania wodą i audyty gospodarki wodnej	Plan gospodarowania wodą i audyty gospodarki wodnej stanowią część systemu EMS (zob. BAT 1) i obejmują: <ul style="list-style-type: none"> <li>– schematy przepływu i bilans masy wody zespołu urządzeń,</li> <li>– ustalanie celów pod względem oszczędności wody,</li> <li>– wdrażanie technik optymalizacji zużycia wody (np. kontrola zużycia wody, recykling wody, wykrywanie i usuwanie wycieków).</li> </ul> Audyty gospodarki wodnej przeprowadza się co najmniej raz w roku, aby zapewnić osiągnięcie celów planu gospodarowania wodą. Plan gospodarowania wodą i audyty gospodarki wodnej mogą być włączone do ogólnego planu gospodarowania wodą w większej instalacji (np. do produkcji stali i stopów żelaza).	Poziom szczegółowości planu gospodarowania wodą i audytów gospodarki wodnej będzie zasadniczo zależeć od charakteru, skali i złożoności zespołu urządzeń
b	Rozdzielenie strumieni wody	Każdy rodzaj ścieków (np. wodapowierzchniowa, woda procesowa, ścieki alkaliczne lub kwaśne, zużyty roztwór odtłuszczający) zbiera się z uwzględnieniem zawartości zanieczyszczeń i wymaganych technik oczyszczania. Strumienie ścieków, które mogą być poddane recyklingowi bez oczyszczania, oddziela się od strumieni ścieków wymagających oczyszczania.	Możliwość zastosowania w istniejących zespołach urządzeń może być ograniczona układem systemu zbierania wody.



c	Minimalizacja zanieczyszczenia wody procesowej węglowodorami	Zanieczyszczenie wody procesowej ubywającym olejem i smarem jest minimalizowane dzięki zastosowaniu takich technik jak: – olejoszczelne łożyska i uszczelnienia łożysk walców roboczych; – wskaźniki wycieku; regularne kontrole i zapobiegawcza konserwacja uszczelnień pompy, rurociągów i walców roboczych.	Zastosowanie ogólne.
d	Ponowne wykorzystanie lub recykling wody	Strumienie wody (np. woda procesowa, ścieki z oczyszczania na mokro lub kąpeli hartowniczych) są ponownie wykorzystywane lub poddawane recyklingowi w obiegach zamkniętych lub półzamkniętych, w razie potrzeby po oczyszczeniu (zob. BAT 30 i BAT 31).	Stopień ponownego wykorzystania lub recyklingu wody jest uwarunkowany bilansem wodnym zespołu urządzeń, zawartością zanieczyszczeń lub charakterystyką ścieków
e	Płukanie kaskadowe wsteczne	Płukanie przeprowadza się w co najmniej dwóch wannach szeregowych, przy czym wsad jest przenoszony z najbardziej zanieczyszczonej wanny do płukania do najczystszej.	Zastosowanie do istniejących zespołów urządzeń może być ograniczone ze względu na brak miejsca.
f	Recykling lub ponowne wykorzystanie wody do płukania	Woda z płukania po wytrawianiu lub odtłuszczeniu jest po oczyszczeniu, w razie potrzeby, poddawana recyklingowi/ponownie wykorzystywana do poprzednich kąpeli procesowych jako woda	Zastosowanie ogólne.

		uzupełniająca, woda do płukania lub, jeśli stężenie kwasu jest wystarczająco wysokie, do odzysku kwasu..	
g	Oczyszczanie i ponowne użycie wody procesowej zawierającej olej i zgorzelinę w procesie walcowania na gorąco	Ścieki zawierające olej i zgorzelinę z walcowni gorących są oczyszczane oddzielnie z zastosowaniem różnych etapów oczyszczania, w tym dołów na zgorzelinę, osadników, cyklonów i filtracji w celu oddzielenia oleju i zgorzeliny. Duża część oczyszczonej wody jest ponownie używana w procesie.	Zastosowanie ogólne.
h	Usuwanie zgorzeliny natryskiem wodnym sterowane czujnikami w walcowaniu na gorąco	Czujniki i automatyka służą do śledzenia położenia wsadu i regulowania ilości wody do usuwania zgorzeliny przepływającej przez dysze wodne.	Zastosowanie ogólne.

Tabela 9.6: Poziomy efektywności środowiskowej powiązane z BAT (BAT-AEPL) w odniesieniu do jednostkowego zużycia wody

Sektor	Jednostka	BAT-AEPL (średnia roczna)
Walcowanie na gorąco	m <sup>3</sup> /t	0,5–5
Walcowanie na zimno	m <sup>3</sup> /t	0,5–10
Ciągnięcie drutu	m <sup>3</sup> /t	0,5–5
Cynkowanie ogniowe	m <sup>3</sup> /t	0,5–5

Powiązane monitorowanie opisano w BAT 6.

## 9.5.7 Emisje do powietrza

### 9.5.7.1 Emisje do powietrza z ogrzewania

**BAT 20.** Aby zapobiegać emisjom pyłu do powietrza w wyniku ogrzewania lub ograniczać takie emisje, w ramach BAT należy stosować energię elektryczną wytwarzaną z niekopalnych źródeł energii albo technikę, o której mowa w lit. a), w połączeniu z techniką, o której mowa w lit. b) poniżej.

Technika		Opis	Stosowanie
a	Wykorzystanie paliw o niskiej zawartości pyłu i popiołu	Paliwa o niskiej zawartości pyłu i popiołu to na przykład gaz ziemny, gaz płynny, odpylony gaz wielkopieczowy i odpylony gaz konwertorowy.	Zastosowanie ogólne.
b	Ograniczanie porywania pyłu	Porywanie pyłu ogranicza na przykład: <ul style="list-style-type: none"> <li>- w miarę możliwości stosowanie czystego wsadu lub czyszczenie wsadu z luźnej zgorzeliny i pyłu przed wprowadzeniem go do pieca;</li> <li>- minimalizacja powstawania pyłu w wyniku uszkodzenia okładzin ogniotrwałych, np. poprzez unikanie bezpośredniego kontaktu płomieni z okładzinami ogniotrwałymi, stosowanie powłok ceramicznych na okładzinach ogniotrwałych;</li> <li>- unikanie bezpośredniego kontaktu płomieni z wsadem.</li> </ul>	Unikanie bezpośredniego kontaktu płomieni z wsadem nie ma zastosowania w przypadku pieców z płomieniem bezpośrednim

Tabela 9.7: Poziomy emisji powiązane z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji pyłu do powietrza pochodzących z nagrzewania wsadu

Parametr	Sektor	Jednostka	BAT-AEL <sup>(1)</sup> (średnia dobową lub średnia z okresu pobierania próbek)
Pył	Walcowanie na gorąco	mg/Nm <sup>3</sup>	< 2–10
	Walcowanie na zimno		< 2–10
	Ciągnięcie drutu		< 2–10
	Cynkowanie ogniowe		< 2–10

(<sup>1</sup>) The BAT-AEL nie ma zastosowania, gdy przepływ masowy pyłu nie osiąga poziomu 100 g/h.

Powiązane monitorowanie opisano w BAT 7.

**BAT 21.** Aby zapobiegać emisjom SO<sub>2</sub> do powietrza w wyniku ogrzewania lub ograniczać takie emisje, w ramach BAT należy stosować energię elektryczną wytwarzaną z niekopalnych źródeł energii albo paliwa, lub kombinacji paliw o niskiej zawartości siarki.

#### Opis

Paliwa o niskiej zawartości siarki to na przykład gaz ziemny, gaz płynny, gaz wielkopieczowy, gaz konwertorowy oraz gaz bogaty w CO z produkcji żelazochromu.

Tabela 9.8: Poziomy emisji powiązane z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji SO<sub>2</sub> do powietrza pochodzących z nagrzewania wsadu

Parametr	Sektor	Jednostka	BAT-AEL (średnia dobowa lub średnia z okresu pobierania próbek)
SO <sub>2</sub>	Walcowanie na gorąco	mg/Nm <sup>3</sup>	50–200 <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup>
	Walcowanie na zimno, ciągnięcie drutu, cynkowanie ogniowe blach w arkuszach		20–100 <sup>(1)</sup>
<p>(1)BAT-AEL nie ma zastosowania do zespołów urządzeń wykorzystujących w 100 % gaz ziemny lub w 100 % ogrzewanie elektryczne.</p> <p>(2)Górna granica zakresu BAT-AEL może być wyższa i wynosić do 300 mg/Nm<sup>3</sup> w przypadku dużego udziału gazu koksowniczego (&gt; 50 % energii wejściowej).</p>			

Powiązane monitorowanie opisano w BAT 7.

**BAT 22. Aby zapobiegać emisjom NO<sub>x</sub> do powietrza z ogrzewania lub je ograniczać, a jednocześnie ograniczać emisje CO i NH<sub>3</sub> z zastosowania SNCR lub SCR, w ramach BAT należy wykorzystać energię elektryczną wytwarzaną z niekopalnych źródeł energii albo odpowiednią kombinację technik, o których mowa poniżej**

Technika	Opis	Stosowanie	
<i>Zmniejszenie wytwarzania emisji</i>			
a	Stosowanie paliwa lub kombinacji paliw o niskim potencjale tworzenia NO <sub>x</sub>	Paliwa o niskim potencjale tworzenia NO <sub>x</sub> , np. gaz ziemny, skroplony gaz płynny (LPG), gaz wielkopieczowy i gaz konwertorowy	Zastosowanie ogólne.
b	Automatyzacja i sterowanie piecem	Zob. sekcja 9.11.2.	Zastosowanie ogólne.
c	Optymalizacja spalania	Zob. sekcja 9.11.2. Zazwyczaj stosowana w połączeniu z innymi technikami	Zastosowanie ogólne.
d	Palniki o niskiej emisji NO <sub>x</sub>	Zob. sekcja 9.11.2.	Możliwość zastosowania może być ograniczona w przypadku istniejących zespołów urządzeń ze względu na przeszkody konstrukcyjne lub operacyjne.

e	Recykulacja spalin	Recykulacja (zewnętrzna) części gazów spalinowych do komory spalania w celu zastąpienia części świeżego powietrza do spalania, o podwójnym efekcie obniżenia temperatury chłodzenia i ograniczenia zawartości O <sub>2</sub> do utleniania azotu, co w rezultacie ogranicza wytwarzanie NO <sub>x</sub> . Technika polega na wprowadzeniu gazów spalinowych z pieca do płomienia w celu zmniejszenia zawartości tlenu, a tym samym temperatury płomienia.	Zastosowanie do istniejących zespołów urządzeń może być ograniczone ze względu na brak miejsca.
f	Ograniczanie temperatury wstępnego nagrzewania powietrza	Ograniczanie temperatury wstępnego ogrzewania powietrza prowadzi do zmniejszenia stężenia emisji NO <sub>x</sub> . Należy osiągnąć równowagę między maksymalizacją odzysku ciepła z gazów spalinowych a minimalizacją emisji NO <sub>x</sub>	Może nie mieć zastosowania w przypadku pieców wyposażonych w palniki promienników rurowych

g	Spalanie bezpłomieniowe	Zob. sekcja 9.11.2.	Możliwość zastosowania w istniejących zespołach urządzeń może być ograniczona konstrukcją pieca (tj. objętością pieca, przestrzenią na palniki, odległością między palnikami) oraz koniecznością wymiany okładziny ogniotrwalej. Zastosowanie może być ograniczone do procesów, w których wymagana jest ścisła kontrola temperatury lub profilu temperatury (np. rekrytalizacja). Nie dotyczy pieców pracujących w temperaturze niższej niż temperatura samozapłonu wymagana do celów spalania bezpłomieniowego lub pieców wyposażonych w palniki promiennikowe.
h	Spalanie w tlenie	Zob. sekcja 9.11.2.	Zastosowanie może być ograniczone do pieców przetwarzających stal wysokostopową. Możliwość zastosowania w istniejących zespołach urządzeń może być ograniczona konstrukcją pieca i potrzebą zapewnienia minimalnego przepływu gazów odlotowych. Nie dotyczy pieców wyposażonych w palniki promiennikowe.
<b>Oczyszczanie gazów odlotowych</b>			
i	Selektywna redukcja katalityczna (SCR)	Zob. sekcja 9.11.2.	Zastosowanie do istniejących zespołów urządzeń może być ograniczone ze względu na brak miejsca. Możliwość zastosowania może być ograniczona w przypadku wyżarzania w piecach kołpakowych ze względu na zmienne temperatury podczas cyklu wyżarzania.
j	Selektywna redukcja niekatalityczna (SNCR)	Zob. sekcja 9.11.2.	Możliwość zastosowania w istniejących zespołach urządzeń może być ograniczona optymalnym zakresem temperatur i czasem przebywania potrzebnym do przeprowadzenia reakcji. Możliwość zastosowania może być ograniczona w przypadku wyżarzania w piecach kołpakowych ze względu na zmienne temperatury podczas cyklu wyżarzania.

k	Optymalizacja projektu i działania SNCR/SCR	Zob. sekcja 9.11.2.	Technika ta ma zastosowanie wyłącznie w przypadku, gdy SNCR/SCR wykorzystuje się do obniżenia emisji NOx.
---	---	---------------------	---

Tabela 9.9: Poziomy emisji powiązane z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji NOx do powietrza i wskaźnikowe poziomy emisji w odniesieniu do zorganizowanych emisji CO do powietrza pochodzących z nagrzewania wsadu w procesie walcowania na gorąco

Parametr	Rodzaj paliwa	Szczegółowy proces	Jednostka	BAT-AEL (średnia dobową lub średnia z okresu pobierania próbek)	Wskaźnikowy poziom emisji Średnia dobową lub średnia z okresu pobierania próbek
----------	---------------	--------------------	-----------	---	---

NOx	100 % gaz ziemny	Nagrzewanie	mg/Nm <sup>3</sup>	Nowe zespoły urządzeń: 80–200 Istniejące zespoły urządzeń: 100–350	Brak poziomu wskaźnikowego
		Nagrzewanie międzyoperacyjne	mg/Nm <sup>3</sup>	100–250	
		Nagrzewanie końcowe	mg/Nm <sup>3</sup>	100–200	
	Inne paliwa	Nagrzewanie, nagrzewanie międzyoperacyjne, nagrzewanie końcowe	mg/Nm <sup>3</sup>	100–350 <sup>(1)</sup>	
CO	100 % gaz ziemny	Nagrzewanie	mg/Nm <sup>3</sup>	No BAT-AEL	10–50
		Nagrzewanie międzyoperacyjne	mg/Nm <sup>3</sup>		10–100
		Nagrzewanie końcowe	mg/Nm <sup>3</sup>		10–100
	Inne paliwa	Nagrzewanie, nagrzewanie międzyoperacyjne, nagrzewanie końcowe	mg/Nm <sup>3</sup>		10–50
<sup>(1)</sup> Górna granica zakresu BAT-AEL może być wyższa i wynosić do 550 mg/Nm <sup>3</sup> w przypadku dużego udziału gazu koksowniczego lub gazu bogatego w CO z produkcji żelazochromu (> 50 % energii wejściowej). W takim przypadku, górna granica zakresu BAT-AEL wynosi 550 mg/Nm <sup>3</sup> .					

Tabela 9.10: Poziomy emisji powiązane z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji NOx do powietrza i wskaźnikowe poziomy emisji w odniesieniu do zorganizowanych emisji CO do powietrza pochodzących z nagrzewania wsadu w procesie walcowania na zimno

Parametr	Rodzaj paliwa	Jednostka	BAT-AEL (średnia dobową lub średnia z okresu pobierania próbek)	Wskaźnikowy poziom emisji (średnia dobową lub średnia z okresu pobierania próbek)
NOx	100 % gaz ziemny	mg/Nm <sup>3</sup>	100–250 <sup>(1)</sup>	Brak poziomu wskaźnikowego
	Inne paliwa	mg/Nm <sup>3</sup>	100–300 <sup>(2)</sup>	
CO	100 % gaz ziemny	mg/Nm <sup>3</sup>	Brak BAT-AEL	10–50
	Inne paliwa	mg/Nm <sup>3</sup>	Brak BAT-AEL	10–100
<sup>(1)</sup> Górna granica zakresu BAT-AEL może być wyższa i wynosić do 300 mg/Nm <sup>3</sup> w przypadku wyżarzania ciągłego. W takim przypadku, górna granica BAT-AEL wynosi 300 mg/Nm <sup>3</sup> . <sup>(2)</sup> Górna granica zakresu BAT-AEL może być wyższa i wynosić do 550 mg/Nm <sup>3</sup> w przypadku dużego udziału gazu koksowniczego lub gazu bogatego w CO z produkcji żelazochromu (> 50 % energii wejściowej). W takim przypadku górna granica BAT-AEL wynosi 550 mg/Nm <sup>3</sup> .				

Tabela 9.11: Poziomy emisji powiązany z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji NOx do powietrza i wskaźnikowy poziom emisji w odniesieniu do zorganizowanych emisji CO do powietrza z nagrzewania wsadu przy ciągnięciu drutu

Parametr	Jednostka	BAT-AEL (średnia dobową lub średnia z okresu pobierania próbek)	Wskaźnikowy poziom emisji (średnia z okresu pobierania próbek)
NOx	mg/Nm <sup>3</sup>	100–250	Brak poziomu wskaźnikowego
CO	mg/Nm <sup>3</sup>	Brak BAT-AEL	10–50

Tabela 9.12: Poziom emisji powiązany z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji NOx do powietrza i wskaźnikowy poziom emisji w odniesieniu do zorganizowanych emisji CO do powietrza pochodzących z nagrzewania wsadu w procesie cynkowania ogniowego

Parametr	Jednostka	BAT-AEL (średnia dobową lub średnia z okresu pobierania próbek)	Wskaźnikowy poziom emisji (średnia dobową lub średnia z okresu pobierania próbek)
NOx	mg/Nm <sup>3</sup>	100–300 <sup>(1)</sup>	Brak poziomu wskaźnikowego
CO	mg/Nm <sup>3</sup>	Brak BAT-AEL	10–100

(<sup>1</sup>) Górna granica zakresu BAT-AEL może być wyższa i wynosić do 550 mg/Nm<sup>3</sup> w przypadku dużego udziału gazu koksowniczego lub gazu bogatego w CO z produkcji żelazochromu (> 50 % energii wejściowej). W takim przypadku górna granica zakresu BAT-AEL wynosi 550 mg/Nm<sup>3</sup>.

Tabela 9.13: Poziom emisji powiązany z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji NOx do powietrza i wskaźnikowy poziom emisji w odniesieniu do zorganizowanych emisji CO do powietrza z nagrzewania wanny cynkowniczej przy cynkowaniu ogniowym jednostkowym (zanurzeniowym)

Parametr	Jednostka	BAT-AEL (średnia dobową lub średnia z okresu pobierania próbek)	Wskaźnikowy poziom emisji (średnia dobową lub średnia z okresu pobierania próbek)
NOx	mg/Nm <sup>3</sup>	70–300	Brak poziomu wskaźnikowego
CO	mg/Nm <sup>3</sup>	Brak BAT-AEL	10–100

Powiązane monitorowanie opisano w BAT 7.

### 9.5.7.2 Emisje do powietrza pochodzące z odtłuszczenia

**BAT 23.** W celu ograniczenia emisji do powietrza mgły olejowej, kwasów lub zasad pochodzących z odtłuszczenia blach w arkuszach w procesie walcowania na zimno i cynkowania ogniowego BAT polegają na zbieraniu emisji za pomocą techniki, o której mowa w lit. a) i oczyszczaniu gazów odlotowych za pomocą techniki, o której mowa w lit. b) i/lub c) poniżej

Technika		Opis
<b>Zbieranie emisji</b>		
a	Zamknięte zbiorniki odtłuszczające w połączeniu z odciąganiem powietrza w przypadku odtłuszczenia ciągłego	Odtłuszczenie przebiega w zamkniętych zbiornikach, a powietrze jest odciągane.
<b>Oczyszczanie gazów odlotowych</b>		
b	Oczyszczanie na mokro	Zob. sekcja 9.11.2.
c	Demister	Zob. sekcja 9.11.2.

Powiązane monitorowanie opisano w BAT 7.

### 9.5.7.3 Emisje do powietrza z wytrawiania

**BAT 24.** Aby ograniczyć emisje do powietrza pyłów, kwasów (HCl, HF, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) i SO<sub>x</sub> pochodzących z procesu wytrawiania w trakcie walcowania na gorąco, walcowania na zimno, cynkowania ogniowego i ciągnięcia drutu, w ramach BAT należy zastosować technikę, o której mowa w lit. a) lub technikę, o której mowa w lit. b) w połączeniu z techniką, o której mowa w lit. c) poniżej

Technika	Opis
----------	------

<b>Zbieranie emisji</b>		
a	Wytrawianie ciągłe w zamkniętych zbiornikach w połączeniu z odciąganiem oparów	Wytrawianie ciągłe przeprowadza się w zamkniętych zbiornikach z ograniczonymi otworami wejściowymi i wyjściowymi na taśmę stalową lub drut. Opary ze zbiorników do wytrawiania są usuwane.
b	Wytrawianie zanurzeniowe w zbiornikach wyposażonych w pokrywy lub osłony w połączeniu z odciąganiem oparów	Wytrawianie zanurzeniowe przeprowadza się w zbiornikach wyposażonych w pokrywy lub osłony, które można otworzyć, aby umożliwić załadunek zwojów walcówki. Opary ze zbiorników do wytrawiania są usuwane.
<b>Oczyszczanie gazów odlotowych</b>		
c	Oczyszczanie na mokro, a następnie demister	Zob. sekcja 9.11.2.

Tabela 9.14: Poziomy emisji powiązane z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji HCl, HF i SO<sub>x</sub> do powietrza pochodzących z wytrawiania w procesie walcowania na gorąco, walcowania na zimno i cynkowania ogniowego

Parametr	Jednostka	BAT-AEL (średnia dobową lub średnia z okresu pobierania próbek)
HCl	mg/Nm <sup>3</sup>	< 2–10 <sup>(1)</sup>
HF	mg/Nm <sup>3</sup>	< 1 <sup>(2)</sup>
SO <sub>x</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	< 1–6 <sup>(3)</sup>
<p>(1) Ta BAT-AEL ma zastosowanie wyłącznie do wytrawiania kwasem chlorowodorowym.  (2) Ta BAT-AEL ma zastosowanie wyłącznie do wytrawiania mieszaninami kwasów zawierającymi kwas fluorowodorowy.  (3) Ta BAT-AEL ma zastosowanie wyłącznie do wytrawiania kwasem siarkowym.</p>		

Tabela 9.15: Poziom emisji powiązany z BAT (BAT-AEL) dla zorganizowanych emisji HCl i SO<sub>x</sub> do powietrza pochodzących z wytrawiania kwasem chlorowodorowym lub siarkowym w procesie ciągnięcia drutu

Parametr	Jednostka	BAT-AEL (średnia dobową lub średnia z okresu pobierania próbek)
HCl	mg/Nm <sup>3</sup>	< 2–10 <sup>(1)</sup>
SO <sub>x</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	< 1–6 <sup>(2)</sup>
<p>(1) Ta BAT-AEL ma zastosowanie wyłącznie do wytrawiania kwasem chlorowodorowym.  (2) Ta BAT-AEL ma zastosowanie wyłącznie do wytrawiania kwasem siarkowym.</p>		

Powiązane monitorowanie opisano w BAT 7.

**BAT 25.** Aby ograniczyć emisje NO<sub>x</sub> do powietrza pochodzące z trawienia kwasem azotowym (samym lub w połączeniu z innymi kwasami) oraz emisje NH<sub>3</sub> z zastosowania SCR w procesie walcowania na gorąco i na zimno, w ramach BAT należy zastosować jedną z poniższych technik lub ich kombinację.

Technika	Opis	Stosowanie
<b>Zmniejszenie wytwarzania emisji</b>		
a	Wytrawianie stali wysokostopowej bez użycia kwasu azotowego	Technika ta ma zastosowanie wyłącznie do nowych zespołów urządzeń oraz w przypadku znaczącej modernizacji zespołu urządzeń.

b	Dodanie nadtlenu wodoru lub mocznika do kwasu trawiącego	Nadtlenek wodoru lub mocznik są dodawane bezpośrednio do kwasu trawiącego w celu zmniejszenia emisji NOx.	Zastosowanie ogólne
<b>Oczyszczanie gazów odlotowych</b>			
<b>Zbieranie emisji</b>			
c	Wytrawianie ciągłe w zamkniętych zbiornikach w połączeniu z odciąganiem oparów	Wytrawianie ciągłe przeprowadza się w zamkniętych zbiornikach z ograniczonymi otworami wejściowymi i wyjściowymi na taśmę stalową lub drut. Opary z kąpieli trawiącej są usuwane.	Zastosowanie ogólne.
d	Wytrawianie zanurzeniowe w zbiornikach wyposażonych w pokrywy lub osłony w połączeniu z odciąganiem oparów	Wytrawianie zanurzeniowe przeprowadza się w zbiornikach wyposażonych w pokrywy lub osłony, które można otworzyć, aby umożliwić załadunek zwojów walcówki. Opary ze zbiorników do wytrawiania są usuwane.	Zastosowanie ogólne.
e	Oczyszczanie na mokro z dodatkiem utleniacza (np. nadtlenu wodoru)	Zob. sekcja 9.11.2. Do roztworu oczyszczającego dodaje się utleniacz (np. nadtlenek wodoru) w celu zmniejszenia emisji NOx. W przypadku stosowania nadtlenu wodoru powstały kwas azotowy można zawrócić do zbiorników do wytrawiania.	Zastosowanie ogólne.
f	Selektywna redukcja katalityczna (SCR)	Zob. sekcja 9.11.2.	Zastosowanie do istniejących zespołów urządzeń może być ograniczone ze względu na brak miejsca
g	Optymalizacja konstrukcji i działania SCR	Zob. sekcja 9.11.2.	Technika ta ma zastosowanie wyłącznie w przypadku, gdy SCR wykorzystuje się do obniżenia emisji NOx.

Tabela 9.16: Poziom emisji powiązany z BAT (BAT-AEL) dla zorganizowanych emisji NOx do powietrza pochodzących z wytrawiania kwasem azotowym (samym lub w połączeniu z innymi kwasami) w procesie walcowania na gorąco i na zimno

Parametr	Jednostka	BAT-AEL (średnia dobowo lub średnia z okresu pobierania próbek)
NOx	mg/Nm <sup>3</sup>	10–200

Powiązane monitorowanie opisano w BAT 7.

#### 9.5.7.4 Emisje do powietrza pochodzące z procesu cynkowania ogniowego

**BAT 26.** Aby ograniczyć emisje do powietrza pyłu i cynku pochodzące z cynkowania ogniowego po topnieniu w procesie cynkowania ogniowego oraz w procesie cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego), w ramach BAT należy ograniczać powstawanie emisji za pomocą techniki, o której mowa w lit. b) lub techniki, o których mowa w lit. a) i b), zbierać emisje za pomocą techniki, o których mowa w lit. c) lub d) oraz oczyszczać gazy odlotowe za pomocą techniki, o której mowa w lit. e) poniżej.

Technika	Opis	Stosowanie
<b>Zmniejszenie wytwarzania emisji</b>		



a	Topnik o niskiej emisji dymu	Chlorek amonu w środkach do topnikowania jest częściowo zastępowany innymi chlorkami alkalicznymi (np. chlorkiem potasu), aby ograniczyć powstawanie pyłu.	Możliwość zastosowania może być ograniczona ze względu na specyfikacje produktu.
b	Minimalizacja przenoszenia roztworu topnika	Obejmuje to następujące techniki: – przeznaczenie wystarczającej ilości czasu na ocieknięcie roztworu topnika (zob. BAT 15 lit. c)); – suszenie przed zanurzeniem	Zastosowanie ogólne.
<b>Zbieranie emisji</b>			
c	Odciąg powietrza jak najbliżej źródła	Powietrze z wanny jest usuwane, na przykład za pomocą wyciągu bocznego lub wyciągu wargowego.	Zastosowanie ogólne.
d	Zamknięta wanna z odciągiem powietrza	Cynkowanie ogniowe przeprowadza się w zamkniętej wannie, a powietrze jest usuwane.	Możliwość zastosowania w istniejących zespołach urządzeń może być ograniczona, gdy obudowa koliduje z istniejącym systemem transportu obrabianych materiałów w procesie cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego).
<b>Oczyszczanie gazów odlotowych</b>			
e	Filtr tkaninowy	Zob. sekcja 9.11.2.	Zastosowanie ogólne.

Tabela 9.17: Poziom emisji powiązany z BAT (BAT-AEL) dla zorganizowanych emisji pyłów do powietrza pochodzących z cynkowania ogniowego po topnikowaniu w procesie cynkowania ogniowego i cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego)

Parametr	Jednostka	BAT-AEL (średnia dobową lub średnia z okresu pobierania próbek)
Dust	mg/Nm <sup>3</sup>	< 2–5

Powiązane monitorowanie opisano w BAT 7.

#### 9.5.7.5 Emisje do powietrza z procesu natłuszczania

**BAT 27.** In Aby zapobiec emisjom mgły olejowej do powietrza i ograniczyć zużycie oleju w procesie natłuszczania powierzchni wsadu, w ramach BAT należy zastosować jedną z poniższych technik.

Technika	Opis
a Natłuszczanie elektrostatyczne	Olej jest rozpylany na powierzchni metalu za pomocą pola elektrostatycznego, co zapewnia jednorodne nanoszenie oleju i optymalizuje jego ilość. Maszyna olejarska jest zamknięta, a olej, który nie osadza się na powierzchni metalu, jest odzyskiwany i ponownie wykorzystywany w maszynie.
b Smarowanie kontaktowe	Smarownice rolkowe, np. rolki filcowe lub rolki dociskowe, są stosowane w bezpośrednim kontakcie z powierzchnią metalu.
c Natłuszczanie bezsprężonego powietrza	Olej jest nanoszony dyszami blisko powierzchni metalu za pomocą zaworów wysokiej częstotliwości.

#### 9.5.7.6 Emissions to air from post-treatment

**BAT 28.** Aby ograniczyć emisje do powietrza z wanien lub zbiorników chemicznych w procesie obróbki końcowej (tj. fosforowania i pasywacji), w ramach BAT należy zbierać emisje za pomocą techniki, o której mowa w lit. a) lub b), a w takim przypadku oczyszczać gazy odlotowe za pomocą techniki, o której mowa w lit. c) i/lub d) poniżej.

Technika		Opis	Stosowanie
<b>Zbieranie emisji</b>			
a	Odciąg powietrza jak najbliższej źródła	Emisje ze zbiorników do przechowywania chemikaliów i wanien chemicznych są wychwytywane, np. za pomocą jednej lub kombinacji następujących technik: - wyciągu bocznego lub wyciągu wargowego; - zbiorników wyposażonych w ruchome pokrywy; - okapów zamykających; - umieszczania wanien w pomieszczeniach zamkniętych. Wychwycone emisje są następnie usuwane.	Ma zastosowanie tylko wtedy, gdy przetwarzanie jest przeprowadzane przez rozpylanie lub gdy stosowane są substancje lotne.
b	Zamknięte zbiorniki połączone z odciałem powietrza w przypadku ciągłej obróbki końcowej	Fosforowanie i pasywacja są przeprowadzane w zamkniętych zbiornikach, a powietrze jest z nich usuwane.	Ma zastosowanie tylko wtedy, gdy przetwarzanie jest przeprowadzane przez rozpylanie lub gdy stosowane są substancje lotne
<b>Oczyszczanie gazów odlotowych</b>			
c	Oczyszczanie na mokro	Zob. sekcja 9.11.2.	Zastosowanie ogólne.
d	Demister	Zob. sekcja 9.11.2.	Zastosowanie ogólne.

#### 9.5.7.7 Emisje do powietrza pochodzące z odzysku kwasu

**BAT 29.** Aby ograniczyć emisje do powietrza pochodzące z odzysku zużytego kwasu z pyłu, kwasów (HCl, HF), SO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub> (przy jednoczesnym ograniczeniu emisji CO) oraz emisje NH<sub>3</sub> w wyniku stosowania SCR, w ramach BAT należy zastosować kombinację technik podanych poniżej

Technika		Opis	Stosowanie
a	Stosowanie paliwa lub kombinacji paliw o niskiej zawartości siarki i/lub o niskim potencjale tworzenia NO <sub>x</sub>	Zob. BAT 21 i BAT 22 (a).	Zastosowanie ogólne.
b	Optymalizacja spalania	Zob. sekcja 9.11.2. Zazwyczaj stosowana w połączeniu z innymi technikami.	Zastosowanie ogólne.
c	Palniki o niskiej emisji NO <sub>x</sub>	Zob. sekcja 9.11.2.	Możliwość zastosowania może być ograniczona w przypadku istniejących zespołów urządzeń ze względu na przeszkody konstrukcyjne i/lub operacyjne.

d	Oczyszczanie na mokro, a następnie demister	Zob. sekcja 9.11.2. W przypadku odzysku kwasów mieszanych do roztworu oczyszczającego dodaje się zasadę w celu usunięcia śladowych ilości fluorowodoru (HF) i/lub utleniacz (np. nadtlenek wodoru) w celu zmniejszenia emisji NOx. W przypadku stosowania nadtlenu wodoru powstały kwas azotowy można zawrócić do zbiorników do wytrawiania.	Zastosowanie ogólne.
e	Selektywna redukcja katalityczna (SCR)	Zob. sekcja 9.11.2.	Zastosowanie do istniejących zespołów urządzeń może być ograniczone ze względu na brak miejsca.
f	Optymalizacja konstrukcji i działania SCR	Zob. sekcja 9.11.2.	Technika ta ma zastosowanie wyłącznie w przypadku, gdy SCR wykorzystuje się do obniżenia emisji NOx.

Tabela 9.18: Poziomy emisji powiązane z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji pyłu, HCl, SO<sub>2</sub> i NOx do powietrza pochodzących z odzysku zużytego kwasu chlorowodorowego poprzez prażenie natryskowe lub zastosowanie reaktorów ze złożem fluidalnym

Parametr	Jednostka	BAT-AEL (średnia dobową lub średnia z okresu pobierania próbek)
Pył	mg/Nm <sup>3</sup>	< 2–15
HCl	mg/Nm <sup>3</sup>	< 2–15
SO <sub>2</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	< 10
NOx	mg/Nm <sup>3</sup>	50–180

Tabela 9.19: Poziomy emisji powiązane z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji pyłu, HF i NOx do powietrza pochodzących z odzysku kwasu mieszanego poprzez prażenie natryskowe lub odparowanie

Parametr	Jednostka	BAT-AEL (średnia dobową lub średnia z okresu pobierania próbek)
HF	mg/Nm <sup>3</sup>	< 1
NOx	mg/Nm <sup>3</sup>	50–100 <sup>(1)</sup>
Dust	mg/Nm <sup>3</sup>	< 2–10

<sup>(1)</sup> Górna granica zakresu BAT-AEL może być wyższa i wynosić do 200 mg/Nm<sup>3</sup> w przypadku odzysku kwasu mieszanego w drodze prażenia natryskowego.

Powiązane monitorowanie opisano w BAT 7.

### 9.5.8 Emisje do wody

**BAT 30.** W celu zmniejszenia ładunku zanieczyszczeń organicznych w wodzie zanieczyszczonej olejem lub smarem (np. z wycieków ropy naftowej lub z czyszczenia emulsji do walcowania i gniotu wygładzającego, roztworów odtluszczających i smarów do ciągnięcia drutu), która jest przesyłana do dalszego przetwarzania (zob. BAT 31), w ramach BAT należy oddzielić fazę organiczną od wodnej.

#### Opis

Faza organiczna jest oddzielana od fazy wodnej, np. przez odtluszczanie lub rozdzielanie emulsji za pomocą odpowiednich środków, odparowanie lub filtrację membranową. Fazę organiczną można wykorzystać do odzysku energii lub materiału (np. zob. BAT 34 (f)).

**BAT 31. W celu ograniczenia emisji do wody, w ramach BAT należy uzdatniać ścieki przy użyciu kombinacji poniższych technik.**

Technika <sup>(1)</sup>		Typowe docelowe zanieczyszczenia
<b>Oczyszczanie wstępne, pierwotne i ogólne, np.</b>		
a	Wyrównanie (ujednorodnienie) strumienia ścieków	Wszystkie zanieczyszczenia
b	Neutralizacja	Kwasy, zasady
c	Oddzielanie fizyczne, np. kraty, sita, separatory piaskowniki lub żwirowe, separatory tłuszczów, hydrocyklony, rozdzielanie faz oleju i wody lub osadniki wstępne	Ciała stałe, zawiesiny ciał stałych, olej/tłuszcz
<b>Oczyszczanie fizyko-chemiczne, np.</b>		
d	Adsorpcja	Ulegające adsorpcji, rozpuszczone, nieulegające biodegradacji lub zanieczyszczenia inhibitujące, np. węglowodory, rtęć
e	Strącanie chemiczne	Ulegające strącaniu rozpuszczone, nieulegające biodegradacji substancje zanieczyszczające lub zanieczyszczenia inhibitujące, np. metale, fosfor, fluorek
f	Redukcja chemiczna	Ulegające redukcji, rozpuszczone, nieulegające biodegradacji substancje zanieczyszczające lub zanieczyszczenia inhibitujące, np. sześciowartościowy chrom
g	Nanofiltracja/odwrócona osmoza	Rozpuszczalne nieulegające biodegradacji substancje zanieczyszczające lub zanieczyszczenia inhibitujące, np. sole, metale
<b>Oczyszczanie biologiczne</b>		
h	Przetwarzanie tlenowe	Związki organiczne ulegające biodegradacji
<b>Usuwanie cząstek stałych, np.</b>		
i	Koagulacja i flokulacja	Zawiesiny ciał stałych oraz metale zawarte w pyle
j	Sedymentacja	
k	Filtracja (np. filtrowanie przez piasek, mikrofiltracja, ultrafiltracja)	
l	Flotacja	
<sup>(1)</sup> Opisy przedmiotowych technik przedstawiono w sekcji 9.11.3.		

Tabela 9.20: Poziomy emisji powiązane z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do bezpośrednich zrzutów do odbiornika wodnego

Substancja/Parametr	Jednostka	BAT-AEL <sup>(1)</sup>	Procesy, do których BAT-AEL ma zastosowanie
Zawiesina ogólna (TSS)	mg/l	5–30	Wszystkie procesy
Ogólny węgiel organiczny (OWO) <sup>(2)</sup>	mg/l	10–30	Wszystkie procesy
Chemiczne zapotrzebowanie na tlen (ChZT) <sup>(2)</sup>	mg/l	30–90	Wszystkie procesy
Indeks oleju węglowodorowego (HOI)	mg/l	0,5–4	Wszystkie procesy
	Cd	µg/l	Wszystkie procesy <sup>(2)</sup>
	Cr	mg/l	0,01–0,1 <sup>(3)</sup>
	Cr(VI)	µg/l	Wytrawianie stali wysokostopowej lub pasywacja związkami sześciowartościowego chromu

Metale	Fe	mg/l	1–5	Wszystkie procesy
	Hg	µg/l	0,1–0,5	Wszystkie procesy <sup>(5)</sup>
	Ni	mg/l	0,01–0,2 <sup>(4)</sup>	Wszystkie procesy <sup>(5)</sup>
	Pb	µg/l	5–20 <sup>(6)</sup> <sup>(7)</sup>	Wszystkie procesy <sup>(5)</sup>
	Sn	mg/l	0,01–0,2	Cynkowanie ogniowe z użyciem cyny
	Zn	mg/l	0,05–1	Wszystkie procesy <sup>(5)</sup>
Fosfor ogólny (P ogólny)		mg/l	0,2–1	Fosforanowanie
Fluorek (F <sup>-</sup> )		mg/l	1–15	Wytrawianie mieszaninami kwasów zawierającymi kwas fluorowodorowy
<p>(1) Okresy uśrednienia określono w części Uwagi ogólne.</p> <p>(2) Zastosowanie ma BAT-AEL w odniesieniu do ChZT albo BAT-AEL w odniesieniu do OWO. Monitorowanie OWO jest preferowanym wariantem, ponieważ nie wiąże się z wykorzystaniem bardzo toksycznych związków.</p> <p>(3) W przypadku stali wysokostopowych górna granica zakresu BAT-AEL wynosi 0,3 mg/l.</p> <p>(4) W przypadku zespołów urządzeń produkujących austenityczną stal nierdzewną górna granica zakresu BAT-AEL wynosi 0,4 mg/l.</p> <p>(5) BAT-AEL ma zastosowanie tylko wtedy, gdy przedmiotowe substancje/parametry zostały zidentyfikowane jako istotne w strumieniu ścieków na podstawie wykazu, o którym mowa w BAT 2.</p> <p>(6) W przypadku zespołów urządzeń zajmujących się ciągnięciem drutu z wykorzystaniem kąpieli ołowiowych górna granica zakresu BAT-AEL wynosi 35 µg/l.</p> <p>(7) Górna granica zakresu BAT-AEL może być wyższa i wynosić do 50 µg/l w przypadku zespołów urządzeń, w których przetwarzana jest stal z podwyższoną zawartością ołowiu.</p>				

Tabela 9.21: Poziomy emisji powiązane z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do pośrednich zrzutów do odbiornika wodnego

Substancja/Parametr	Jednostka	BAT-AEL <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup>	Procesy, do których BAT-AEL ma zastosowanie	
Indeks oleju węglowodorowego (HOI)	mg/l	0,5–4	Wszystkie procesy	
Metale	Cd	µg/l	1–5	Wszystkie procesy <sup>(5)</sup>
	Cr	mg/l	0,01–0,1 <sup>(3)</sup>	Wszystkie procesy <sup>(5)</sup>
	Cr(VI)	µg/l	10–50	Wytrawianie stali wysokostopowej lub pasywacja związkami sześciowartościowego chromu
	Fe	mg/l	1–5	Wszystkie procesy
	Hg	µg/l	0,1–0,5	Wszystkie procesy <sup>(5)</sup>
	Ni	mg/l	0,01–0,2 <sup>(4)</sup>	Wszystkie procesy <sup>(5)</sup>
	Pb	µg/l	5–20 <sup>(6)</sup> <sup>(7)</sup>	Wszystkie procesy <sup>(5)</sup>
	Sn	mg/l	0,01–0,2	Cynkowanie ogniowe z użyciem cyny
Zn	mg/l	0,05–1	Wszystkie procesy <sup>(5)</sup>	
Fluorek (F <sup>-</sup> )	mg/l	1–15	Wytrawianie mieszaninami kwasów zawierającymi kwas fluorowodorowy	
<p>(1) Okresy uśrednienia określono w części Uwagi ogólne.</p> <p>(2) Zastosowanie ma BAT-AEL w odniesieniu do ChZT albo BAT-AEL w odniesieniu do OWO. Monitorowanie OWO jest preferowanym wariantem, ponieważ nie wiąże się z wykorzystaniem bardzo toksycznych związków.</p> <p>(3) W przypadku stali wysokostopowych górna granica zakresu BAT-AEL wynosi 0,3 mg/l.</p> <p>(4) W przypadku zespołów urządzeń produkujących austenityczną stal nierdzewną górna granica zakresu BAT-AEL wynosi 0,4 mg/l.</p> <p>(5) BAT-AEL ma zastosowanie tylko wtedy, gdy przedmiotowe substancje/parametry zostały zidentyfikowane jako istotne w strumieniu ścieków na podstawie wykazu, o którym mowa w BAT 2.</p> <p>(6) W przypadku zespołów urządzeń zajmujących się ciągnięciem drutu z wykorzystaniem kąpieli ołowiowych górna granica zakresu BAT-AEL wynosi 35 µg/l.</p> <p>(7) Górna granica zakresu BAT-AEL może być wyższa i wynosić do 50 µg/l w przypadku zespołów urządzeń, w których przetwarzana jest stal z podwyższoną zawartością ołowiu.</p>				

Powiązane monitorowanie opisano w BAT 8.

## 9.5.9 Hałas i wibracje

**BAT 32.** W celu zapobiegania występowaniu emisji hałasu i wibracji lub, jeżeli jest to niemożliwe, ich ograniczenia, w ramach BAT należy opracować, wdrożyć i dokonywać regularnych przeglądów planu zarządzania hałasem i wibracjami w ramach EMS (zob. BAT 1), który obejmuje wszystkie następujące elementy:

- protokół zawierający odpowiednie działania i harmonogram;
- protokół monitorowania hałasu i wibracji;
- protokół reagowania na stwierdzone przypadki wystąpienia hałasu i wibracji, np. skargi;
- program ograniczania hałasu i wibracji mający na celu identyfikację źródeł, pomiar lub oszacowanie narażenia na hałas i wibracje, określenie udziału poszczególnych źródeł i wdrożenie środków zapobiegawczych lub ograniczających.

### Stosowanie

Zastosowanie ogranicza się do przypadków, w których oczekuje się, że w obiektach wrażliwych odczuwana będzie lub zostanie uzasadniona dokuczliwość hałasu lub wibracji.

**BAT 33.** W celu zapobiegania emisjom hałasu i wibracji lub, jeżeli jest to niemożliwe, ich ograniczenia, w ramach BAT należy stosować jedną z następujących technik lub ich kombinacji.

Technika		Opis	Stosowanie
a	Właściwa lokalizacja urządzeń i budynków	Poziomy hałasu można ograniczyć, zwiększając odległość między źródłem emisji a punktem odbioru, wykorzystując budynki jako ekrany chroniące przed hałasem oraz zmieniając umiejscowienie wejść i wyjść do budynków.	W przypadku istniejących zespołów urządzeń przenoszenie sprzętu i wyjść lub wejść do budynków może nie mieć zastosowania z powodu braku miejsca lub nadmiernych kosztów.
b	Środki operacyjne	Do takich technik zalicza się: <ul style="list-style-type: none"> <li>– kontrola i konserwacja urządzeń;</li> <li>– w miarę możliwości, zamykanie drzwi i okien na terenach zamkniętych;</li> <li>– obsługę urządzeń przez doświadczony personel;</li> <li>– w miarę możliwości, unikanie przeprowadzania hałaśliwych czynności w nocy;</li> <li>– zapewnienie ograniczenia emisji hałasu, np. podczas produkcji i czynności konserwacyjnych, transportu i manipulowania wsadem i materiałami.</li> </ul>	Zastosowanie ogólne.
c	Wyposażenie o niskiej emisji hałasu	Może to obejmować techniki wykorzystujące silniki napędu bezpośredniego, sprężarki, pompy i wentylatory o niskiej emisji hałasu.	
d	Wyposażenie służące do kontroli hałasu i wibracji	Obejmuje to następujące techniki: <ul style="list-style-type: none"> <li>– reduktory hałasu;</li> <li>– izolację akustyczną i wytłumienie wibracji urządzeń;</li> <li>– obudowę hałaśliwego sprzętu (np. maszyn do oczyszczania płomieniowego i szlifowania, ciągarek, strumieni powietrza);</li> <li>– materiały budowlane o wysokiej izolacyjności akustycznej (np. do budowy ścian, dachów, okien, drzwi).</li> </ul>	Zastosowanie do istniejących zespołów urządzeń może być ograniczone ze względu na brak miejsca

e	Redukcja hałasu	Umieszczenie bariery między źródłami emisji a punktami odbioru (na przykład chroniące przed hałasem ściany, nasypy i budynki).	Ma zastosowanie jedynie do istniejących zespołów urządzeń, ponieważ konstrukcja nowych zespołów urządzeń powinna sprawić, że technika ta stanie się zbędna. W przypadku istniejących zespołów urządzeń umieszczanie barier może nie mieć zastosowania ze względu na brak miejsca.
---	-----------------	--	---

## 9.5.10 Pozostałości

**BAT 34. Aby zmniejszyć ilość odpadów przekazywanych do unieszkodliwienia, w ramach BAT należy unikać unieszkodliwiania metali, tlenków metali, szlamów zaolejonych i osadów wodorotlenkowych poprzez zastosowanie techniki, o której mowa w lit. a) oraz odpowiedniej kombinacji technik, o których mowa w lit. b)–h) przedstawionych poniżej.**

Technika		Opis	Stosowanie
a	Plan gospodarowania pozostałościami	Plan gospodarowania pozostałościami stanowi część systemu zarządzania środowiskowego (zob. BAT 1) i zawiera zbiór środków mających na celu 1) zminimalizowanie powstawania pozostałości, 2) optymalizację ponownego użycia, recyklingu lub odzysku pozostałości oraz 3) zapewnienie właściwego unieszkodliwiania odpadów. Plan gospodarowania pozostałościami można włączyć do ogólnego planu gospodarowania wodą w większej instalacji (np. do produkcji stali i stopów żelaza).	Poziom szczegółowości oraz stopień formalizacji planu gospodarowania pozostałościami będzie zasadniczo zależeć od charakteru, skali i złożoności instalacji.
b	Podczyszczanie zaolejonej zgorzeliny walcowniczej do dalszego wykorzystania	Obejmuje to następujące techniki: - brykietowanie lub granulowanie; - zmniejszenie zawartości oleju w zaolejonej zgorzeliny walcowniczej, np. przez obróbkę cieplną, mycie, flotację.	Zastosowanie ogólne.
c	Zastosowanie zgorzeliny walcowniczej	Zgorzelina walcownicza jest zbierana i wykorzystywana na terenie zakładu lub poza nim, np. w produkcji stali i stopów żelaza lub w produkcji cementu	Zastosowanie ogólne.
d	Wykorzystanie złomu metalicznego	Złom metaliczny pochodzący z procesów mechanicznych (np. z przycinania i wykańczania) jest wykorzystywany w produkcji stali i stopów żelaza. Może się to odbywać na terenie zakładu lub poza nim.	Zastosowanie ogólne.
e	Recykling metali i tlenków metali pochodzących z oczyszczania gazów odlotowych na sucho	Frakcja gruboziarnista metali i tlenków metali pochodząca z czyszczenia na sucho (np. filtrów tkaninowych) gazów odlotowych z procesów mechanicznych (np. oczyszczania płomieniowego lub szlifowania) jest selektywnie izolowana przy użyciu technik mechanicznych (np. sit) lub magnetycznych i poddawana recyklingowi, np. w produkcji stali i stopów żelaza. Może się to odbywać na terenie zakładu lub poza nim.	Zastosowanie ogólne.

f	Wykorzystanie szlamu zaolejonego	Pozostałości szlamów zaolejonych, np. z odtłuszczenia, są odwadniane w celu odzyskania zawartego w nich oleju na potrzeby odzyskania materiałów lub energii. Jeśli zawartość wody w szlamie jest niska, można go bezpośrednio wykorzystać. Może się to odbywać na terenie zakładu lub poza nim.	Zastosowanie ogólne.
g	Obróbka cieplna szlamów wodorotlenkowych z odzysku mieszaniny kwasów	Szlam powstały w wyniku odzysku kwasu mieszanego jest poddawany obróbce cieplnej w celu uzyskania materiału bogatego we fluorek wapnia, który może być stosowany w konwertorach argonowo-tlenowych (AOD).	Zastosowanie może być ograniczone ze względu na brak miejsca.
h	Odzysk i ponowne wykorzystanie środków do śrutowania	Jeżeli mechaniczne usuwanie zgorzeliny odbywa się w drodze śrutowania, środki do śrutowania oddziela się od zgorzeliny i ponownie wykorzystuje.	Zastosowanie ogólne.

**BAT 35. Aby ograniczyć ilość odpadów przekazywanych do unieszkodliwienia w wyniku cynkowania ogniowego, w ramach BAT należy unikać unieszkodliwiania pozostałości zawierających cynk poprzez stosowanie wszystkich technik podanych poniżej**

Technika		Opis	Stosowanie
a	Recykling pyłu z filtra tkaninowego	Pył z filtrów tkaninowych zawierających chlorek amonu i chlorek cynku zbiera się i wykorzystuje ponownie, np. do produkcji środków do topnikowania. Może się to odbywać na terenie zakładu lub poza nim.	Stosuje się tylko do cynkowania ogniowego po topnikowaniu. Możliwość zastosowania może być ograniczona w zależności od dostępności rynku.
b	Recykling popiołu cynkowego i kożuchów żużlowych wierzchnich	Cynk metaliczny jest odzyskiwany z popiołu cynkowego i kożuchów żużlowych wierzchnich poprzez topienie w piecach do odzysku. Pozostałość zawierająca cynk jest wykorzystywana, np. do produkcji tlenku cynku. Może się to odbywać na terenie zakładu lub poza nim.	Zastosowanie ogólne.
c	Recykling kożucha żużlowego dennego (tzw. cynku twardego)	Kożuch żużlowy denny jest wykorzystywany np. w przemyśle metali nieżelaznych do produkcji cynku. Może się to odbywać na terenie zakładu lub poza nim.	Zastosowanie ogólne.

**BAT 36. Aby poprawić zdolność do recyklingu i zwiększyć potencjał odzysku pozostałości po cynkowaniu ogniowym (tj. popiołu cynkowego, kożucha żużlowego wierzchniego, kożucha żużlowego dennego, rozprysków cynku i pyłu z filtrów tkaninowych), a także aby uniknąć lub zmniejszyć zagrożenie dla środowiska związane ze składowaniem tych pozostałości, w ramach BAT należy składować je oddzielnie od siebie i od innych pozostałości:**

- na nieprzepuszczalnych powierzchniach, w zamkniętych pomieszczeniach i w zamkniętych pojemnikach/workach, w przypadku pyłu z filtrów tkaninowych;



- na nieprzepuszczalnych powierzchniach oraz w miejscach zadaszonych, chronionych przed splywem powierzchniowym, w przypadku wszystkich pozostałych rodzajów pozostałości wymienionych powyżej.

**BAT 37.** W celu zwiększenia efektywności wykorzystywania materiałów i redukowania ilości odpadów przekazywanych do utylizacji z teksturowania rolek roboczych, w ramach BAT należy stosować wszystkie techniki podane poniżej.

Technika		Opis
a	Czyszczenie i ponowne użycie emulsji szlifierskich	Emulsje szlifierskie są oczyszczane za pomocą separatorów lamelowych lub magnetycznych lub w procesie sedymentacji/klarowania w celu usunięcia szlamu szlifierskiego i ponownego wykorzystania emulsji szlifierskiej.
b	Przetwarzanie szlamu szlifierskiego	Przetwarzanie szlamu szlifierskiego metodą separacji magnetycznej na potrzeby odzysku cząstek metalu i recyklingu metali, np. do produkcji stali i stopów żelaza.
c	Recykling zużytych walców roboczych	Zużyte walce robocze, które nie nadają się do teksturowania, są poddawane recyklingowi na potrzeby produkcji stali i stopów żelaza lub zwracane producentowi do regeneracji.

Inne sektorowe techniki zmniejszania ilości odpadów przekazywanych do unieszkodliwienia podane są w sekcji 9.8.4 niniejszych konkluzji dotyczących BAT.

## 9.6 Konkluzje BAT w odniesieniu do walcowania na gorąco

Konkluzje dotyczące BAT przedstawione w niniejszej sekcji mają zastosowanie w uzupełnieniu do ogólnych konkluzji dotyczących BAT podanych w sekcji 9.5.

### 9.6.1 Efektywność energetyczna

**BAT 38.** Aby zwiększyć efektywność energetyczną w procesie nagrzewania wsadu, w ramach BAT należy stosować kombinację technik przedstawionych w BAT 11 wraz z odpowiednią kombinacją technik przedstawionych poniżej.

Technika		Opis	Stosowanie
a	Odlewanie wlewków o przekroju zbliżonym do przekroju wyrobu gotowego, po którym następuje walcowanie	Zob. sekcja 9.11.1.	Ma zastosowanie tylko do zespołów urządzeń sąsiadujących z miejscem, w którym odbywa się odlewanie ciągłe i w ramach ograniczeń wynikających z układu zespołu urządzeń i specyfikacji produktu.
b	Bezpośrednie ładowanie gorących wlewków ciągłych	Wyroby stalowe odlewane w sposób ciągły są bezpośrednio ładowane na gorąco do pieców grzewczych.	Ma zastosowanie tylko do zespołów urządzeń sąsiadujących z miejscem, w którym odbywa się odlewanie ciągłe i w ramach ograniczeń wynikających z układu

			zespołu urządzeń i specyfikacji produktu
c	Odzyskiwanie ciepła z chłodzenia szyn ślizgowych	Para powstająca podczas chłodzenia szyn ślizgowych podtrzymujących wsad w piecach do ponownego wygrzewania jest usuwana i wykorzystywana w innych procesach w zespole urządzeń.	Zastosowanie do istniejących zespołów urządzeń może być ograniczone ze względu na brak miejsca i/lub odpowiedniego zapotrzebowania na parę.
d	Oszczędzanie ciepła podczas przenoszenia wsadu	Izolowane osłony stosuje się między urządzeniem do odlewania ciągłego a piecem do ponownego wygrzewania oraz między walcarką wstępną a wykańczającą.	Zastosowanie ogólne w ramach ograniczeń wynikających z układu zespołu urządzeń
e	Zwijarki kręgów	Zob. sekcja 9.11.1.	Zastosowanie ogólne.
f	Piece do dogrzewania kręgów	Piece do dogrzewania kręgów stosuje się jako uzupełnienie zwijarek blach taśmowych w celu utrzymania temperatury walcowania blach taśmowych i przywrócenia ich do normalnej sekwencji walcowania w przypadku przerw w pracy walcowni.	Zastosowanie ogólne.
g	Prasa kalibrująca	Zob. BAT 39 (a). Prasa kalibrująca jest stosowana w celu zwiększenia efektywności energetycznej w procesie nagrzewania wsadu, ponieważ umożliwia ona zwiększenie szybkości ładowania gorącego wsadu.	Only applicable to new plants and major plant upgrades for hot strip mills.

**BAT 39. Aby zwiększyć efektywność energetyczną w procesie walcowania, w ramach BAT należy stosować kombinację poniższych technik**

Technika		Opis	Stosowanie
a	Prasa kalibrująca	Zastosowanie prasy kalibrującej przed walcarką wstępną pozwala znacznie zwiększyć szybkość ładowania na gorąco i zapewnia bardziej <u>równomierne</u> zmniejszenie szerokości zarówno na krawędziach, jak i pośrodku produktu. Kształt ostatecznego kęsiska płaskiego jest prawie prostokątny, co znacznie zmniejsza liczbę przejść walcowniczych niezbędnych do osiągnięcia zgodności ze specyfikacją produktu .	Ma zastosowanie wyłącznie do walcowni taśm walcowanych na gorąco. Technika ta ma zastosowanie wyłącznie do nowych zespołów urządzeń oraz w przypadku znaczącej modernizacji zespołu urządzeń.
b	Optymalizacja walcowania wspomagana komputerowo	Redukcja grubości jest sterowana komputerowo, aby zminimalizować liczbę przejść walcowniczych.	Zastosowanie ogólne.
c	Zmniejszenie tarcia podczas walcowania	Zob. sekcja 9.11.1.	Only applicable to hot strip mills.
d	Zwijarki kręgów	Zob. sekcja 9.11.1.	Zastosowanie ogólne.

e	Klatka trójwalcowa	Klatka trójwalcowa zwiększa redukcję przekroju na jedno przejście, co powoduje ogólne zmniejszenie liczby przejść walcowniczych wymaganych do produkcji walcówki i prętów.	Zastosowanie ogólne.
f	Odlewanie wlewków o przekroju zbliżonym do przekroju wyrobu gotowego, po którym następuje walcowanie	Zob. sekcja 9.11.1.	Ma zastosowanie tylko do zespołów urządzeń sąsiadujących z miejscem, w którym odbywa się odlewanie ciągłe i w ramach ograniczeń wynikających z układu zespołu urządzeń i specyfikacji produktu.

Tabela 9.22: Poziomy efektywności środowiskowej powiązane z BAT (BAT-AEPL) w odniesieniu do jednostkowego zużycia energii w procesie walcowania

Produkty stalowe na końcu procesu walcowania	Jednostka	BAT-AEPL (średnia roczna)
<i>Kęgi blach taśmowych walcowanych na gorąco (taśmy), blachy arkuszone grube</i>	MJ/t	100–400
<i>Pręty, walcówka</i>	MJ/t	100–500 <sup>(1)</sup>
<i>Kształtowniki, kęsy, szyny, rury</i>	MJ/t	100–300
<sup>(1)</sup> W przypadku stali wysokostopowej (np. austenitycznej stali nierdzewnej) górna granica zakresu BAT-AEPL wynosi 1 000 MJ/t.		

Powiązane monitorowanie opisano w BAT 6.

## 9.6.2 Efektywne wykorzystanie materiałów

**BAT 40.** Aby zwiększyć efektywność wykorzystania materiałów i zmniejszyć ilość odpadów przekazywanych do unieszkodliwienia w wyniku kondycjonowania wsadu, w ramach BAT należy unikać konieczności kondycjonowania, a jeżeli jest to niemożliwe, ograniczać taką konieczność, stosując jedną z technik podanych poniżej lub ich kombinację.

Technika	Opis	Stosowanie	
a	Kontrola jakości wspomagana komputerowo	Jakość kęsisk płaskich jest kontrolowana za pomocą komputera, który umożliwia dostosowanie warunków odlewania w celu zminimalizowania wad powierzchniowych i pozwala na ręczne oczyszczanie płomieniowe tylko uszkodzonych miejsc zamiast oczyszczania płomieniowego całej płyty.	Ma zastosowanie wyłącznie do zespołów urządzeń służących do odlewania ciągłego.
b	Cięcie wzdłużne kęsisk płaskich	Kęsiska płaskie (często odlewane w wielu szerokościach) są cięte przed walcowaniem na gorąco za pomocą przyrządów do cięcia wzdłużnego, walcowania rozcinającego lub palników obsługiwanych ręcznie albo zamontowanych na maszynie.	Może nie mieć zastosowania w przypadku kęsisk płaskich wytwarzanych z wlewków.
c	Osadzanie (gniot boczny) lub przycinanie kęsisk płaskich w kształcie klinu	Kęsiska płaskie w kształcie klinu są walcowane w specjalnych warunkach, w których klin eliminuje się w wyniku osadzania (np. przy użyciu automatycznej regulacji szerokości lub prasy kalibrującej) lub przez przycinanie.	Może nie mieć zastosowania w przypadku kęsisk płaskich wytwarzanych z wlewków. Technika ta ma zastosowanie wyłącznie do nowych zespołów urządzeń oraz w przypadku znaczącej modernizacji zespołu

			urządzeń.
--	--	--	-----------

**BAT 41. Aby zwiększyć efektywność wykorzystania materiałów w procesie walcowania do celów wytwarzania produktów płaskich, w ramach BAT należy zmniejszyć wytwarzanie złomu metalicznego, stosując obydwie techniki podane poniżej.**

Technika		Opis
a	Optymalizacja obcinania końców	Obcinanie końców wsadu po przerobie wstępnym kontroluje się za pomocą systemu pomiaru kształtu (np. aparatem), aby zminimalizować ilość odcinanego materiału.
b	Kontrola kształtu wsadu podczas walcowania	Wszelkie odkształcenia wsadu podczas walcowania są monitorowane i kontrolowane, aby zapewnić jak najbardziej prostokątny kształt walcowanej stali i zminimalizować potrzebę przycinania.

### 9.6.3 Emisje do powietrza

**BAT 42. W celu ograniczenia emisji do powietrza pyłu, niklu i ołowiu podczas obróbki mechanicznej (w tym cięcia wzdłużnego, usuwania zgorzeliny, szlifowania, przerobu wstępnego, walcowania, wykańczania, prostowania blach cienkich), oczyszczania płomieniowego i spawania, w ramach BAT należy zbierać emisje za pomocą technik, o których mowa w lit. a) i b), a w takim przypadku oczyszczać gazy odlotowe za pomocą techniki lub kombinacji technik, o których mowa w lit. c)–e) poniżej.**

Technika		Opis	Stosowanie
<b>Zbieranie emisji</b>			
a	Procesy oczyszczania płomieniowego i szlifowania z odciąganiem powietrza	Oczyszczanie płomieniowe (inne niż ręczne oczyszczanie płomieniowe) i szlifowanie wykonuje się w całkowicie zamkniętych pomieszczeniach (np. pod zamkniętymi okapami), a powietrze jest odciągane.	Zastosowanie ogólne.
b	Odciąg powietrza jak najbliższej źródła emisji	Emisje pochodzące z procesów cięcia wzdłużnego, usuwania zgorzeliny, przerobu wstępnego, walcowania, wykańczania, prostowania blach cienkich i spawania są zbierane, na przykład za pomocą wyciągu kapturowego lub wargowego. W przypadku przerobu wstępnego i walcowania, przy niskich poziomach wytwarzania pyłu, np. poniżej 100 g/h, można zamiast tego stosować natryskiwanie wodą (zob. BAT 43).	Może nie mieć zastosowania do spawania w przypadku niskich poziomów wytwarzania pyłu, np. poniżej 50 g/h.
<b>Oczyszczanie gazów odlotowych</b>			
c	Elektrofiltr	Zob. sekcja 9.11.2.	Zastosowanie ogólne.
d	Filtr tkaninowy	Zob. sekcja 9.11.2.	Może nie mieć zastosowania w przypadku gazów odlotowych o dużej zawartości wilgoci.
e	Oczyszczanie na mokro	Zob. sekcja 9.11.2.	Zastosowanie ogólne.

*Tabela 9.23: Poziomy emisji powiązane z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji pyłu, ołowiu i niklu do powietrza pochodzących z obróbki mechanicznej (w tym cięcia wzdłużnego, usuwania zgorzeliny, szlifowania, przerobu wstępnego, walcowania, wykańczania, prostowania blach cienkich), oczyszczania płomieniowego (innego niż ręczne oczyszczanie płomieniowe) oraz spawania*

Parametr	Jednostka	BAT-AEL (średnia dobowa lub średnia z okresu pobierania próbek)
Dust	mg/Nm <sup>3</sup>	< 2–5 <sup>(1)</sup>
Ni		0,01–0,1 <sup>(2)</sup>
Pb		0,01–0,035 <sup>(2)</sup>
<p>(1) Jeżeli filtr tkaninowy nie jest dostępny, górna granica zakresu BAT-AEL może być wyższa i wynosić do 7 mg/Nm<sup>3</sup>.</p> <p>(2) BAT-AEL ma zastosowanie tylko wtedy, gdy dana substancja została zidentyfikowana jako istotna w strumieniu gazów odlotowych na podstawie wykazu, o którym mowa w BAT 2.</p>		

Powiązane monitorowanie opisano w BAT 7.

**BAT 43. W celu ograniczenia emisji do powietrza pyłu, niklu i ołowiu podczas walcowania wstępnego i walcowania w przypadku niskich poziomów wytwarzania pyłu (np. poniżej 100 g/h (zob. BAT 42 lit. b)), w ramach BAT należy stosować zraszacze wodne.**

#### Opis

Po stronie wyjścia z każdego stanowiska do walcowania wstępnego przerobu wstępnego i walcowania zainstalowano systemy wtryskowe zraszania wodą w celu ograniczenia powstawania pyłu. Zwilżenie cząstek pyłu wspomaga ich zlepianie się i osadzanie się pyłu. Woda jest zbierana w dolnej części podstawy i oczyszczana (zob. BAT 31).

## 9.7 Konkluzje dotyczące BAT w odniesieniu do walcowania na zimno

Konkluzje dotyczące BAT przedstawione w niniejszej sekcji mają zastosowanie w uzupełnieniu do ogólnych konkluzji dotyczących BAT podanych w sekcji 9.5.

### 9.7.1 Efektywność energetyczna

**BAT 44. Aby zwiększyć efektywność energetyczną w procesie walcowania, w ramach BAT należy stosować kombinację poniższych technik.**

Technika		Opis	Stosowanie
a	Walcowanie ciągłe stali niskostopowych i stopowych	Zamiast konwencjonalnego walcowania nieciągłego (np. przy użyciu walcarek tandem do walcowania na zimno) stosuje się walcowanie ciągłe (np. przy użyciu walcarek nawrotnych), co umożliwia stabilne podawanie materiału oraz rzadsze uruchamianie i wyłączanie.	Technika ta ma zastosowanie wyłącznie do nowych zespołów urządzeń oraz w przypadku znaczącej modernizacji zespołu urządzeń. Możliwość zastosowania może być ograniczona ze względu na specyfikację produktu
b	Zmniejszenie tarcia podczas walcowania	Zob. sekcja 9.11.1.	Zastosowanie ogólne.
c	Optymalizacja walcowania wspomagana komputerowo	Redukcja grubości jest sterowana komputerowo, aby zminimalizować liczbę przejść walcowniczych.	Zastosowanie ogólne.

Tabela 9.24: Poziomy efektywności środowiskowej powiązane z BAT (BAT-AEPL) w odniesieniu do jednostkowego zużycia energii w procesie walcowania

Produkty stalowe na końcu procesu walcowania	Jednostka	BAT-AEPL (Średnia roczna)
Kręgi walcowane na zimno	MJ/t	100–300 <sup>(1)</sup>
Stal na opakowania	MJ/t	250–400
<sup>(1)</sup> W przypadku stali wysokostopowej (np. austenitycznej stali nierdzewnej) górna granica zakresu BAT-AEPL może być wyższa i wynosić nawet 1 600 MJ/t.		

Powiązane monitorowanie opisano w BAT 6.

## 9.7.2 Efektywne wykorzystanie materiałów

**BAT 45.** Aby zwiększyć efektywność wykorzystania materiałów i zmniejszyć ilość odpadów przekazywanych do unieszkodliwienia w wyniku walcowania, w ramach BAT należy stosować wszystkie techniki podane poniżej.

Technika	Opis	Stosowanie
a Monitorowanie i dostosowanie jakości emulsji walcowniczej	Ważne cechy emulsji walcowniczej (np. stężenie oleju, pH, wielkość kropli emulsji, liczba zmydlenia, stężenie kwasu, stężenie drobin żelaza, stężenie bakterii) są monitorowane regularnie lub w sposób ciągły w celu wykrycia anomalii w jakości emulsji i w razie potrzeby podjęcia działań naprawczych.	Zastosowanie ogólne.
b Zapobieganie zanieczyszczeniu emulsji walcowniczej	Zanieczyszczeniu emulsji walcowniczej zapobiega się, stosując techniki takie jak: - regularna kontrola i konserwacja zapobiegawcza układu hydraulicznego i systemu obiegu emulsji; - ograniczenie rozwoju bakterii w systemie emulsji walcowniczej poprzez regularne czyszczenie lub pracę w niskich temperaturach	Zastosowanie ogólne.
c Czyszczenie i ponowne użycie emulsji walcowniczej	Cząstki stałe (np. pył, wióry stalowe i zgorzelina) zanieczyszczające emulsję walcowniczą są usuwane w obiegu oczyszczającym (zwykle opartym na sedymentacji połączonej z filtracją lub separacją magnetyczną) w celu utrzymania jakości emulsji, a oczyszczona emulsja walcownicza jest ponownie wykorzystywana. Stopień ponownego użycia jest zależny od zawartości zanieczyszczeń w emulsji.	Możliwość zastosowania może być ograniczona ze względu na specyfikacje produktu.
d Optymalny dobór oleju do walcowania i układu emulsyjnego	Olej do walcowania i układy emulsyjne są starannie dobierane, aby zapewnić optymalną wydajność dla danego procesu i produktu. Istotne cechy, które należy wziąć pod uwagę, to na przykład: - dobre smarowanie; - możliwość łatwego oddzielenia zanieczyszczeń; - stabilność emulsji i dyspersja oleju w emulsji; - brak degradacji oleju podczas długiego czasu pracy na biegu jałowym	Zastosowanie ogólne.
e Minimalizacja zużycia oleju/emulsji walcowniczej	Zużycie oleju/emulsji walcowniczej jest minimalizowane dzięki zastosowaniu technik takich jak: - ograniczenie stężenia oleju do minimum wymaganego do smarowania; - ograniczenie przenoszenia emulsji z poprzednich stanowisk (np. poprzez oddzielenie komór emulsyjnych, osłonięcie stanowisk walcowni); - użycie noży powietrznych w połączeniu z odsysaniem krawędzi w celu zmniejszenia pozostałości emulsji i oleju na taśmie.	Zastosowanie ogólne.

## 9.7.3 Emisje do powietrza

**BAT 46. Aby ograniczyć emisje do powietrza pyłu, niklu i ołowiu pochodzące z rozwijania, mechanicznego wstępnego usuwania zgorzeliny, prostowania blach cienkich i spawania, w ramach BAT należy zbierać emisje za pomocą techniki, o której mowa w lit. a), a w takim przypadku oczyszczać gazy odlotowe za pomocą techniki, o której mowa w lit. b).**

Technika	Opis	Stosowanie
<b>Zbieranie emisji</b>		
a	Odciąg powietrza jak najbliższej źródła emisji	Emisje pochodzące z rozwijania, mechanicznego wstępnego usuwania zgorzeliny, prostowania blach cienkich i spawania zbiera się na przykład za pomocą wyciągu kapturowego lub wargowego.
Może nie mieć zastosowania do spawania w przypadku niskich poziomów wytwarzania pyłu, np. poniżej 50 g/h.		
<b>Oczyszczanie gazów odlotowych</b>		
b	Filtr tkaninowy	Zob. sekcja 9.11.2.
		Zastosowanie ogólne.

Tabela 9.25: Poziomy emisji powiązane z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji pyłu, niklu i ołowiu do powietrza pochodzących z rozwijania, mechanicznego wstępnego usuwania zgorzeliny, prostowania blach cienkich i spawania

Parametr	Jednostka	BAT-AEL (średnia dobowa lub średnia z okresu pobierania próbek)
Pył	mg/Nm <sup>3</sup>	< 2-5
Ni		0,01-0,1 (1)
Pb		≤ 0,003 (1)
(1) BAT-AEL ma zastosowanie tylko wtedy, gdy dana substancja została zidentyfikowana jako istotna w strumieniu gazów odlotowych na podstawie wykazu, o którym mowa w BAT 2.		

Powiązane monitorowanie opisano w BAT 7.

**BAT 47. Aby zapobiec emisji mgły olejowej do powietrza w procesie gniotu wygładzającego lub ją ograniczyć, w ramach BAT należy zastosować jedną z poniższych technik.**

Technika	Opis	Stosowanie
a	Gniot wygładzający na sucho	Do gniotu wygładzającego nie używa się wody ani środków smarnych.
b	Smarowanie niskoobjętościowe w przypadku gniotu wygładzającego z zastosowaniem emulsji	W przypadku stali nierdzewnej możliwość zastosowania może być ograniczona ze względu na specyfikację produktu.
		Układy smarowania niskoobjętościowego stosuje się w celu dostarczenia dokładnie takiej ilości smaru, jaka jest potrzebna do zmniejszenia tarcia między walcami roboczymi a wsadem.

**BAT 48. W celu ograniczenia emisji mgły olejowej do powietrza podczas walcowania, gniotu wygładzającego z zastosowaniem emulsji i wykańczania, w ramach BAT należy zastosować techniki, o których mowa w lit. a) w połączeniu z techniką, o której mowa w lit. b) lub w połączeniu z obiema technikami, o których mowa w lit. b) i c) poniżej.**

Technika	Opis
<b>Zbieranie emisji</b>	
a	Odciąg powietrza jak najbliższej źródła emisji
Emisje z walcowania, gniotu wygładzającego z zastosowaniem emulsji i wykańczania są zbierane, na przykład za pomocą wyciągu kapturowego lub wargowego.	

<b>Oczyszczanie gazów odlotowych</b>		
b	Demister	Zob. sekcja 9.11.2.
c	Separator mgły olejowej	Do oddzielania oleju od usuwanego powietrza stosuje się separatory zawierające uszczelnione przegrody, płyty uderzeniowe lub wkładki siatkowe.

Tabela 9.26: Poziom emisji powiązany z najlepszymi dostępnymi technikami (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji całkowitych LZO do powietrza pochodzących z walcowania, gniotu wygładzającego z zastosowaniem emulsji i wykańczania

Parametr	Jednostka	BAT-AEL (średnia dobową lub średnia z okresu pobierania próbek)
Całkowite LZO	mg/Nm <sup>3</sup>	< 3–8

Powiązane monitorowanie opisano w BAT 7.

## 9.8 Konkluzje dotyczące BAT w odniesieniu do ciągnięcia drutu

Konkluzje dotyczące BAT przedstawione w niniejszej sekcji mają zastosowanie w uzupełnieniu do ogólnych konkluzji dotyczących BAT podanych w sekcji 9.5.

### 9.8.1 Efektywność energetyczna

**BAT 49.** Aby zwiększyć efektywność energetyczną i efektywność wykorzystania materiałów w kąpielach ołowiowych, w ramach BAT należy stosować pływającą warstwę ochronną na powierzchni wanien ołowianych albo pokrywy zbiorników.

#### Opis

Pływające warstwy ochronne i pokrywy zbiorników minimalizują straty ciepła i utlenianie ołowiu.

### 9.8.2 Efektywne wykorzystanie materiałów

**BAT 50.** Aby zwiększyć efektywność wykorzystania materiałów i zmniejszyć ilość odpadów przekazywanych do unieszkodliwienia w wyniku ciągnięcia na mokro, w ramach BAT należy oczyścić i ponownie użyć smar do ciągnięcia drutu.

#### Opis

Do oczyszczenia smaru do ciągnięcia drutu w celu ponownego użycia stosuje się obieg czyszczący, np. z filtracją lub odwirowywaniem.

### 9.8.3 Emisje do powietrza

**BAT 51.** Aby ograniczyć emisje do powietrza pyłu i ołowiu z kąpeli ołowianych, w ramach BAT należy stosować wszystkie poniższe techniki.

Technika		Opis
<b>Zmniejszenie wytwarzania emisji</b>		
a	Minimalizacja przenoszenia ołowiu	Do technik tych należy stosowanie żwiru antracytowego do zeszkrobienia ołowiu oraz połączenie kąpeli ołowianej z trawieniem na linii produkcyjnej.
b	Pływająca warstwa ochronna lub pokrywa zbiornika	Zob. BAT 49. Pływające warstwy ochronne i pokrywy zbiorników minimalizują także emisje do powietrza.
<b>Zbieranie emisji</b>		



c	Odciąg powietrza jak najbliżej źródła emisji	Emisje z kąpieli ołowianej są zbierane na przykład za pomocą wyciągu kapturowego lub wargowego.
<b>Oczyszczanie gazów odlotowych</b>		
d	Filtr tkaninowy	Zob. sekcja 9.11.2.

Tabela 9.27: Poziomy emisji powiązane z BAT (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji pyłu i ołowiu do powietrza pochodzących z kąpieli ołowiowych

Parametr	Jednostka	BAT-AEL (średnia dobową lub średnia z okresu pobierania próbek)
Pył	mg/Nm <sup>3</sup>	< 2-5
Pb	mg/Nm <sup>3</sup>	≤ 0,5

Powiązane monitorowanie opisano w BAT 7.

**BAT 52.** Aby ograniczyć emisje pyłu do powietrza z ciągnienia na sucho, w ramach BAT należy is zbierać emisje za pomocą techniki, o której mowa w lit. a) lub b) i oczyszczać gazy odlotowe za pomocą techniki, o której mowa w lit. c) opisanej poniżej.

Technika		Opis	Stosowanie
<b>Zbieranie emisji</b>			
a	Zabudowana ciągarka z odciągiem powietrza	Cała ciągarka jest obudowana, aby uniknąć rozpraszania pyłu, a powietrze jest usuwane.	Możliwość zastosowania w istniejących zespołach urządzeń może być ograniczona przez układ zakładu.
b	Odciąg powietrza jak najbliżej źródła emisji	Emisje z ciągarki są zbierane na przykład za pomocą wyciągu kapturowego lub wargowego.	Zastosowanie ogólne.
<b>Oczyszczanie gazów odlotowych</b>			
c	Filtr tkaninowy	Zob. sekcja 9.11.2.	Zastosowanie ogólne.

Tabela 9.28: Poziom emisji powiązany z najlepszymi dostępnymi technikami (BAT-AEL) w odniesieniu do zorganizowanych emisji pyłu do powietrza z ciągnienia na sucho

Parametr	Jednostka	BAT-AEL (średnia dobową lub średnia z okresu pobierania próbek)
Pył	mg/Nm <sup>3</sup>	< 2-5

Powiązane monitorowanie opisano w BAT 7.

**BAT 53.** Aby ograniczyć emisje do powietrza mgły olejowej pochodzące z olejowych kąpieli hartowniczych, w ramach BAT należy stosować obie poniższe techniki.

Technika		Opis
<b>Zbieranie emisji</b>		
a	Odciąg powietrza jak najbliżej źródła emisji	Emisje pochodzące z olejowych kąpieli hartowniczych zbiera się na przykład za pomocą wyciągu bocznego lub wyciągu wargowego.

<i>Oczyszczanie gazów odlotowych</i>		
b	Demister	Zob. sekcja 9.11.2.

Powiązane monitorowanie opisano w BAT 7.

#### 9.8.4 Pozostałości

**BAT 54.** Aby zmniejszyć ilość odpadów przekazywanych do unieszkodliwienia, w ramach BAT należy unikać unieszkodliwiania pozostałości zawierających ołów poprzez ich recykling, np. do zakładów przemysłowych metali nieżelaznych w celu produkcji ołowiu.

**BAT 55.** Aby zapobiec zagrożeniu dla środowiska związanemu z przechowywaniem pozostałości zawierających ołów po kąpeli ołowianej (np. materiałów warstwy ochronnej i tlenków ołowiu) lub je ograniczyć, w ramach BAT należy przechowywać pozostałości zawierające ołów oddzielnie od innych pozostałości, na nieprzepuszczalnych powierzchniach i w zamkniętych pomieszczeniach lub w zamkniętych pojemnikach.

### 9.9 Konkluzje dotyczące BAT w odniesieniu do cynkowania ogniowego blach w arkuszach i drutów

Konkluzje dotyczące BAT przedstawione w niniejszej sekcji mają zastosowanie w uzupełnieniu do ogólnych konkluzji dotyczących BAT podanych w sekcji 9.5.

#### 9.9.1 Efektywne wykorzystanie materiałów

**BAT 56.** Aby zwiększyć efektywność wykorzystania materiałów w procesie ciągłego cynkowania ogniowego taśm, w ramach BAT należy unikać nadmiernego powlekania metalami, stosując obie techniki.

Technika		Opis
a	Noże powietrzne do kontroli grubości powłoki	Po opuszczeniu wanny z roztopionym cynkiem strumienie powietrza na całej szerokość taśmy zdmuchują nadmiar metalu powłoki z powierzchni taśmy z powrotem do wanny cynkowniczej.
b	Stabilizacja taśmy	Efektywność usuwania nadmiaru powłoki przez noże powietrzne zwiększa się przez ograniczenie drgań taśmy, np. przez zwiększenie naciąg taśmy, zastosowanie nisko-wibracyjnych łożysk garnkowych, zastosowanie stabilizatorów elektromagnetycznych

**BAT 57.** Aby zwiększyć efektywność wykorzystania materiałów w procesie ciągłego cynkowania ogniowego drutów, w ramach BAT należy unikać nadmiernego powlekania metalami, stosując jedną z technik podanych poniżej.

Technika		Opis
a	Usuwanie powietrzem lub azotem	Po opuszczeniu wanny roztopionym cynkiem strumienie powietrza lub gazu przepływające w sposób cyrkulacyjny wokół drutu zdmuchują nadmiar metalu powłoki z powierzchni drutu z powrotem do wanny cynkowniczej.
b	Usuwanie mechaniczne	Po wyjściu z kąpeli w stopionym cynku drut jest przepuszczany przez urządzenia/materiał do usuwania (np. podkładki, dysze, pierścienie, granulaty węglowe), które usuwają nadmiar metalu powlekanego z powierzchni drutu z powrotem do wanny cynkowniczej

## 9.10 Konkluzje BAT w odniesieniu do cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego)

Konkluzje dotyczące BAT przedstawione w niniejszej sekcji mają zastosowanie w uzupełnieniu do ogólnych konkluzji dotyczących BAT podanych w sekcji 9.5.

### 9.10.1 Pozostałości

**BAT 58.** Aby zapobiec powstawaniu zużytych kwasów o wysokim stężeniu cynku i żelaza, a jeśli nie jest to możliwe, aby zmniejszyć ich ilość przekazywaną do unieszkodliwienia, w ramach BAT należy przeprowadzać wytrawianie oddzielnie od usuwania zużytych powłok.

#### Opis

Wytrawianie i usuwanie zużytych powłok przeprowadza się w oddzielnych zbiornikach, aby zapobiec powstawaniu zużytych kwasów o wysokim stężeniu cynku i żelaza lub aby zmniejszyć ich ilość przekazywaną do unieszkodliwienia.

#### Stosowanie

Zastosowanie do istniejących zespołów urządzeń może być ograniczone ze względu na brak miejsca, w przypadku gdy potrzebne są dodatkowe zbiorniki do usuwania zużytych powłok.

**BAT 59.** Aby ograniczyć ilość zużytych roztworów do usuwania zużytych powłok o wysokim stężeniu cynku przekazywanych do unieszkodliwienia, w ramach BAT należy przeprowadzić odzyskiwanie zużytych roztworów do usuwania zużytych powłok i/lub zawartych w nich  $ZnCl_2$  and  $NH_4Cl$ .

#### Opis

Techniki odzyskiwania zużytych roztworów do usuwania zużytych powłok o wysokim stężeniu cynku na terenie zakładu lub poza nim obejmują:

- usunięcie cynku w drodze wymiany jonowej. Oczyszczony kwas można wykorzystać do wytrawiania, a roztwór zawierający  $ZnCl_2$ - and  $NH_4Cl$ - powstały w wyniku usuwania żywicy jonowymiennej, można wykorzystać do topnikowania.
- usunięcie cynku w drodze ekstrakcji za pomocą rozpuszczalnika. Oczyszczony kwas można wykorzystać do trawienia, natomiast koncentrat zawierający cynk, powstały w wyniku usuwania zużytych powłok i odparowania, można wykorzystać do innych celów.

### 9.10.2 Efektywne wykorzystanie materiałów

**BAT 60.** Aby zwiększyć efektywność wykorzystania materiałów w procesie cynkowania ogniowego, w ramach BAT należy stosować obie poniższe techniki.

Technika		Opis
a	Zoptymalizowany czas zanurzenia	Czas zanurzania jest ograniczony do czasu wymaganego do osiągnięcia specyfikacji grubości powłoki.
b	Powolne wyjmowanie obrabianych materiałów z kąpieli	Powolne wyjmowanie ocynkowanych obrabianych przedmiotów z wanny cynkowniczej usprawnia odprowadzanie wody i ogranicza rozpryskiwanie cynku.

**BAT 61. Aby zwiększyć efektywność wykorzystania materiałów i zmniejszyć ilość odpadów**

Technika		Opis	Stosowanie
<b>Zbieranie emisji</b>			
a	Zamknięta sekcja do podczyszczania z odciąganiem	Cała sekcja do podczyszczania (obejmująca np. odłuszczenie, trawienie, topnikowanie) jest zamknięta w obudowie, a opary są z niej usuwane.	Technika ta ma zastosowanie wyłącznie do nowych zespołów urządzeń oraz w przypadku znaczącej modernizacji zespołu urządzeń
b	Usuwanie przez kaptur boczny lub za pomocą wyciągu wargowego	Opary kwasów ze zbiorników do wytrawiania są usuwane za pomocą wyciągów bocznych lub wargowych na krawędzi zbiorników do wytrawiania. Może to również obejmować emisje ze zbiorników odłuszczeniowych.	Możliwość zastosowania w istniejących zespołach urządzeń może być ograniczona ze względu na brak miejsca.
<b>Oczyszczanie gazów odlotowych</b>			
c	Oczyszczanie na mokro, a następnie demister	Zob. sekcja 9.11.2	Zastosowanie ogólne
<b>Zmniejszenie wytwarzania emisji</b>			
d	Ograniczony zakres roboczy w otwartych kąpielach trawiących z kwasem chlorowodorowym	<p>Kąpiele w kwasie chlorowodorowym przeprowadza się bezwzględnie w zakresie temperatury i stężenia HCl określonym przez poniższe warunki:</p> <p>a) <math>4\text{ }^{\circ}\text{C} &lt; T &lt; (80 - 4w)\text{ }^{\circ}\text{C}</math>;</p> <p>b) <math>2\text{ wt-\%} &lt; w &lt; (20 - T/4)\text{ wt-\%}</math>,</p> <p>gdzie <math>T</math> oznacza temperaturę kwasu trawiącego wyrażoną w <math>^{\circ}\text{C}</math>, a stężenie HCl wyrażone jako wt-%.</p> <p>Temperatura kąpeli jest mierzona co najmniej raz dziennie. Stężenie HCl w łaźni jest mierzone przy każdym uzupełnianiu świeżego kwasu, a w każdym razie co najmniej raz w tygodniu. Aby ograniczyć parowanie, należy zminimalizować ruch powietrza na powierzchniach wanien (np. spowodowany wentylacją)</p>	Zastosowanie ogólne

przekazywanych do unieszkodliwienia w wyniku wydmuchiwania nadmiaru cynku z ocynkowanych rur, w ramach BAT należy odzyskać cząstki zawierające cynk i ponownie wykorzystać je w wannie cynkowniczej lub przekazywać je do celów odzysku cynku.

**9.10.3 Emisje do powietrza**

**BAT 62.** Aby ograniczyć emisje HCl do powietrza pochodzące z wytrawiania i usuwania zużytych powłok w procesie cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego), w ramach BAT należy kontrolować parametry pracy (tj. temperatury i stężenia kwasu w kąpeli) oraz stosować techniki podane poniżej w następującej kolejności:

- technikę, o której mowa w lit. a) w połączeniu z techniką, o której mowa w lit. c);
- technikę, o której mowa w lit. b) w połączeniu z techniką, o której mowa w lit. c);
- technikę, o której mowa w lit. d) w połączeniu z techniką, o której mowa w lit. b);
- technikę, o której mowa w lit. d).

Technika, o której mowa w lit. d), stanowi BAT tylko dla istniejących zespołów urządzeń i pod warunkiem, że zapewnia ona co najmniej równoważny poziom ochrony środowiska w porównaniu z zastosowaniem techniki, o której mowa w lit. c) w połączeniu z technikami, o których mowa w lit. a) lub b).

Tabela 9.29: Poziom emisji powiązany z BAT (BAT-AEL) dla zorganizowanych emisji HCl do powietrza pochodzących z wytrawiania i usuwania zużytych powłok przy użyciu kwasu chlorowodorowego w procesie cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego)

Parametr	Jednostka	BAT-AEL (średnia dobową lub średnia z okresu pobierania próbek)
HCl	mg/Nm <sup>3</sup>	< 2 – 6

Powiązane monitorowanie opisano w BAT 7.

## 9.10.4 Zrzut ścieków

### BAT 63. Odprowadzanie ścieków z cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego) nie stanowi

#### Opis

Powstają tylko pozostałości płynne (np. zużyty kwas trawiący, zużyte roztwory odtłuszczające i zużyte roztwory do topnikowania). Pozostałości te zbiera się. Są one odpowiednio przetwarzane w celu recyklingu lub odzysku lub przekazywane do unieszkodliwienia (zob. BAT 18 i BAT 59).

## 9.11 Opisy technik

### 9.11.1 Techniki zwiększania efektywności energetycznej

Technika	Opis
Zwijarki kręgów	Między walcarką wstępną a wykańczającą instaluje się izolowane skrzynki w celu zminimalizowania strat temperatury wsadu podczas procesów zwijania i rozwijania oraz umożliwienia stosowania niższych sił walcowania w walcowniach taśm walcowanych na gorąco.
Optymalizacja spalania	Środki zastosowane w celu zmaksymalizowania efektywności konwersji energii w piecu, przy jednoczesnym ograniczeniu do minimum emisji (w szczególności emisji CO). Osiąga się to dzięki zastosowaniu kombinacji technik, w tym dzięki dobremu zaprojektowaniu pieca, optymalizacji temperatury (np. skuteczne mieszanie paliwa i powietrza do spalania) i czasu przebywania w strefie spalania oraz zastosowaniu automatyzacji i systemu kontroli piec.
Spalanie bezpłomieniowe	Spalanie bezpłomieniowe uzyskuje się poprzez oddzielne wtryskiwanie paliwa i powietrza do spalania do komory spalania pieca z dużą prędkością, aby stłumić powstawanie płomienia i ograniczyć powstawanie termicznego NO <sub>x</sub> , tworząc jednocześnie bardziej równomierny rozkład ciepła w całej komorze. Spalanie bezpłomieniowe można stosować w połączeniu ze spalaniem w tlenie.
Automatyzacja i sterowanie piecem	Proces nagrzewania jest optymalizowany za pomocą systemu komputerowego kontrolującego w czasie rzeczywistym kluczowe parametry, takie jak temperatura pieca i wsadu, stosunek powietrza do paliwa oraz ciśnienie w piecu.
Odlewanie wlewków o przekroju zbliżonym do przekroju wyrobu gotowego, po którym następuje walcowanie	Cienkie kęsiska płaskie i profile wstępne dwuteowe produkuje się, przeprowadzając odlewanie i walcowanie w jednym etapie procesu. Zmniejsza się potrzeba ponownego nagrzewania wsadu przed walcowaniem oraz liczba przejść walcowniczych.
Optymalizacja konstrukcji i działania SNCR/SCR	Optymalizacja stosunku reagenta do NO <sub>x</sub> w przekroju poprzecznym pieca lub kanału, rozmiaru kropeł reagenta i okna temperaturowego, w którym wstrzykiwany jest reagent.

Spalanie w tlenie	Powietrze do spalania jest całkowicie lub częściowo zastępowane czystym tlenem. Spalanie w tlenie można stosować w połączeniu ze spalaniem bezpłomieniowym.
Wstępne ogrzewanie powietrza do spalania	Ponowne użycie części ciepła odzyskanego z gazu spalinowego do podgrzania powietrza do spalania.
System zarządzania (i gospodarka) gazem procesowym	System umożliwiający kierowanie gazów procesowych powstałych przy produkcji stali i stopów żelaza do pieców do nagrzewania wsadu, w zależności od ich dostępności.
Palnik rekuperacyjny	W palnikach rekuperacyjnych stosuje się różne typy rekuperatorów (np. wymienniki ciepła o konstrukcji radiacyjnej, konwekcyjnej, kompaktowej lub promiennikowej) do bezpośredniego odzyskiwania ciepła z gazów spalinowych, które następnie wykorzystuje się do wstępnego podgrzania powietrza do spalania.
Zmniejszenie tarcia podczas walcowania	Oleje do walcowania dobiera się starannie. W celu zmniejszenia tarcia pomiędzy walcami roboczymi a wsadem oraz zapewnienia minimalnego zużycia oleju stosuje się systemy czystego oleju lub emulsji. W przypadku walcowania na gorąco odbywa się to zwykle na pierwszych stanowiskach walcarki wykańczającej.
Palnik regeneracyjny	Palniki regeneracyjne składają się z dwóch palników pracujących naprzemiennie, w których znajdują się złoża materiałów ogniotrwałych lub ceramicznych. Podczas pracy jednego palnika ciepło gazów spalinowych jest absorbowane przez materiały ogniotrwałe lub ceramiczne drugiego palnika, a następnie wykorzystywane do wstępnego podgrzania powietrza do spalania.
Kocioł odzysknicowy	Ciepło z gorących gazów spalinowych jest wykorzystywane do wytwarzania pary za pomocą kotła odzysknicowego. Wytworzona para jest wykorzystywana w innych procesach w zespole urządzeń, do zasilania sieci parowej lub do wytwarzania energii elektrycznej w elektrowni.

### 9.11.2 Techniki ograniczania emisji do powietrza

Technika	Opis
Optymalizacja spalania	Zob. sekcja 9.11.1
Demister	Demistery to urządzenia filtrujące, które usuwają porwane krople cieczy ze strumienia gazu. Składają się one z plecionej struktury z drutów metalowych lub plastikowych o dużej powierzchni właściwej. Dzięki swojemu pędowi małe kropelki obecne w strumieniu gazu uderzają o druty i łączą się w większe kropelki.
Elektrofiltr	Działanie elektrofiltrów polega na tym, że cząsteczkom nadawany jest ładunek elektryczny, co pozwala oddzielić je pod wpływem pola elektrycznego. Elektrofiltry mogą działać w bardzo różnych warunkach. Efektywność redukcji może zależeć od liczby pól, czasu przebywania (rozmiaru) oraz urządzeń do usuwania cząsteczek poprzedzających filtr. Elektrofiltry zazwyczaj obejmują od dwóch do pięciu pól. Elektrofiltry mogą być typu suchego lub mokrego, w zależności od techniki stosowanej do zbierania pyłu z elektrod. Elektrofiltry mokre zwykle stosuje się na etapie polerowania w celu usunięcia pozostałości pyłu i kropelek po oczyszczaniu na mokro.
Filtr tkaninowy	Filtry tkaninowe, nazywane często filrami workowymi, są wykonane z porowatej tkaniny lub filcu, przez które przepuszcza się gazy w celu usunięcia cząsteczek pyłu. Zastosowanie filtra tkaninowego wiąże się z koniecznością doboru tkaniny, która będzie odpowiadała właściwościom gazów odlotowych i maksymalnej temperaturze pracy.
Spalanie bezpłomieniowe	Zob. sekcja 9.11.1.
Automatyzacja i sterowanie piecem	Zob. sekcja 9.11.1.

Palnik o niskiej emisji NOx	Technika ta (obejmująca palniki o ultraniskiej emisji NOx) opiera się na zasadzie redukcji szczytowych temperatur płomienia. Mieszanie powietrza/paliwa ogranicza dostępność tlenu i zmniejsza maksymalną temperaturę płomienia, tym samym opóźniając przekształcanie występującego w paliwie azotu w NOx i powstawanie termicznych NOx przy jednoczesnym utrzymaniu wysokiej efektywności spalania.
Optymalizacja konstrukcji i działania SNCR/SCR	Zob. sekcja 9.11.1.
Spalanie w tlenie	Zob. sekcja 9.11.1.
Selektywna redukcja katalityczna (SCR)	Technika SCR opiera się na redukcji NOx do azotu w złożu katalitycznym w wyniku reakcji z mocznikiem lub amoniakiem w optymalnej temperaturze roboczej około 300–450 °C. Można nałożyć kilka warstw katalizatora. Większą redukcję NOx osiąga się dzięki zastosowaniu wielu warstw katalizatora.
Selektywna redukcja niekatalityczna (SNCR)	SNCR polega na redukcji NOx do azotu w wyniku reakcji z amoniakiem lub mocznikiem w wysokiej temperaturze. Przedział temperatur roboczych utrzymuje się w granicach 800–1 000 °C, aby zapewnić optymalne warunki reakcji.
Oczyszczanie na mokro	Usunięcie zanieczyszczeń w formie gazu lub cząstek stałych ze strumienia gazu przez przeniesienie masy do płynnego rozpuszczalnika, którym często jest woda lub roztwór wodny. Technika ta może obejmować reakcję chemiczną (np. w płuczce gazowej lub alkalicznej). W niektórych przypadkach istnieje możliwość odzyskania związków z rozpuszczalnika.

### 9.11.3 Techniki ograniczania emisji do wody

Technika	Opis
Adsorpcja	Usuwanie substancji rozpuszczalnych ze ścieków poprzez przeniesienie ich na powierzchnię stałych, wysoce porowatych cząstek (zwykle węgla aktywnego).
Przetwarzanie tlenowe	Biologiczne utlenianie rozpuszczonych zanieczyszczeń organicznych w tlenie z wykorzystaniem metabolizmu mikroorganizmów. W obecności rozpuszczonego tlenu, wprowadzanego w postaci powietrza lub czystego tlenu, składniki organiczne ulegają mineralizacji na dwutlenek węgla i wodę lub inne metabolity i biomasę.
Strącanie chemiczne	Przekształcenie rozpuszczonych substancji zanieczyszczających w nierozpuszczalny związek poprzez dodawanie chemicznych środków strącających. Powstałe trudno rozpuszczalne związki stałe są następnie oddzielane metodami sedymentacji, flotacji lub filtracji. W razie potrzeby można zastosować mikrofiltrację lub ultrafiltrację. Wielowartościowe jony metali (np. wapnia, glinu, żelaza) wykorzystuje się do strącania fosforu.
Redukcja chemiczna	Przekształcenie substancji zanieczyszczających za pomocą chemicznych środków redukujących w podobne, ale mniej szkodliwe lub mniej niebezpieczne związki.
Koagulacja i flokulacja	Koagulację i flokulację wykorzystuje się do oddzielenia zawiesin ze ścieków i są one często realizowane jako kolejne etapy. Koagulacja polega na dodaniu koagulantów o ładunkach przeciwnych do ładunków zawiesin. Flokulacja polega na dodaniu polimerów, aby kolizje mikrocząstek powodowały ich łączenie się w większe kłaczkę.
Wyrównanie (ujednorodnienie) strumienia ścieków	Równoważenie przepływów i ładunków zanieczyszczeń na wlocie do końcowego oczyszczania ścieków dzięki zastosowaniu zbiorników centralnych. Wyrównywanie może być zdecentralizowane lub przeprowadzane przy użyciu innych technik zarządzania.
Filtracja	Oddzielenie substancji stałych od ścieków przez przepuszczenie ich przez porowaty materiał filtracyjny, np. filtrowanie przez piasek, mikrofiltracja lub ultrafiltracja.
Flotacja	Oddzielenie cząstek stałych lub ciekłych od ścieków przez przyłączanie ich do drobnych pęcherzyków gazu, zwykle powietrza. Pływające cząstki gromadzą się na powierzchni wody i są zbierane przez przelewy syfonowe.

Nanofiltracja	Proces filtracji, w którym stosuje się membrany o rozmiarach porów około 1 nm.
Neutralizacja	Doprowadzenie pH ścieków do neutralnego poziomu (około 7) w wyniku dodania substancji chemicznych. W celu zwiększenia pH zazwyczaj stosuje się wodorotlenek sodu (NaOH) lub wodorotlenek wapnia (Ca(OH) <sub>2</sub> ), z kolei w celu obniżenia poziomu pH stosuje się zwykle kwas siarkowy (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ), kwas chlorowodorowy (HCl) lub dwutlenek węgla (CO <sub>2</sub> ). Podczas neutralizacji może nastąpić strącanie niektórych zanieczyszczeń.
Oddzielanie fizyczne	Oddzielanie substancji stałych, zawiesin lub cząstek metali ze ścieków przy użyciu np. krat, sit, piaskowników, separatorów tłuszczu, hydrocyklonów, rozdzielania faz oleju i wody lub osadników wstępnych.
Odwrócona osmoza	Proces filtracji membranowej, w którym różnica ciśnień stosowanych w komorach oddzielonych membraną powoduje, że woda przepływa z roztworu o większym stężeniu do roztworu o mniejszym stężeniu.
Sedymentacja	Oddzielenie cząstek stałych i materiału zawieszonego przez osadzanie grawitacyjne.



## 10. UWAGI KOŃCOWE I ZALECENIA DOTYCZĄCE PRZYSZŁYCH PRAC

### Czas przeprowadzenia przeglądu

Kluczowe kamienie milowe przeglądu zostały podsumowane w Tabeli 10.1 poniżej.

Tabela 10.1: Kluczowe kamienie milowe przeglądu dokumentu BREF dotyczącego przetwórstwa stali i stopów żelaza

Kluczowy kamień milowy	Data
Reaktywacja TWG	27 listopada 2015 r.
Zaproszenie do składania stanowisk wstępnych	29 kwietnia 2016 r.
Spotkanie inauguracyjne	15 do 18 listopada 2016 r.
Uruchomienie procesu zbierania danych w kwestionariuszach	10 listopada 2017 r.
Gromadzenie danych i informacji	16 marca 2018 r.
Projekt 1 (P1) zmienionego dokumentu FMP BREF	29 marca 2019 r.
Koniec okresu zgłaszania uwag do Projektu 1 (otrzymano 568 uwag)	7 czerwca 2019 r.
Końcowe personalne spotkanie TWG	Pierwotnie zaplanowane na okres: 30 marca 2020 r. – 3 kwietnia 2020 r. Odwołano z powodu pandemii COVID-19.
Drugie pisemne konsultacje w sprawie zmienionej wersji projektu konkluzji BAT	12 października – 6 listopada 2020 r.
Końcowe spotkanie TWG (przeprowadzone jako seria dziewięciu sesji online)	23 listopada 2020 r. – 8 lutego 2021 r.

Końcowe personalne spotkanie TWG miało pierwotnie odbyć się w siedzibie Wspólnego Centrum Badawczego w Sewilli w dniach 30 marca – 3 kwietnia 2020 r. i zostało odwołane z powodu pandemii COVID-19.

Sposób finalizacji przeglądu FMP BREF uzgodniono w dniu 25 września 2020 r. wspólnie z TWG, po konsultacjach pisemnych TWG przeprowadzonych w maju 2020 r. (bezpośrednio po odwołaniu końcowego personalnego spotkania TWG w sprawie FMG) oraz spotkaniu TWG online z dnia 16 września 2020 r.

Uzgodniono następujący sposób dalszego postępowania:

- *Drugie pisemne konsultacje w sprawie zmienionej wersji projektu konkluzji BAT:* W dniu 9 października 2020 r. EIPPCB przesłało do TWG zmienioną wersję projektu konkluzji BAT w oparciu o uwagi otrzymane pod koniec marca 2020 r. W dniach 12 października – 6 listopada 2020 r., członkowie TWG przekazywali uwagi dotyczące każdej sekcji zmienionego projektu konkluzji BAT.
- *2 sesje online w sprawach niebudzących kontrowersji:* Sekcje konkluzji BAT, które otrzymały niską liczbę uwag i/lub drobne uwagi zostały omówione podczas dwóch dedykowanych sesji online w listopadzie 2020 r. (23 i 26 listopada 2020 r.).
- *7 sesji online w sprawach spornych:* Sekcje konkluzji BAT, które otrzymały względnie wysoką liczbę uwag i/lub istotne uwagi zostały omówione podczas 7 dedykowanych sesji online w terminie od 10 grudnia 2020 r. i 8 lutego 2021 r.

Zauważono, iż z powodu charakteru spotkań online oraz w celu zachowania poufności danych, przedstawienie danych CBI dotyczących zużycia energii, wody i materiałów podczas spotkań online było niemożliwe. Jednakże, dane CBI przedstawiono podczas drugich warsztatów TWG, które odbyły się w Sewilli w dniach 3-4 grudnia 2019 r.

Podczas przeglądu BREF, złożono wizyty w 10 zakładach w Austrii, Hiszpanii i Szwecji. Ponadto, zorganizowano dwa wydarzenia usprawniające wymianę informacji:

- 1. warsztaty dotyczące oceny danych (styczeń 2019 r.);

Konkluzja BAT/nr tabeli	Zdanie odrębne	Opinia członka TWG:	Zaproponowana alternatywa (jeśli zaproponowano)
BAT 11 / Tabela 9.1	Umieścić dodatkowy przypis związany z nagrzewaniem końcowym we wsadu (blachy arkuszone grube, pręty i walcówka) stanowiący, że: „Górna granica zakresu BAT-AEPL może być wyższa, gdy wsad jest podgrzewany częściej niż raz w tym samym lub różnych piecach (np. normalizacja, a następnie gniot wygładzający.”	EUROFER, przy poparciu CZ	n.d.
BAT 20	Usunąć przypis <sup>(1)</sup> .	AT, DE, SE, przy poparciu EEB	n.d.
BAT 21	Zmienić przypis <sup>(2)</sup> w następujący sposób: „Górna granica zakresu BAT-AEL może być wyższa i wynosić do 300 mg/Nm <sup>3</sup> w przypadku stosowania dużego udziału gazu koksowniczego (> 50 % energii wejściowej) i gdy korzyści z dokładnego odsiarczania COG nie są uzasadnione.”	EEB	50-300 mg/Nm <sup>3</sup>
BAT 22 Tabela 9.9	Włączyć nowy przypis dotyczący nagrzewania (zakłady istniejące), nagrzewania międzyoperacyjnego i końcowego przy stosowaniu 100% gazu ziemnego o brzmieniu: „Górna granica zakresu BAT-AEL może zostać przekroczona w przypadku wstępnego nagrzewania powietrza do wysokich temperatur. W takim przypadku, górna granica zakresu BAT-AEL wynosi 400 mg/Nm <sup>3</sup> .”	EUROFER, przy poparciu CZ i PT	400 mg/Nm <sup>3</sup>
BAT 22 / Tabela 9.9	Włączyć nowy przypis dotyczący nagrzewania (zakłady istniejące), nagrzewania międzyoperacyjnego i końcowego przy stosowaniu innych paliw o brzmieniu: „Górna granica zakresu BAT-AEL wynosi 500 mg/Nm <sup>3</sup> w przypadku wstępnego nagrzewania powietrza do wysokich temperatur i udziału gazu koksowniczego lub gazu bogatego w CO z produkcji żelazochromu < 50% energii wejściowej).  W przypadku wstępnego nagrzewania powietrza do wysokich temperatur w połączeniu z wysokim udziałem gazu koksowniczego lub gazu bogatego w CO z produkcji żelazochromu (> 50% energii wejściowej), górna granica zakresu BAT-AEL wynosi 800 mg/Nm <sup>3</sup> ”.	EUROFER, przy poparciu CZ i SK	500 mg/Nm <sup>3</sup> (w przypadku wstępnego podgrzewania powietrza do wysokich temperatur i udziału gazu koksowniczego lub gazu bogatego w CO z produkcji żelazochromu < 50% energii wejściowej)  800 mg/Nm <sup>3</sup> (w przypadku wstępnego podgrzewania powietrza do wysokich temperatur i udziału gazu koksowniczego lub gazu bogatego w CO z produkcji żelazochromu > 50% energii wejściowej)
BAT 22 / Tabela 9.9	Włączyć nowy przypis dotyczący nagrzewania (zakłady istniejące) przy stosowaniu 100% gazu ziemnego i dla nagrzewania, nagrzewania międzyoperacyjnego i końcowego przy stosowaniu	EUROFER	450 mg/Nm <sup>3</sup>

	innych paliw o brzmieniu: „Górna granica zakresu		
--	--	--	--

- 2. warsztaty dotyczące oceny danych (grudzień 2019 r.) .

### Źródła informacji i luk informacyjnych

Głównymi źródłami informacji dla procesu przeglądu były:

- literatura naukowa i techniczna;
- 342 wypełnione kwestionariusze (z który 265 zawierało poufne informacje biznesowe) od operatorów przetwórci stali i żelaza;
- dodatkowe informacje od członków TWG;
- 1 568 uwag dotyczących Projektu 1 zmienionych BREF;
- 371 uwag dotyczących zmienionej wersji projektu konkluzji BAT (listopad 2020 r.);
- informacje zebrane podczas wizyt lokalnych;
- wyniki ww. warsztatów.

W efekcie, w systemie BATIS opublikowano ok. 400 dokumentów, z których większość została przywołana w zmienionym dokumencie FMP BREF.

### Stopień konsensusu osiągnięty podczas wymiany informacji

Podczas spotkania końcowego TWG, które miało postać serii sesji online w okresie od listopada 2020 r. do lutego 2021 r., osiągnięto wysoki stopień konsensusu w sprawie większości konkluzji BAT. Wyrażono 12 zdań odmiennych spełniających warunki określone w sekcji 4.6.2.3.2 Decyzji Wykonawczej Komisji 2012/119/UE. Zostały one podsumowane w Tabeli 10.2 poniżej.

Tabela 10.2: Zdania odrębne

	BAT-AEL może zostać przekroczona w przypadku przetwarzania stali wysokostopowych, np. stali nierdzewnej. W takim przypadku górna granica zakresu BAT-AEL wynosi 450 mg/Nm <sup>3</sup> .”		
BAT 22 / Tabela 9.9	Zwiększyć górną granicę zakresu BAT-AEL dla emisji NOx w nagrzewaniu końcowym wsadu z zastosowaniem 100% gazu ziemnego do 250 mg/Nm <sup>3</sup> .	EUROFER	250 mg/Nm <sup>3</sup>
BAT 22 / Tabela 9.10	Zmienić przypis <sup>(1)</sup> w następujący sposób: „Górna granica zakresu BAT-AEL może być wyższa i wynosić do 300 mg/Nm <sup>3</sup> w przypadku wstępnego nagrzewania powietrza do wysokich temperatur. W takim przypadku, górna granica BAT-AEL wynosi 400 mg/Nm <sup>3</sup> .”	EUROFER, przy poparciu SK	400 mg/Nm <sup>3</sup>

BAT 22 / Tabela 9.12	Zmienić przypis <sup>(1)</sup> w następujący sposób: „Gdy stosowane jest wstępne nagrzewanie powietrza do wysokich temperatur, górna granica zakresu BAT-AEL wynosi 500 mg/Nm <sup>3</sup> w przypadku stosowania 100% gazu ziemnego. Gdy stosowane jest wstępne nagrzewanie powietrza do wysokich temperatur, górna granica zakresu BAT-AOL wynosi 800 mg/Nm <sup>3</sup> w przypadku dużego udziału gazu koksowniczego lub gazu bogatego w CO z produkcji żelazochromu (> 50 % energii wejściowej).”	EUROFER przy poparciu SK	500 mg/Nm <sup>3</sup> (przy wstępnym nagrzewaniu powietrza do wysokich temperatur i 100% gazu ziemnego)  800 mg/Nm <sup>3</sup> (przy wstępnym nagrzewaniu powietrza do wysokich temperatur i dużym udziale gazu koksowniczego lub gazu bogatego w CO z produkcji żelazochromu (> 50 % energii wejściowej))
BAT 34 (f)	Zmienić opis techniki (f) w następujący sposób: “Pozostałości szlamów zaolejonych, np. z odtłuszczenia, są odwadniane w celu odzyskania wyłącznie zawartego w nich oleju do dalszego użytku, korzystnie dla zastosowań innych niż paliwo (np. ponowne wykorzystanie oleju eksploatacyjnego). Jeśli zawartość wody w szlamie jest niska, a olej nie zawiera zanieczyszczeń w postaci metali lub chlorowców, odzyskana frakcja oleju może być wykorzystana jako paliwo”.	EEB	n.d.
BAT 62	Usunąć z BAT zwrot „w następującej kolejności”.  Usunąć z BAT ostatnie zdanie „Technika, o której mowa w lit. d), stanowi BAT tylko dla istniejących zespołów urządzeń i pod warunkiem, że zapewnia ona co najmniej równoważny poziom ochrony środowiska w porównaniu z zastosowaniem techniki, o której mowa w lit. c) w połączeniu z technikami, o których mowa w lit. a) lub b).”	EGGA, ES <sup>3</sup> przy poparciu IT i PT	n.d.
BAT 62 / Tabela 9.29	Zwiększyć górny zakres BAT-AEL dla dla zorganizowanych emisji HCl do powietrza pochodzących z wytrawiania i usuwania zużytych powłok przy użyciu kwasu chlorowodorowego w procesie cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego)	EGGA	< 2-10 mg/Nm <sup>3</sup>

<sup>3</sup> ES zaproponowała dodatkowo zastosowanie dopuszczalnych wartości narażenia zawodowego dla HCL określonych zgodnie z Dyrektywą Komisji 2000/39/WE z dnia 8 czerwca 2000 r. w celu wykazania, że za pomocą techniki, o której mowa w lit. d) można uzyskać równoważny stopień ochrony środowiska.

## Konsultacja forum i późniejsza formalna procedura przyjęcia konkluzji BAT

*Do uzupełnienia na późniejszym etapie.*

### Zalecenia dotyczące przyszłej pracy

Wymiana informacji ujawniła szereg kwestii wymagających rozwiązania podczas kolejnego przeglądu FMP BREF. Zalecenia dotyczące kolejnego przeglądu obejmują następujące kwestie:

- Zalecenia ogólne:
  - Zebranie większej ilości informacji w ramach kolejnego przeglądu BREF dotyczącego niektórych technik kandydackich BAT w ramach działań

„Efekty środowiskowe i dane eksploatacyjne” oraz „Aspekty ekonomiczne”, dla których TWG dostarczyły podczas obecnego przeglądu BREF niewiele informacji lub nie dostarczyły ich wcale.

- W odniesieniu do emisji do powietrza:
  - Zebranie większej ilości informacji o poszczególnych przypadkach (procesach), w których tlen w gazie odlotowym z procesów spalania jest spalany do poziomu zbliżonego do 21% objętościowo w wyniku dodatkowego poboru powietrza z przyczyn bezpieczeństwa. W każdym przypadku, należy gromadzić dane o zawartości tlenu, w której mierzone są stężenia emisji.
  - Zebranie większej ilości informacji o stosowaniu energii elektrycznej ze źródeł energetycznych innych niż kopalne w procesie nagrzewania (np. Efekty krzyżowe, Przykładowe zakłady).
  - Zebranie większej ilości informacji o technikach stosowanych do Ograniczania ograniczanie porywania pyłu w piecach grzewczych.
  - Zebranie większej ilości informacji o temperaturze wstępnego nagrzewania powietrza do wyżarzania ciągłego i partiami..
  - Zebranie większej ilości informacji o emisji NO<sub>x</sub> na potrzeby sektora cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego) dla zakładów wyposażonych w grzejniki osłonowe (np. cynkowanie w wysokiej temperaturze).
  - Zebranie większej ilości danych o emisjach HF z wytrawiania stali nierdzewnej w mieszaninie kwasów zawierającej H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i HF z wtryskiem H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.
  - Zebranie większej ilości informacji o emisji SO<sub>x</sub> z wytrawiania walcówki w procesie ciągnięcia drutu.
  - Zebranie większej ilości informacji o emisji cynku z cynkowania ogniowego drutu i cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego).
  - Zebranie większej ilości informacji o monitorowaniu substancji lotnych i metali (np. chromu, niklu) z procesów oczyszczania końcowego.
  - Zebranie większej ilości informacji o:
    - emisjach NO<sub>x</sub> i pyłu z odzysku mieszaniny kwasów metodą prażenia natryskowego i parowania;
    - emisje NH<sub>3</sub> do powietrza z odzysku mieszaniny kwasów metodą prażenia natryskowego, gdy do zmniejszenia ilości NO<sub>x</sub> stosowana jest SCR.
  - Zebranie większej ilości informacji o stężeniach emisji osiągniętych podczas stosowania wyłącznie ograniczonego zakresu operacyjnego dla kwasu chlorowodorowego w otwartych kąpielach trawiących, wykazującego zapewnienie równoważnego poziomu ochrony środowiska do ekstrakcji (z osłony, wyciągu bocznego lub wyciągu wargowego) w połączeniu z oczyszczaniem na mokro, a następnie demisterem.
  - Zebranie większej ilości informacji o:
    - poziomach powstawania pyłu z procesów szorstkowania, walcowania i spawania oraz stosowanych technik redukcji;
    - emisjach pyłu z operacji śrutowania w przypadku stali nierdzewnej.
- W odniesieniu do emisji do powietrza:
  - Zebranie większej ilości informacji o nagrzewaniu końcowym grubych blach arkuszowych, prętów i walcówki w przypadku postarzalnych etapów obróbki cieplnej (np., gdy wsad jest podgrzewany częściej niż raz w tym samym lub różnych piecach).

- Zebranie większej ilości informacji dotyczących zużycia energii w przypadku wsadu przetwarzanego za pomocą wielu cykli wyżarzania.
  - Zebranie większej ilości informacji o (i) temperaturach wyżarzania stosowanych w walcowaniu na gorąco i cynkowaniu ogniowym, (ii) powodach technicznych pracy w wysokiej temperaturze wyżarzania (> 800 °C) oraz (iii) powiązaniem zużyciu energii z pieców do wyżarzania.
  - Zebranie większej ilości informacji o szczegółowym zużyciu energii:
    - Wirowniach w cynkowniach BG;
    - cynkowniach BG stosujących wysoką temperaturę (kąpiel cynkownicza powyżej 500 °C);
    - Cynkowniach BG o niskiej średniej produktywności rocznej;
    - Cynkowniach BG o dużym udziale produktów cienkich.
  - Zebranie większej ilości informacji o szczegółowym zużyciu energii w przypadku walcowni na zimno produkujących stal o podwyższonej wytrzymałości.
  - Zebranie większej ilości informacji o szczegółowym zużyciu energii w ciągarniach drutu.
- W odniesieniu do zużycia materiałów:
    - Zebranie większej ilości informacji o:
      - szczegółowym zużyciu kwasu do wytrawiania i usuwania zużytych powłok w zakładach prowadzących ponowne cynkowanie wsadu ;
      - szczegółowym zużyciu kwasu do wytrawiania w sektorach CR, HR, HDC i WD;
      - szczegółowym zużyciu materiałów o dużej powierzchni w cynkowniach ogniowych (np. rury, korytka kablowe);
      - charakterystyce poszczególnych powierzchni (np. duża powierzchnia).
    - Zebranie większej ilości informacji o potencjalnym zastosowaniu szlamu zaolejonego oraz charakterystyce szlamu zaolejonego pod kątem zanieczyszczeń (np. chlorowce, metale).
  - W odniesieniu do zużycia wody:
    - Zebranie większej ilości informacji o zużyciu wody w procesach chłodzenia.
    - Zebranie większej ilości informacji o zużyciu wody na poszczególnych etapach procesów.
  - W odniesieniu do emisji do wody:
    - Zebranie większej ilości informacji o:
      - emisji stężeń rozpuszczonego Fe w strumieniach ścieków i udziale w zawieszynie ogólnej i ogólnych stężeniach emisji Fe;
      - stężeniach emisji Ni z zakładów produkujących stal nierdzewną austenityczną;
      - przypadkach, w których zakłady FMP otrzymują ścieki z zakładów metalurgicznych, w szczególności w związku z ładunkiem zanieczyszczeń.
    - Zebranie większej ilości informacji o stężeniach emisji w bezpośrednim zrzucie Hg i informacji o potencjalnym pochodzeniu emisji Hg.

#### **Sugerowane tematy dotyczące przyszłych prac badawczo-rozwojowych**

Komisja uruchamia i wspiera, poprzez swoje programy badań i rozwoju technologicznego, serię projektów dotyczących czystych technologii, opracowywanych technologii oczyszczania ścieków i recyklingu oraz strategii zarządzania. Potencjalnie projekty te mogą stanowić przydatny wkład w przyszłe przeglądy BREF. Czytelnicy proszeni są zatem o informowanie Europejskiego Biura IPPC o wszelkich wynikach badań, które są istotne dla zakresu tego dokumentu (patrz także: dział piąty wstępu do niniejszego dokumentu)..





## 11. ZAŁĄCZNIKI

### 11.1 Wykaz instalacji/zakładów uczestniczących w procesie zbierania danych na potrzeby przeglądu FMP BREF w roku 2018

Nr zakładu	Nazwa spółki	Kraj	Miasto	Działania FMP, dla których przesłano dane					CWW/TP
				Walcowanie na gorąco	Walcowanie na zimno	Ciągnięcie drutu	Cynkowanie ogniotowe	Cynkowanie ogniotowe jedn. (zanurzeniowe)	
1	Zinkpower Brunn GmbH	AT	Brunn/Gebirge					X	
2	Verzinkerei Neumarkt GmbH	AT	Neumarkt					X	
3	OTN Oberflächentechnik GmbH	AT	St. Georgen					X	
4	Zinkpower Klagenfurt GmbH	AT	Klagenfurt					X	
5	Zinkpower Bergheim GmbH & Co. KG	AT	Bergheim					X	
6	Zinkpower Gratkorn GmbH	AT	Gratkorn					X	
7	Zinkpower Wiener Neustadt GmbH	AT	Theresienfeld					X	
8 (*)	Voestalpine Stahl GmbH / Voestalpine Grobblech GmbH	AT	Linz	X	X		X		X
10	Voestalpine Stahl Donawitz GmbH	AT	Donawitz	X					X
11	Voestalpine Schienen GmbH	AT	Donawitz	X					
12	Voestalpine Wire Rod Austria GmbH	AT	Donawitz	X					
14	Stahl- und Walzwerk Marienhütte GmbH	AT	Graz	X					
15	Voestalpine BÖHLER Edelstahl GmbH & Co KG	AT	Kapfenberg	X					
16	Voestalpine Tubulars GmbH & Co KG	AT	Kindberg	X					
17	Voestalpine Böhler Bleche GmbH & Co KG	AT	Mürzzuschlag		X				
18	Voestalpine Wire Austria GmbH	AT	Bruck/Mur			X			X
19	Voestalpine Böhler Edelstahl GmbH & Co-KG	AT	Kapfenberg - Deuchendorf	X					
20	Galva Power Houthalen	BE	Houthalen Helchteren					X	
21	Verzinkerij Lenssen	BE	Genk					X	
22	Limburgse Galvanisatie	BE	Maasmechelen					X	
23	Coatinc Ninove N.V.	BE	Ninove					X	
24	NV Bekaert SA	BE	Zwevegem			X			X

26	Aperam Genk	BE	Genk		X			
33	Segal	BE	Ivoz-Ramet				X	

Nr zakładu	Nazwa spółki	Kraj	Miasto	Działania FMP, dla których przesłano dane					CWWTP
				Walcowanie na gorąco	Walcowanie na zimno	Ciągnięcie drutu	Cynkowanie ogniotowe	Cynkowanie ogniotowe jedn. (zamarzeniowe)	
37	ArcelorMittal Belgia	BE	Ghent	X	X		X		
38	Aperam Stainless Belgia	BE	Châtelet	X				X	
40	ArcelorMittal Belgia	BE	Ivoz-Ramet				X		
41	Arcelormittal	BE	Flémalle				X	X	
45	Bilstein GmbH & CO. KG Hagen	DE	Hagen		X				
46	Fried. u. Herm. Lüling GmbH & Co.KG	DE	Altena			X			
48	Verticalgalva Voigt & Müller GmbH	DE	Kissing					X	
49	Voigt & Schweitzer Henssler GmbH & Co. KG	DE	Maintal					X	
50	Voigt & Schweitzer Landsberg/Halle GmbH	DE	Landsberg					X	
51	Wiegel Breitengüßbach Feuerverzinken GmbH	DE	Breitengüßbach					X	
52	Wiegel Feuchtwangen Feuerverzinken GmbH & Co KG	DE	Feuchtwangen					X	
53	Wiegel Graben Feuerverzinken GmbH & Co KG	DE	Graben					X	
54	ZinkPower Schoppsdorf GmbH & Co. KG	DE	Genthin OT Schoppsdorf					X	
55	Duferco Danish Steel A/S	DK	Frederiksværk	X					
56	NLMK DanSteel Ltd.	DK	Frederiksværk	X					
57	Coatinc Siegen GmbH	DE	Kreuztal					X	
58	Coatinc Würzburg GmbH	DE	Rottendorf					X	
61	Feuerverzinkung Holdorf GmbH & Co. KG	DE	Holdorf					X	
62	Feuerverzinkung Hannover GmbH & Co. KG	DE	Langenhagen					X	
63	ZinkPower Remels GmbH & Co. KG	DE	Uplengen-Remels					X	
64	ZinkPower Willi Kopf GmbH & Co. KG	DE	Schlierbach					X	
65	H.-J. Meyer Feuerverzinkungs GmbH & Co.KG	DE	Satow OT Groß Bölkow					X	
66	Sidenor Steel Industry S.A.	EL	Thessaloniki	X					
71	Galesa	ES	Cheste					X	

72	Galvanizaciones Aragonesas S.A.	ES	Zaragoza					X	
74	Megalta S.L.	ES	Porriño					X	
75	Galvanizados, S.A.	ES	Alcalá De Henares					X	
76	Retsa-II, S.L.	ES	Arteixo					X	

Nr zakładu	Nazwa spółki	Kraj	Miasto	Działania FMP, dla których przesłano dane					CWWTP
				Walcowanie na gorąco	Walcowanie na zimno	Ciągnięcie drutu	Cynkowanie ogniwowe	Cynkowanie ogniwowe jedn. (zanurzeniowe)	
84	Galvazinc S.L.	ES	Sotondrio- San Martín De Rey Aurelio					X	
85	Funtam	ES	Torrejón De Ardoz					X	
87	Celsa Group	ES	Laracha	X					
88	Acerinox Europa SAU	ES	Palmones	X	X				
89	Sidenor	ES	Basauri	X					X
90	Aceros inoxidables Olarra	ES	Loiu	X					X
91	ArcelorMittal España, S.A.	ES	Olaberia	X					X
92	Acería de Álava	ES	Amurrio	X					
94	ArcelorMittal España, S.A.	ES	Gijon/Aviles	X	X		X		X
96	ArcelorMittal España, S.A.	ES	Sagunto				X		X
97	ArcelorMittal España, S.A.	ES	Sestao	X					X
98	ArcelorMittal España, S.A.	ES	Etxebarri		X				
99	CelsaA	ES	Barcelona	X					X
100	Global Steel Wire S.A.	ES	Santander	X					
101	Nervacero S.A	ES	Valle De Trapaga	X					
102	Arcelormittal Belgium S.A.	BE	Liege		X				X
103	ArcelorMittal Ostrava S.A..	CZ	Ostrava	X				X	
105	Tubacex Amurrio	ES	Amurrio		X				
106	ArcelorMittal Fos sur Mer	FR	Fos-Sur-Mer	X					
108	ArcelorMittal	LU	Esch-Belval	X					X
109	ArcelorMittal	LU	Differdange	X					X
110	Tata Steel IJmuiden	NL	IJmuiden	X	X		X		X
111	ArcelorMittal Galati	RO	Galati	X	X		X		
112	Thyssenkrupp Steel Europe AG	DE	Duisburg	X					X
113	Vallourec Deutschland GmbH	DE	Düsseldorf	X					(**)

115	Waelzholz, C. D. Wälzholz GmbH	DE	Hagen		X				
116	Hille&Müller GmbH, Düsseldorf	DE	Düsseldorf		X				
118	ArcelorMittal Eisenhüttenstadt	DE	Eisenhüttenstadt	X					
119	ArcelorMittal Eisenhüttenstadt	DE	Eisenhüttenstadt		X				
120	ArcelorMittal Eisenhüttenstadt	DE	Eisenhüttenstadt				X		
121	ArcelorMittal Bremen GmbH / B.R.E.M.A Warmwalzwerk	DE	Bremen	X					

Nr zakładu	Nazwa spółki	Kraj	Miasto	Działania FMP, dla których przesłano dane					CWWTP
				Walcowanie na gorąco	Walcowanie na zimno	Ciągnięcie drutu	Cynkowanie ognio- we	Cynkowanie ognio- we jedn.	
	GmbH								
122	ArcelorMittal Bremen GmbH	DE	Bremen		X				
123	ArcelorMittal Bremen GmbH	DE	Bremen				X		
124	ArcelorMittal Hochfeld GmbH	DE	Duisburg	X					X
125	ArcelorMittal Hamburg GmbH	DE	Hamburg	X					X
126	Thyssenkrupp Steel Europe AG	DE	Duisburg	X					X
127	Thyssenkrupp Steel Europe AG	DE	Duisburg	X					X
128	Thyssenkrupp Steel Europe AG	DE	Duisburg		X				X
129	Thyssenkrupp Steel Europe AG	DE	Duisburg				X		X
130	Thyssenkrupp Steel Europe AG	DE	Dortmund		X				X
131	Thyssenkrupp Steel Europe AG	DE	Finnentrop				X		
132	Thyssenkrupp Steel Europe AG	DE	Dortmund				X		X
133	Mannstaedt GmbH	DE	Troisdorf	X					
134	AG der Dillinger Hüttenwerke	DE	Dillingen	X					
135	Saarstahl AG	DE	Burbach Saarbrücken	X					
136	Saarstahl AG	DE	Neunkirchen	X					
137	Saarstahl AG	DE	Völklingen	X					
138	B.E.S. Brandenburger Elektrostahlwerke GmbH	DE	Brandenburg	X					
139	H.E.S. Hennigsdorfer Elektrostahlwerke GmbH	DE	Hennigsdorf	X					
140	Badische Stahlwerke GmbH	DE	Kehl	X					

144	Outokumpu Nirosta GmbH	DE	Krefeld		X				
146	Benteler Steel/Tube GmbH	DE	Dinslaken	X					
147	Benteler Steel/Tube GmbH	DE	Paderborn	X					
151	Schmiedewerke Gröditz GmbH	DE	Gröditz	X					
152	Georgsmarienhütte GmbH	DE	Georgsmarienhütte	X					
155	Vallourec Deutschland GmbH	DE	Düsseldorf	X					(**)
156	Vallourec Deutschland GmbH	DE	Mülheim	X					
157	SSAB Europe	FI	Raahe	X					
158	Outokumpu Stainless Oy	FI	Tornio	X	X				

Nr zakładu	Nazwa spółki	Kraj	Miasto	Działania FMP, dla których przesłano dane					CWWTP
				Walcowanie na gorąco	Walcowanie na zimno	Ciągnięcie drutu	Cynkowanie ogniotł	Cynkowanie ogniotł jedn.	
159	SSAB Europe Oy	FI	Hämeenlinna		X		X		
160	Al Batain Power and Telecommunication	FR	Saint-André-Les-Vergers					X	
161	GAT Galva Anjou Touraine	FR	Noyant					X	
162	Groupe Prestia	FR	Yerville					X	
163	Galva union	FR	Senozan					X	
164	Groupe Prestia	FR	Carpiquet					X	
165	Galva union	FR	Chabeuil					X	
166	Galvametal	FR	Embreville					X	
167	Galvatlantique	FR	La Rochelle					X	
168	GTS Galvanisation et traitement de surface	FR	Loudun					X	
169	Groupe Prestia	FR	La-Chapelle-Caro					X	
170	Aperam Stainless Francja	FR	Isbergues		X				
171	NLMK	FR	Strasbourg				X		
172	Dillinger Hutte	FR	Dunkirk	X					X
173	Alpa S.A.S.	FR	Porcheville	X					
174	SAM Neuves-Maisons	FR	Neuves Maisons	X					X
175	ArcelorMittal / Industeel Francja	FR	Le Creusot	X					X
177	Ugitech S.A.	FR	Ugine	X					
178	Arcelormittal	FR	Dunkirk	X					
179	Arcelormittal Atlantique et Lorraine	FR	Florange	X	X		X		

180	Arcelormittal Atlantique et Lorraine	FR	Grande Synthe		X		X		X
183	Mita SPA	IT	Conseve					X	
184	Zincheria Valbrenta S.p.A.	IT	Rosà					X	
185	Zimetal srl	IT	Solero					X	
186	Zincatura Di Cambiano srl	IT	Cambiano					X	
187	Zincol Italia S.p.A.	IT	S Vito Al Tagliamento					X	
188	Mangani Marco	IT	Cesena					X	
189	Zincatura Padana S.p.A	IT	Reggio Emilia					X	
190	Zincheria Seca S.p.A.	IT	Ala					X	
191	Olfez SpA	IT	Seriata					X	
192	Galvan SpA	IT	Baranzate Di Bollate					X	
193	ILVA S.p.a. in A.S.	IT	Taranto	X	X		X		X

Nr zakładu	Nazwa spółki	Kraj	Miasto	Działania FMP, dla których przesłano dane					CWWTP
				Walcowanie na gorąco	Walcowanie na zimno	Ciągienie drutu	Cynkowanie ogniotowe	Cynkowanie ogniotowe, jedn.	
194	ILVA SPA IN AS	IT	Novi Ligure		X		X		X
195	ILVA SPA IN AS	IT	Genova		X		X		X
196	Acciaierie Bertoli Safau S.p.A.	IT	Udine	X					
197	Acciai Speciali Terni S.p.A.	IT	Terni	X	X				X
198	Dalmine S.p.A.	IT	Piombino					X	
199	Travi e Profilati di Pallanzeno Srl - Duferdofin Nucor	IT	Pallanzeno	X					
200	AFV Acciaierie Beltrame S.p.A	IT	Vicenza	X					
201	Arcelormittal Piombino	IT	Piombino		X		X		X
202	Alfa Acciai S.p.A.	IT	Brescia	X	X				X
203	Feralpi Siderurgica S.p.A.	IT	Lonato Del Garda	X					X
204	dott. Carlo Mazzoleni	IT	Bergamo				X		X
205	Dalmine S.p.A.	IT	Dalmine	X					X
206	Dalmine S.p.A.	IT	Arcore	X					
207	ArclorMittal Polska	PL	Sosnowiec	X					
208	ArclorMittal Polska	PL	Chorzów	X					
209	ArcelorMittal	PL	Kraków		X				
210	ArclorMittal Polska	PL	Sosnowiec		X				
211	ArcelorMittal Polska	PL	Kraków				X		

213	CMC Polska	PL	Zawiercie	X					
217	Huta Bankowa Sp. zo.o.	PL	Dąbrowa Górnicza	X					
218	Celsa "Huta Ostrowiec" Sp. z o.o.	PL	Ostrowiec Świętokrzyski	X					
219	Celsa "Huta Ostrowiec" Sp. z o.o.	PL	Ostrowiec Świętokrzyski	X					
220	ISD Huta Częstochowa Sp. z o.o.	PL	Częstochowa	X					
221	ArcelorMittal Polska S.A.	PL	Dąbrowa Górnicza Katowice	X					
222	ArcelorMittal Polska S.A.	PL	Kraków	X					
223	ArcelorMittal Polska S.A.	PL	Świętochłowice				X		
224	Eurogalva, Galvanização e Metalomecânica, SA	PT	Fiães Santa Maria Da Feira					X	
225	Lusosider Aços Planos S.A	PT	Paio Pires Seixal		X		X		
226	Irmãos Silvas, S.A. (Metalogalva)	PT	Santiago De Bougado					X	

Nr zakładu	Nazwa spółki	Kraj	Miasto	Działania FMP, dla których przesłano dane					CWW/TP
				Walcowanie na gorąco	Walcowanie na zimno	Ciągnięcie drutu	Cynkowanie ogniotowe	Cynkowanie ogniotowe jedn.	
			Trofa						
227	Gamil- Galvanização do Minho, Lda.	PT	Neiva Viana Do Castelo					X	
228	Galme – Galvanização e Metalização, Lda.	PT	Carregado Alenquer					X	
229	Socitrel - Sociedade Industrial de Trefilaria, SA	PT	São Romão Do Coronado Trofa			X	X		
230	S.N. Seixal – Siderurgia Nacional S.A Megasa	PT	Seixal	X					
231	S.N. Maia - Siderurgia Nacional S.A Megasa	PT	Maia	X					
232	Outokumpu Stainless AB	SE	Torshälla Nyby		X				
233	DOT AB fd Jiwe Varmförzinkning AB	SE	Sölvesborg					X	
234	Vadstena Varmförzinkning AB	SE	Vadstena					X	
235	Södertälje Varmförzinkning AB	SE	Södertälje					X	
236	Degerfors Förzinkning AB	SE	Degerfors					X	
238	Outokumpu Stainless AB	SE	Avesta	X	X				
239	Erasteel Kloster AB	SE	Långshyttan	X					

240	Ovako Bar AB	SE	Smedjebacken	X					X
241	Ovako Bar AB	SE	Boxholm	X					X
242	Ovako Sweden AB	SE	Hofors	X	X				X
243	SSAB EMEA AB	SE	Oxelösund	X					
244	SSAB Europe AB	SE	Borlänge	X	X				
245	Fagersta Stainless AB	SE	Fagersta	X		X			
246	AB Sandvik Materials Technology	SE	Sandviken	X	X				X
247	Outokumpu Stainless AB	SE	Degerfors	X					
248	Uddeholms AB	SE	Hagfors	X					X
249	S.S.Steel Košice, s.r.o.	SK	Košice	X	X		X		X
251	Wedge Group Galvanising Ltd	UK	Heywood					X	
252	Wedge Group Galvanising Ltd	UK	Witham					X	
254	Wedge Group Galvanising Ltd	UK	Eastleigh					X	
255	Wedge Group Galvanising Ltd	UK	Worksop					X	
257	Wedge Group Galvanising Ltd	UK	Hull					X	
258	Wedge Group Galvanising	UK	Willenhall					X	

Nr zakładu	Nazwa spółki	Kraj	Miasto	Działania FMP, dla których przesłano dane					CWWTP
				Walcowanie na gorąco	Walcowanie na zimno	Ciągnięcie drutu	Cynkowanie ogniotwe	Cynkowanie ogniotwe jedn.	
	Ltd								
259	Joseph Ash Galvanising Ltd	UK	Corby					X	
260	Joseph Ash Galvanising Ltd	UK	Chesterfield					X	
261	Joseph Ash Galvanising Ltd	UK	Telford					X	
262	Joseph Ash Galvanising Ltd	UK	Bilston					X	
263	Tata Steel UK Ltd	UK	Shotton				X		X
265	Tata Steel UK Ltd	UK	Port Talbot	X					
266	Outokumpu Stainless Ltd	UK	Sheffield	X					
267	Speciality Steel UK Ltd T/A Liberty Speciality Steels	UK	Sheffield	X					
268	Speciality Steel UK Ltd T/A Liberty Speciality Steels	UK	Rotherham	X					
269	Speciality Steel UK Ltd T/A Liberty Speciality Steels	UK	Rotherham	X					
270	British Steel Limited	UK	Scunthorpe	X					
271	Celsa Manufacturing UK Limited	UK	Cardiff	X					



272	Celsa Manufacturing UK Limited	UK	Cardiff	X					
273	ArcelorMittal Warszawa Sp.z	PL	Warsaw	X					
275	British Steel Limited	UK	Saltburn By The Sea	X					
276	Caverion Industria Oy, Ylivieska workshop	FI	Ylivieska					X	
277	Dansk Overflade Teknik	DK	Køge					X	
279	Rotocoat Kampen B.V.	NL	Kampen					X	
280	Rotocoat Kampen B.V.	NL	Heerhugowaard					X	
281	Rotocoat Kampen B.V.	NL	Wolvega					X	
282	Rotocoat Dieren B.V.	NL	Spankeren					X	
283	Coatinc Alblaserdam B.V.	NL	Alblaserdam					X	
284	Coatinc Groningen B.V.	NL	Groningen					X	
285	Coatinc Mook B.V.	NL	Mook					X	
287	Celsa Armeringsstål	NO	Mo I Rana	X					
288	Ferriere Nord Spa	IT	Osoppo	X					
289	Irpinia Zinco Srl	IT	Lacedonia					X	
292	DOT A/S	DK	Fasterholt					X	
293	DOT A/S	DK	Ferritslev					X	
294	Industrial Gonabe S.L.	ES	Castilla y León					X	
295	Wiegel CZ žárové zinkování s.r.o.	CZ	Velké Meziříčí					X	

Nr zakładu	Nazwa spółki	Kraj	Miasto	Działania FMP, dla których przesłano dane					CWWTP
				Walcowanie na gorąco	Walcowanie na zimno	Ciągnięcie drutu	Cynkowanie ogniowe	Cynkowanie ogniowe jedn.	
296	Wiegel Žebrák žárové zinkování s.r.o.	CZ	Zebrak					X	
297	Trinecke Zelezarny a.s.	CZ	Kladno	X					
298	Vítkovice Steel, a.s.	CZ	Ostrava	X					
300	Ovako Sweden AB	SE	Hällefors	X		X			X
301	ZDB Dratovna a.s.	CZ	Bohumín			X			

Uwagi:

X = Zakład dostarczył kwestionariusz dla sektora.

(\*) = Zakład zidentyfikowany w sektorze HR jako 08-09.

(\*\*) = CWWTP współdzielona przez zakłady nr 113 i 155.

Źródło: [150, FMP TWG 2018].


## 11.2 Wyjaśnienia dotyczące identyfikacji punktów emisji

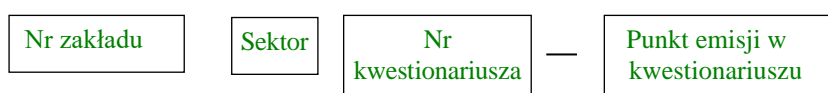
### a. Identyfikacja punktów emisji w odniesieniu do emisji do powietrza i pozostałości

Dane nie są nanoszone na wykresy z wykorzystaniem nazw zakładów, ale „kodu identyfikacyjnego”.

W przypadku HR, CR, WD i HDC, każdy punkt na osi x na wykresach stanowi jeden punkt emisji (np. komin) w danym zakładzie. Przykładowo, punkt emisji 100 HR-2 odpowiada punktowi emisji 2 w walcowni gorącej (HR) 100. Punkty emisji dla każdego zakładu zostały wskazane przez operatorów w części kwestionariusza „Punkty emisji do powietrza”. Każdy punkt emisji o danym rodzaju emisji (np. emisje pyłu z obróbki mechanicznej) jest przedstawiany na wykresie jako jeden punkt na osi x, a wartości minimalne, średnie i maksymalne są przedstawiane na osi y. W związku z tym, wykres może przedstawiać wiele punktów emisji dla tego samego zakładu, jeżeli w zakładzie występuje wiele punktów emisji tego samego rodzaju, np. 100 HR-1, 100 HR-2. W niektórych przypadkach, dla tej samej instalacji przesyłano więcej, niż jeden kwestionariusz (dla różnych zakładów), co spowodowało dodanie liczby obok oznaczenia literowego sektora (np. 193 HR2- 3).

Podsumowując, kod punktu emisji składa się z następujących

elementów:   
\_\_\_\_\_ 193 HR2-3



W przypadku niektórych punktów emisji zgłaszane są zarówno pomiary okresowe, jak i ciągłe. W takich przypadkach, dla punktów, w których prowadzone są pomiary ciągłe, na końcu kodu punktu emisji dodawana jest litera „C”. W takim przypadku zakłady, w których prowadzone są oba rodzaje pomiarów, będą pojawiać się na wykresach jako dwa punkty emisji (np. punkty emisji 37 HR-1 i 37 HR-1C dla emisji NO<sub>x</sub> i CO).

W przypadku BG powszechna jest obecność tylko jednego punktu emisji na proces i/lub linię produkcyjną, w związku z czym kody zakładu są nieco odmienne. Składają się one zasadniczo z numeru zakładu i rozszerzenia „-1” lub „-2”, co wskazuje odpowiednio na odniesienie do linii 1 lub 2 dla zakładów o większej liczbie linii produkcyjnych (zakłady z jedną linią produkcyjną są reprezentowane wyłącznie przez „numer zakładu”). Numery zakładu są numerami przypisanymi każdemu z zakładów na etapie nominacji do udziału w procesie zbierania danych.

Przykładowy kod zakładu BH: 75-2 (zakład 75, linia 2).

W przypadku wykresów dotyczących pozostałości stosowany jest ten sam kod, za wyjątkiem ostatniej części dotyczącej punktu emisji, który dotyczy wyłącznie emisji do powietrza.

### b. Identyfikacja punktu emisji zakładu/linii w odniesieniu do emisji do wody

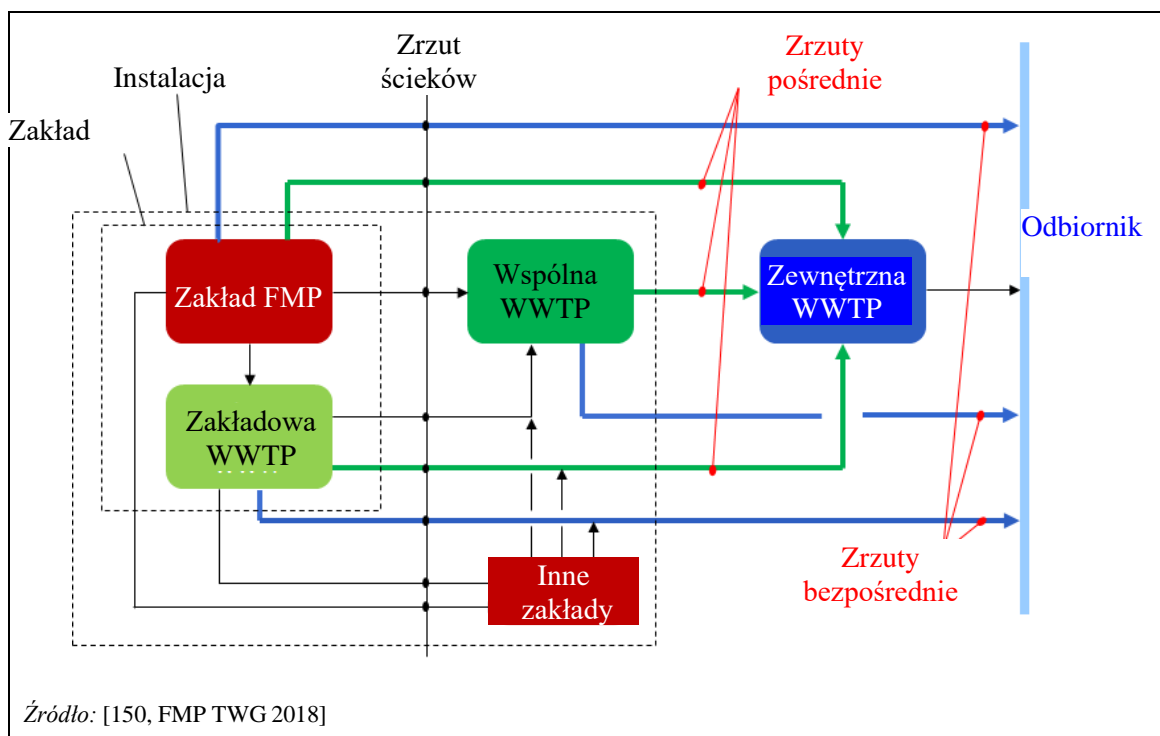
Uwolnienia (strumienie ścieków) z zakładów FMP (HR, CR, WD i HDC) zostały podzielone w kwestionariuszu na dwa rodzaje. Strumienie wychodzące z zakładu bez oczyszczania (nieoczyszczone) i strumienie wychodzące z zakładu po oczyszczeniu (oczyszczone). Zgodnie z żądaniem, przesyłano dane z monitorowania dla zrzutów ścieków do środowiska bezpośrednio do odbiornika lub pośrednio do CWWTP poza zakładem (zob. Rys. 11.1). Uwolnienia z zakładowych oczyszczalni ścieków

(oczyszczającej ścieki z różnych zakładów, FMP lub innych niż FMP) zostały uwzględnione w osobnym kwestionariuszu CWWTP.

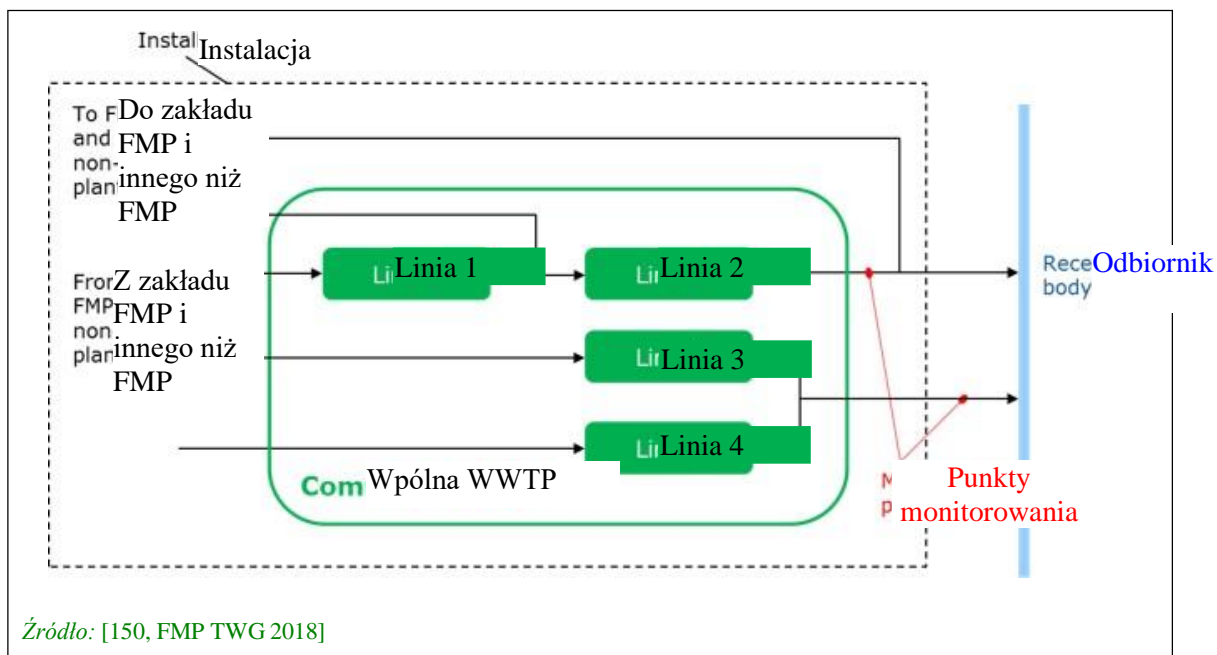
Kod emisji do wód składa się z następujących elementów:

Kod zakładu - uwolnienie: 110 HR2-T2

Nr zakładu	Sektor	Numer kwestionariusza	Punkt emisji dla ścieków oczyszczonych (nieoczyszczonych) w kwestionariuszu
------------	--------	-----------------------	---



Rysunek 11.1: Schemat ogólnego systemu oczyszczania ścieków



Rysunek 11.2: Schemat różnych układów linii we wspólnej oczyszczalni ścieków

### c. Identyfikacja zakładu/linii w odniesieniu do zużycia energii, wody i materiałów

Na rysunkach związanych ze zużyciem energii, wody i materiałów zostały wykorzystane informacje poufne przesłane przez zakłady. W celu zachowania poufności danych zakładów, na rysunkach zostały wykorzystane losowe numery porządkowe. Oznacza to, że numer porządkowy zastosowany na rysunku nie odpowiada numerowi instalacji podanemu w tabeli wykazu instalacji/zakładów, które uczestniczyły w procesie zbierania danych w roku 2018.

## 11.3 Informacje dotyczące gatunków stali, kategorii stali i produktów stalowych w sektorze przemysłu FMP

### 11.3.1 Gatunki stali

Gatunek stali wiąże się ze składem chemicznym, strukturą i krystalografia produktu. W ramach kwestionariusza stosowanego do gromadzenia danych FMP, gatunki stali zostały podzielone na cztery kategorie główne:

- **Stal węglowa niestopowa**, w której zawartość stopów jest niższa niż 0,4%, z wyjątkiem krzemu (<0,6%) i manganu (<1,65%);
- **Stal węglowa niskostopowa**, w której zawartość stopów jest niższa niż 5%;
- **Stal nierdzewna**, która jest również uznawana za stal wysokostopową;
- **Stal wysokostopowa**, inna niż stal nierdzewna, w której zawartość wybranych stopów jest wyższa niż 5%.

**Stal węglowa bezstopowa**: ta pierwsza kategoria stali jest szeroko stosowana w produktach długich i płaskich. Obejmuje stal ultra-niskowęglową, stal średniowęglową (0,3%<zawartość węgla<0,6%) oraz stal wysokowęglową (zawartość węgla>0,6%) a także stal mikrostopową, taką jak stale niskostopowe o

podwyższonej wytrzymałości (HSLA) oraz stale o bardzo wysokiej wytrzymałości. W kategorii produktów płaskich, do głównych stali węglowych walcowanych na zimno należą: stal opakowaniowa (bardzo małe grubości) i blachy stalowe dla przemysłu budowlanego, ogólnego zastosowania przemysłowego, motoryzacyjnego i sprzętu. W kategorii produktów długich, głównymi produktami ze stali węglowej są szyny, a także stale o podwyższonej skrawalności oraz stale automatowe. W tym rodzaju produktów, w celu lepszej skrawalności stosowany jest ołów (do 0,35% zawartości), a także siarka (do 0,4%).

**Stal węglowa niskostopowa:** Główne pierwiastki stopowe (każdy <5%) to Cr, Co, Cu, Mn, Mo, Nb, Ni, Ti, W, V, P i Si. Ten rodzaj stal charakteryzuje się lepszym hartowaniem oraz właściwościami mechanicznymi i obejmuje stale sprężynowe, stale łożyskowe i stale odporne na zużycie. Stale elektryczne, zawierające od 1 do 3% Si, również należą do tej kategorii. Niektóre HSLA, stale o podwyższonej wytrzymałości i o bardzo wysokiej wytrzymałości, zwłaszcza dla produktów płaskich, również można zaliczyć do tej kategorii.

**Stal nierdzewna:** Wyróżnia się cztery główne klasy stali nierdzewnych: ferrytyczną, austenityczną, martenzytyczną i dupleksową. Wszystkie z nich zawierają chrom (10-23%). Stal austenityczna zawiera również ok. 8- 10% niklu. W walcowaniu na gorąco, proces produkcji stali nierdzewnej jest bardzo podobny do produkcji stali węglowych, nawet w przypadku innych wzorców nagrzewania. W przypadku produktów płaskich występują jednak pewne różnice w produkcji w porównaniu ze stalami węglowymi. Ponadto, w walcowaniu na gorąco i zimno, stale nierdzewne charakteryzują się wysoką granicą plastyczności w odniesieniu do odkształceń i pewnych cykli wyżarzania.

**Pozostałe stale wysokostopowe:** Do głównych pierwiastków stopowych (dla niektórych >5%) należą Cr, Mo, W, V, Mn i Ni. Ta kategoria obejmuje produkty: stale szybko tnące, stale do form, narzędziowe, stale żaroodporne i typu maraging.

Poza czterema głównymi gatunkami stali opisanymi powyżej, należy również uwzględnić stale elektryczne i o podwyższonej wytrzymałości.

**Stale elektryczne:** stale elektryczne przeznaczone do produktów płaskich są wytwarzane w procesie walcowania na gorąco, a następnie walcowania na zimno. Charakteryzują się one następującymi właściwościami: niskimi stratami energii elektrycznej i wysoką przenikalnością magnetyczną. Stale elektryczne są zwykle produkowane z zawartości krzemu od 2 do 3,2%. Ogólnie, można je sklasyfikować w kategorii stali węglowych niskostopowych. Zwykle wyróżnia się dwie główne rodziny stali elektrycznych:

- Stale elektryczne o standardowych lub lepszych właściwościach elektrycznych, oznaczone jako o ziarnach nieorientowanych (NGRO), lub zwykle zwane stalą nieteksturowaną (NONO). Produkcja tego rodzaju stali elektrycznej nie wymaga szczególnego przetwarzania na etapie walcowania na gorąco, ale w przypadku walcowania na zimno czasem konieczne jest przeprowadzenia najpierw wyżarzania partiami przed wytrawianiem i walcowaniem na zimno. Podobnie, w przypadku arkuszy laminowanych, które mogą być bezpośrednio stosowane przez klienta, proces końcowy w walcowni zimnej obejmuje etap wyżarzania ciągłego (o temperaturach do 1050°C), a następnie etap powlekania lakierem.
- Stale elektryczne o optymalnych właściwościach elektrycznych, zwanych stalami o ziarnach zorientowanych (GO), o zawartości krzemu 3%. Stale te są przetwarzane w taki sposób, aby uzyskiwać optymalne właściwości w kierunku walcowania. Takie działania wymaga ścisłej kontroli nad orientacją kryształów w procesie produkcji. W procesie walcowania na gorąco konieczne jest stosowanie bardzo wysokich

temperatur ponownego nagrzewania (ok. 1400°C), i obecności specjalnych urządzeń w piecu w celu odzyskania płynnej zgorzeliny, a także bardzo szczególnych wzorów walcowania, a także takich etapów procesu jak: wyżarzanie i wytrawianie przed walcowaniem na zimno; walcowanie na zimno z wykorzystaniem stanowiska wielowalcowego zwrotnego (podobnego jak dla stali nierdzewnej), linii ciągłego odwęglania i wyżarzania z końcowym etapem wyżarzania partiami.

**Stale o podwyższonej wytrzymałości:** Ten rodzaj stali charakteryzuje się lepszymi lub podwyższonymi właściwościami mechanicznymi pod względem wytrzymałości, np. granicy plastyczności (Re) i wytrzymałości na rozciąganie (Rm). Te stale o podwyższonej wytrzymałości są produkowane głównie dla przemysłu motoryzacyjnego. Ich wytrzymałość na rozciąganie wynosi zwykle > 420 MPa. Do tej kategorii zaliczane są stale HSLA (stale niskostopowe o podwyższonej wytrzymałości), FB (ferrytyczno-bainityczne), stale TRIP (o transformacyjnie indukowanej plastyczności), DP (dwufazowe), CP (kompleksowe), MS (stal martynzytyczna), TWIP (o plastyczności indukowanej bliźniakowaniem), AHSS (stale o bardzo wysokiej wytrzymałości), Mn-B+HF (manganowo-borowe + z formowaniem na gorąco). Wszystkie te stale o podwyższonej wytrzymałości są trudniejsze w walcowaniu i przetwarzaniu w walcowniach zimnych, nawet jeśli końcowe właściwości mechaniczne niektórych z nich (TRIP, TWIN, MnB+HF) są otrzymywane po obróbce przez klienta. W porównaniu do tradycyjnych miękkich stali węglowych, wszystkie te stale o podwyższonej wytrzymałości wymagają wyższego zużycia energii do odkształcania na zimno i bardzo specyficznych cykli wyżarzania.

### 11.3.2 Produkty stalowe

W zależności od kategorii stali (płaska/długa), wykaz produktów stalowych w sektorze przemysłu FMP można podsumować następująco:

#### **Produkty stalowe produkowane w procesie walcowania na gorąco (płaskie)**

- zwoje walcowane na gorąco (wszystkie gatunki stali)
- zwoje walcowane na gorąco wytrawiane i natłuszczane (HRPO – wyłącznie stal węglowa)
- zwoje walcowane na gorąco do dalszego przetwarzania w procesie walcowania na zimno (wszystkie gatunki stali);
- zwoje walcowane na gorąco do dalszego przetwarzania w procesie cynkowania ogniowego arkuszy;
- blachy arkuszowe grube (wszystkie gatunki stali).

#### **Produkty stalowe produkowane w procesie walcowania na gorąco (długie)**

- kształtowniki (głównie ze stali węglowej niskostopowej);
- szyny (głównie stal węglowa niestopowa);
- kąsy (wszystkie gatunki stali);
- pręty (wszystkie gatunki stali);
- walcówka (wszystkie gatunki stali);
- walcówka do dalszego przetwarzania w procesie ciągnięcia drutu (wszystkie gatunki stali);
- rury (głównie stal węglowa bezstopowa i nierdzewna).
- pierścienie (wszystkie gatunki stali).

#### **Produkty stalowe produkowane w procesie walcowania na zimno (płaskie)**

Wszystkie produkty przetwarzane w walcowni zimnej pochodzą z walcowni taśm walcowanych na gorąco i mają postać zwojów walcowanych na gorąco. Produkty końcowe to zwoje walcowane na zimno (CRC) klasyfikowane w pierwszej kolejności

wg gatunku stali, a następnie zastosowania.

### Stale węglowe

1. CRC dla przemysłu budowlanego i ogólnego zastosowania przemysłowego
  - dostarczane bezpośrednio jako CRC;
  - CRC do dalszego przetwarzania w procesie cynkowania ogniowego arkuszy (głównie dla przemysłu budowlanego);
  - CRC do dalszego cynkowania elektrolitycznego (dość rzadkie, wyłącznie do wąskich taśm) ;
  - CRC dla przemysłu motoryzacyjnego;
  - dostarczane bezpośrednio jako CRC;
  - CRC do dalszego przetwarzania w procesie cynkowania ogniowego arkuszy (najczęstsze);
  - CRC do dalszego cynkowania elektrolitycznego;
2. CRC dla opakowań
  - dostarczane bezpośrednio jako CRC;
  - CRC do dalszego cynkowania elektrolitycznego (cynowanie);
  - CRC do dalszego chromowania elektrolitycznego (stal bezcynowa);
3. CRC do zastosowań elektrycznych;
  - NONO, stal elektryczna o ziarnach nieorientowanych;
  - GO, stal elektryczna o ziarnach zorientowanych.

### Stale nierdzewne

Zwoje walcowane na zimno w różnych klasach gatunków stali: ferrytycznej, austenitycznej, martenzytycznej i dupleksowej.

### **Produkty stalowe w procesie ciągnięcia drutu**

W ciągarni drutu, proces usuwania zgorzeli oraz obróbki cieplnej zależy od jakości stali. W przypadku stali węglowej niestopowej, wyznacznikiem jest zawartość węgla (niska, średnia, wysoka). Stale węglowe niskostopowe mogą również podlegać specjalnej obróbce.

### Drut

- Stal węglowa. Obejmuje w szczególności stal nisko, średnio- i wysokowęglową, i część stali niskostopowych;
- Stal nierdzewna. Obejmuje wszystkie klasy gatunków stali;
- Pozostałe stale wysokostopowe (wyłącznie do zastosowań szczególnych).

### **Produkty stalowe w procesie cynkowania ogniowego**

Cynkowanie ogniowe dotyczy wyłącznie stali węglowych. Produkty są stosowane w przemyśle budowlanym, motoryzacyjnym, w ogólnym zastosowaniu przemysłowym i urządzeniach. Gdy proces rozpoczyna się od zwojów walcowanych na gorąco, zwoj jest walcowany, a następnie nagrzewany do odpowiedniej temperatury w celu cynkowania. Gdy proces rozpoczyna się od zwojów walcowanych na zimno, zwoj jest oczyszczany, a następnie wyżarzany i częściowo schładzany do odpowiedniej temperatury w celu cynkowania. W przypadku produktów płaskich, stosowane są różne rodzaje cynkowania, ale wyróżnia się głównie:

- powlekanie cynkowe, które obejmuje galwanizację, galwanizację z wyżarzaniem oraz inne rodzaje powlekania z dodatkiem aluminium i/lub magnezu;
- powlekanie aluminiowe, obejmujące inne dodatki, takie jak cynk i/lub krzem.

W przypadku ciągnięcia drutu, drut jest oczyszczany, a następnie poddawany obróbce cieplnej, zanurzaniu w kąpeli cynkowniczej i poddawany końcowej obróbce cieplnej.

## **11.4 Informacje dotyczące zgłoszonego stosowania BAT w różnych sektorach przemysłu FMP**

Poniższa tabela zawiera informacje przedłożone przez TWG ds. FMP dotyczące bieżącego stosowania technik przedstawionych w sekcji dotyczącej konkluzji BAT niniejszego dokumentu dla różnych sektorów FMP. Informacje w niniejszej tabeli odzwierciedlają dostępną wiedzę TWG ds. FMP na temat obecnie stosowanych BAT (w czasie sporządzania dokumentu) w różnych sektorach FMP w państwach członkowskich Unii Europejskiej. Nie można ich uznać za wskazania dotyczące możliwości zastosowania BAT zgodnie z art. 3 ust. 10 lit. b) Dyrektywy IED. Informacje dotyczące możliwości stosowania można znaleźć w punktach dotyczących stosowania w rozdziale dotyczącym konkluzji BAT w niniejszym dokumencie (Rozdział 9) oraz w szczegółowych Opisach technik w sekcjach X.4 dla technik sektorowych uwzględnianych w określaniu BAT lub w Rozdziale 8 dla technik stosowanych w więcej niż jednym sektorze.



Tabela 11.1: Informacje dotyczące zgłoszonego stosowania BAT w różnych sektorach FMP

Nr sekcji BREF	Nazwa techniki	Walcowanie na gorąco	Walcowanie na zimno	Ciągnięcie drutu	Cynkowanie ogniowe ciągle	Cynkowanie ogniowe jednostkowe (zanurzeniowe)	Nr BAT w Rozdziale 9
2.4.1.1	Oczyszczanie płomieniowe (inne niż oczyszczanie płomieniowe) z odciąganiem powietrza w zamkniętych pomieszczeniach	S	N	N	N	N	42a
2.4.1.2	Szlifowanie z odciąganiem powietrza i oczyszczaniem gazów odlotowych w zamkniętych pomieszczeniach	S	N	N	N	N	42a
2.4.1.3	Kontrola jakości wspomagana komputerowo (CAQC)	S	N	N	N	N	40a
2.4.1.4	Osadzanie (gniot boczny) lub przycinanie kęsisk płaskich w kształcie klinu	S	N	N	N	N	40c
2.4.1.5	Cięcie wzdłużne kęsisk płaskich	S	N	N	N	N	40b
2.4.10.1	Przetwarzanie szlamu szlifierskiego	S	S	N	N	N	37b
2.4.10.1	Recykling zużytych walców roboczych	S	S	N	N	N	37c
2.4.2.1	System oczyszczania gazów technologicznych	S	S	N	S	N	20b, 21, 22
2.4.2.10	Selektywna redukcja niekatalityczna (SNCR)	S	N	N	N	N	22j
2.4.2.11	Recyrkulacja spalin (FGR)	S	N	N	N	N	22e
2.4.2.14	Odzyskiwanie ciepła z chłodzenia szyn ślizgowych	S	N	N	N	N	38c
2.4.2.15	Oszczędzanie ciepła podczas przenoszenia wsadu	S	N	N	N	N	38d
2.4.2.16	Bezpośrednie ładowanie gorących wlewków ciągłych	S	N	N	N	N	38b
2.4.2.17	Odewanie wlewków o przekroju zbliżonym do przekroju wyrobu gotowego, po którym następuje walcowanie	S	N	N	N	N	38a, 39f
2.4.2.18	Odewanie wlewków o przekroju zbliżonym do przekroju wyrobu	S	N	N	N	N	38a, 39f

	gotowego, po którym następuje walcowanie						
2.4.2.5	Spalanie w tlenie	S	N	N	S	N	11h, 22h
2.4.2.6	Spalanie bezpłomieniowe	S	N	N	S	N	11i, 22g
2.4.2.7	Palnik opalany impulsowo	S	N	N	N	S	11j
2.4.2.8	Palniki o niskiej emisji NOx	S	S	S	S	S	22d
2.4.2.9	Selektywna redukcja katalityczna (SCR)	S	S	N	N	N	22i
2.4.3.1	Usuwanie zgorzeliny natryskiem wodnym sterowane czujnikami w walcowaniu na gorąco	S	N	N	N	N	19h
2.4.4.1	Prasa kalibrująca	S	N	N	N	N	38g, 39a
2.4.5.1	Optymalizacja walcowania wspomagana komputerowo	S	S	N	N	N	39b, 46c
2.4.6.1	Zwijarki kręgów	S	N	N	N	N	38e, 39d
2.4.6.2	Piece do dogrzewania kręgów	S	N	N	N	N	38f
2.4.7.1	Optymalizacja obcinania końców	S	N	N	N	N	41a
2.4.7.10	Kontrola kształtu wsadu podczas walcowania of flat products	S	N	N	N	N	41b
2.4.7.13	Klatka trójwalcowa	S	N	N	N	N	39e
2.4.7.2	Zmniejszenie tarcia podczas walcowania na gorąco	S	N	N	N	N	39c
2.4.7.8	Odciąg powietrza jak najbliżej źródła w procesach mechanicznych i spawaniu w połączeniu z oczyszczaniem gazów odlotowych	S	N	N	N	N	42b
3.4.1.1	Odciąg powietrza jak najbliżej źródła dla emisji z rozwijania, mechanicznego wstępnego usuwania zgorzeliny	N	S	N	N	N	46
3.4.2.1	Walcowanie ciągle stali niskostopowej i stopowej	N	S	N	N	N	46a
3.4.2.3	Optymalny dobór oleju do walcowania i układu emulsyjnego	S	S	N	N	N	45d
3.4.2.4	Redukcja tarcia podczas walcowania na zimno	N	S	N	N	N	44b
3.4.2.5	Monitorowanie i dostosowanie jakości emulsji walcowniczej	N	S	N	N	N	45a
3.4.2.6	Zapobieganie zanieczyszczeniu emulsji walcowniczej	N	S	N	N	N	45b

3.4.2.7	Minimalizacja zużycia oleju/emulsji walcowniczej	N	S	N	N	N	45e
3.4.2.8	Czyszczenie i ponowne użycie emulsji walcowniczej	N	S	N	N	N	45c
3.4.2.9	Obróbka zużytej emulsji walcowniczej	N	S	N	N	N	45c
3.4.2.10	Odciąg powietrza jak najbliżej źródła dla emisji z procesu walcowania	N	S	N	N	N	48
3.4.3.4	Palnik o niskiej emisji NOx dla pieców do wyżarzania	N	S	N	N	N	22d
3.4.3.5	Selektywna redukcja katalityczna (SCR) w liniach wyżarzania ciągłego	N	S	N	N	N	22i
3.4.4.2	Gniot wygładzający i smarowanie niskoobjętościowe w przypadku gniotu wygładzającego z zastosowaniem emulsji	N	S	N	N	N	47
3.4.4.4	Odciąg powietrza jak najbliżej źródła dla emisji z gniotu wygładzającego z zastosowaniem emulsji	N	S	N	N	N	48
3.4.5.2	Odciąg powietrza jak najbliżej źródła dla emisji z prostowania i spawania	N	S	N	N	N	46
3.4.6.1	Czyszczenie i ponowne użycie emulsji szlifierskich	S	S	N	N	N	37a
4.4.1.2	Odzysk i ponowne wykorzystanie środków do śrutowania	S	N	S	N	N	34h
4.4.3.1	Zabudowana ciągarka z odciąganiem powietrza i redukcją	N	N	S	N	N	52a
4.4.3.2	Odciąg powietrza w ciągnięciu drutu jak najbliżej źródła emisji	N	N	S	N	N	52b
4.4.4.2	Oczyszczenie smaru/chłodziwa do ciągnięcia drutu	N	N	S	N	N	50
4.4.6.1	Pływająca warstwa ochronna lub pokrywa zbiornika w kąpielach ołowiowych	N	N	S	N	N	49, 51b
4.4.6.2	Minimalizacja przenoszenia ołowiu	N	N	S	N	N	51a

4.4.6.3	Odciąg powietrza jak najbliżej źródła i oczyszczanie emisji z kąpieli ołowiowych	N	N	S	N	N	51c
4.4.9.2	Odciąg powietrza jak najbliżej źródła dla emisji z olejowych kąpieli hartowniczych	N	N	S	N	N	53a
5.4.1.3.1	Noże powietrzne do kontroli grubości powłoki	N	N	N	S	N	56a
5.4.1.3.2	Stabilizacja taśmy	N	N	N	S	N	56b
5.4.1.3.3	Usuwanie powietrzem lub azotem	N	N	N	S	N	57a
5.4.1.3.4	Usuwanie mechaniczne	N	N	N	S	N	57b
5.4.1.4.2	Czyszczenie i ponowne użycie roztworu do fosforanowania lub pasywacji	N	N	N	S	N	17a
5.4.1.4.3	Odciąg powietrza jak najbliżej źródła ze zbiorników do przechowywania chemikaliów i wanien chemicznych (tj. fosforwanowania i pasywacji)	S	S	S	S	S	28a
5.4.1.4.4	Zamknięte zbiorniki połączone z odciąganiem powietrza w przypadku ciągłej obróbki końcowej	N	N	N	S	N	28b
5.4.1.4.5	Minimalizacja wydostawania się roztworu chemicznego	N	N	N	S	N	17c
5.4.1.4.6	Stosowanie powłok walcowych do taśm	N	N	N	S	N	17b
6.4.2.1	Oddzielne wytrawianie i usuwanie zużytych powłok	N	N	N	N	S	58
6.4.2.3	Usunięcie cynku w drodze wymiany jonowej	N	N	N	N	S	59
6.4.2.5	Usunięcie cynku w drodze ekstrakcji	N	N	N	N	S	59
6.4.6.1	Zoptymalizowany czas zanurzania	N	N	N	N	S	60
6.4.6.2	Powolne wyjmowanie obrabianych materiałów z kąpieli	N	N	N	N	S	60
6.4.6.4	Odzysk i wykorzystanie cząstek zawierających cynk w drodze wydmuchiwania nadmiaru cynku parą z rur	N	N	N	N	S	61
8.1.1	System zarządzania środowiskowego (EMS)	S	S	S	S	S	1

8.1.3	Systemy zarządzania chemikaliami	S	S	S	S	S	3
8.8.7.3	Smarowanie kontaktowe	N	S	N	N	N	27
8.8.7.4	Natłuszczanie bez sprężonego powietrza	N	S	N	N	N	27
8.10.1	Plan zarządzania hałasem i wibracjami	S	S	S	S	S	32
8.10.2	Właściwa lokalizacja urządzeń i budynków	S	S	S	S	S	33a
8.10.3	Środki operacyjne	S	S	S	S	S	33b
8.10.4	Wyposażenie o niskiej emisji hałasu	S	S	S	S	S	33c
8.10.5	Wyposażenie służące do kontroli hałasu i wibracji	S	S	S	S	S	33d
8.10.6	Redukcja hałasu	S	S	S	S	S	33e
8.11.1.1	Plan gospodarowania pozostałościami	S	S	S	S	S	34a
8.11.1.2	Podczyszczanie zaolejonej zgorzeliny walcowniczej do dalszego wykorzystania	S	N	N	N	N	34b
8.11.1.3	Zastosowanie zgorzeliny walcowniczej	S	N	S	N	N	34c
8.11.1.4	Wykorzystanie złomu metalicznego	S	S	S	S	N	34d
8.11.1.5	Recykling metali i tlenków metali pochodzących z oczyszczania gazów odlotowych na sucho	S	N	N	N	N	34e
8.11.1.6	Wykorzystanie szlamu zaolejonego	S	S	N	N	N	34f
8.11.1.7	Obróbka cieplna szlamów wodorotlenkowych z odzysku mieszaniny kwasów	N	S	N	N	N	34g
8.11.2.1	Recykling pyłu z filtra tkaninowego	N	N	N	S	S	35a
8.11.2.2	Zmniejszenie ilości wytwarzanego popiołu cynkowego	N	N	N	S	S	16c
8.11.2.2	Recykling popiołu cynkowego i kożuchów żużlowych wierzchnich	N	N	N	S	S	35b
8.11.2.3	Recykling kożucha żużlowego dennego (tzw. cynku twardego)	N	N	N	S	S	35c
8.11.2.4	Zapobieganie zagrożeniu dla środowiska związane ze składowaniem pozostałości zawierających cynk	N	N	N	S	S	36
8.11.3.1	Zapobieganie zagrożeniu dla środowiska związane ze składowaniem pozostałości zawierających ołów	N	N	S	N	N	55

8.11.3.2	Recycling pozostałości zawierających ołów z ciągnięcia drutu	N	N	S	N	N	54
8.2.2	Monitorowanie emisji do wody	S	S	S	S	N	8
8.2.3	Monitorowanie emisji zorganizowanych do powietrza	S	S	S	S	S	7
8.3.1	Opracowanie i wdrożenie planu zapobiegania wyciekom i rozlaniu oraz ich kontroli	S	S	S	S	S	4a
8.3.2	Stosowanie szczelnych koryt olejowych (tac) lub zbiorników	S	S	S	S	S	4b
8.3.3	Zapobieganie rozlaniu i wyciekowi kwasu oraz postępowanie w przypadku rozlania i wycieku kwasu	S	S	S	S	S	4c
8.3.5	Opracowanie i wdrożenie planu zarządzania w warunkach innych niż normalne warunki eksploatacji w celu zmniejszenia emisji podczas warunków innych niż normalne	S	S	S	S	S	5
8.4.1	Unikanie stosowania związków sześciowartościowego chromu w pasywacji	N	N	N	S	S	9
8.5.1	Plan racjonalizacji zużycia energii i audyty energetyczne	S	S	S	S	S	10a
8.5.2	Plan bilansu energetycznego	S	S	S	S	S	10b
8.5.3.1	Optymalna konstrukcja pieca do nagrzewania wsadu	S	S	S	S	N	11a
8.5.3.2	Optymalizacja spalania	S	S	S	S	S	11d
8.5.3.3	Automatyzacja i sterowanie piecem	S	S	S	S	S	11e
8.5.3.4	System zarządzania (i gospodarka) gazem procesowym	S	S	N	S	N	11f
8.5.3.5	Wyżarzanie w piecach kołpakowych z użyciem 100 % wodoru	N	S	S	N	N	11g
8.5.3.6	Optymalna konstrukcja wanny cynkowniczej	N	N	N	N	S	11b
8.5.4.1	Wstępne nagrzewanie wsadu	S	N	N	S	N	11k
8.5.4.2	Suszenie obrabianego materiału	N	N	N	N	S	11l
8.5.4.4	Wstępne nagrzewanie powietrza do spalania	S	S	N	S	S	11m

8.5.4.5	Kocioł odzysknicowy	S	S	N	S	N	11n
8.6.1.1	Stosowanie wsadu o niskim stopniu zanieczyszczenia olejami i smarami	N	N	S	S	S	12a
8.6.1.2	Zastosowanie pieca z bezpośrednim płomieniem w przypadku cynkowania ogniowego blach w arkuszach	N	N	N	S	N	12b
8.6.1.3	Ogólne techniki zwiększania skuteczności odłuszczenia	N	S	S	S	S	12c
8.6.1.4	Minimalizacja wydostawania się roztworu odłuszczonego	N	S	S	S	S	12d
8.6.1.5	Odłuszczenie kaskadowe wsteczne	N	S	S	S	S	12e
8.6.1.6	Czyszczenie i ponowne użycie roztworu odłuszczonego	N	S	S	S	S	12f
8.6.2.1	Ogrzewanie kwasów za pomocą wymienników ciepła lub spalania zanurzeniowego	N	S	S	N	S	13a, 13b
8.6.2.10	Wytrawianie turbulencyjne	N	S	N	N	N	14i
8.6.2.11	Stosowanie inhibitorów trawienia	N	S	S	N	S	14j
8.6.2.12	Aktywne wytrawianie w kwasie chlorowodorowym	N	S	N	N	S	14k
8.6.2.2	Minimalizacja korozji stali	N	S	S	N	N	14a
8.6.2.3	Mechaniczne (wstępne) usuwanie zgorzeliny	N	S	S	N	N	14b, 46
8.6.2.4	Wstępne wytrawianie elektrolityczne stali wysokostopowej	N	S	N	N	N	14c
8.6.2.5	Splukiwanie po odłuszczeniu alkalicznym	N	N	N	N	S	14d
8.6.2.6	Ogólne techniki zwiększania wydajności wytrawiania	N	S	S	N	S	14e
8.6.2.7	Czyszczenie wanny do wytrawiania i ponowne użycie wolnego kwasu	N	S	S	N	S	14f
8.6.2.8	Wytrawianie kaskadowe wsteczne	N	S	S	N	N	14g
8.6.2.9	Minimalizacja wydostawania się kwasu do wytrawiania	N	S	S	N	S	14h
8.6.3.1	Płukanie obrabianych przedmiotów po wytrawianiu	N	N	N	N	S	15a
8.6.3.2	Zoptymalizowany proces topnikowania	N	N	N	N	S	15b

8.6.3.3	Usuwanie żelaza i ponowne użycie roztworu topnika	N	N	N	N	S	15d
8.6.3.4	Odzysk soli ze zużytego roztworu topnika do produkcji środków do topnikowania	N	N	N	N	S	15e
8.6.3.5	Minimalizacja wydostawania się roztworu topnika	N	N	N	N	S	15c
8.6.4.1	Ograniczenie powstawania kożucha żużlowego dennego tzw. twardego cynku	N	N	N	S	S	16a
8.6.4.2	Zapobieganie rozpryskom cynku przy cynkowaniu ogniowym jednostkowym (zanurzeniowym), zbieranie rozprysków cynku i ich ponowne wykorzystanie	N	N	N	N	S	16b
8.6.4.3	Zmniejszenie ilości wytwarzanego popiołu cynkowego	N	N	N	S	S	16c
8.6.5	Techniki odzyskiwania zużytego kwasu trawiącego	S	S	S	N	S	18
8.7.1	Plan gospodarowania wodą i audyty wodne	S	S	S	S	N	19a
8.7.2	Rozdzielenie strumieni wody	S	S	S	S	N	19b
8.7.3	Minimalizacja zanieczyszczenia wody procesowej węglowodorami	S	S	S	S	N	19c
8.7.5	Ponowne wykorzystanie lub recykling wody	S	S	S	S	N	19d
8.7.6	Płukanie kaskadowe wsteczne	S	S	S	S	S	19e
8.7.7	Recykling lub ponowne wykorzystanie wody do płukania	S	S	S	S	S	19f
8.7.8	Oczyszczanie i ponowne użycie wody procesowej zawierającej olej i zgorzelinę w procesie walcowania na gorąco	S	N	N	N	N	19g
8.8.1.1	Demister	S	S	S	S	S	23c, 48b, 53b, 28d, 24c
8.8.1.2	Elektrofiltr (ESP)	S	S	N	N	N	42c
8.8.1.3	Filtr tkaninowy	S	S	S	N	S	26e, 42d, 51d, 52c
8.8.1.4	Selektywna redukcja katalityczna (SCR) – odzyskiwanie kwasów	N	S	N	N	N	29e
8.8.1.7	Optymalizacja konstrukcji i działania SCR	S	S	N	N	N	25g, 29f, 22k



8.8.1.8	Oczyszczanie na mokro	S	S	S	S	S	23b, 42e, 24c
8.8.2.1	Wykorzystanie paliw o niskiej zawartości pyłu i popiołu	S	S	S	S	S	20a
8.8.2.10	Spalanie bezpłomieniowe	S	N	N	S	N	22g
8.8.2.11	Spalanie w tlenie	S	N	N	S	N	22h
8.8.2.12	Selektywna redukcja katalityczna (SCR)	S	S	N	N	N	22i, 29e
8.8.2.13	Selektywna redukcja niekatalityczna (SNCR)	S	N	N	N	N	22j
8.8.2.2	Ograniczanie porywania pyłu	S	N	N	S	N	20b
8.8.2.3	Stosowanie paliwa lub kombinacji paliw o niskiej zawartości siarki	S	S	S	S	S	21
8.8.2.4	Stosowanie paliwa lub kombinacji paliw o niskim potencjalne tworzenia NOx	S	S	S	S	S	22a
8.8.2.5	Automatyzacja i sterowanie piecem	S	S	S	S	S	22b
8.8.2.6	Optymalizacja spalania	S	S	S	S	S	22c
8.8.2.7	Palnik o niskiej emisji NOx	S	S	S	S	S	22d
8.8.2.8	Recyrkulacja spalin	S	N	N	N	N	22e
8.8.2.9	Ograniczenie temperatury wstępnego nagrzewania powietrza	S	S	N	S	S	22f
8.8.3.1	Zamknięte zbiorniki odtłuszczające w połączeniu z odciąganiem powietrza w przypadku odtłuszczania ciągłego	N	S	N	S	N	23a
8.8.4.1	Wytrawianie zanurzeniowe w zbiornikach wyposażonych w pokrywy lub osłony w połączeniu z odciąganiem oparów	S	S	S	S	N	24b, 25d
8.8.4.2	Wytrawianie ciągłe w zamkniętych zbiornikach w połączeniu z odciąganiem oparów	S	S	S	S	N	24a, 25c
8.8.4.3	Oczyszczanie na mokro, a następnie demister	S	S	S	S	N	24c, 62 c
6.4.3.2	Usuwanie przez kaptur boczny lub za pomocą wyciągu wargowego	N	N	N	N	S	62
6.4.3.3	Zamknięta sekcja do podczyszczania z odciąganiem	N	N	N	N	S	62

6.4.3.1	Ograniczony zakres roboczy w otwartych kąpielach trawiących z kwasem chlorowodorowym	N	N	N	N	S	62
8.8.5.1	Wytrawianie stali wysokostopowej bez użycia kwasu azotowego	S	S	N	N	N	25a
8.8.5.2	Dodanie nadtlenu wodoru lub mocznika do kwasu trawiącego	S	S	S	N	N	25b
8.8.5.3	Oczyszczanie na mokro z dodatkiem utleniacza (np. nadtlenu wodoru)	S	S	S	N	N	25e
8.8.5.4	Selektywna redukcja katalityczna (SCR) w wytrawianiu mieszaniną kwasów	N	S	N	N	N	25f
8.8.6.1	Topnik o niskiej emisji dymu	N	N	N	N	S	26a
8.8.6.2	Minimalizacja przenoszenia roztworu topnika	N	N	N	N	S	26b
8.8.6.3	Odciąg powietrza jak najbliżej źródła – cynkowanie ogniowe	N	N	N	S	S	26c
8.8.6.4	Zamknięta wanna z odciąganiem powietrza	N	N	N	S	S	26d
8.8.7.1	Natłuszczenie elektrostatische	N	S	N	S	N	27a
8.8.8.1	Stosowanie paliwa lub kombinacji paliw o niskiej zawartości siarki i/lub o niskim potencjale tworzenia NOx – odzyskiwanie kwasów	N	S	N	N	N	29a
8.8.8.3	Optymalizacja spalania – odzyskiwanie kwasów	N	S	N	N	N	29b
8.8.8.4	Palniki o niskiej emisji NOx – odzyskiwanie kwasów	N	S	N	N	N	29c
8.8.8.5	Oczyszczanie na mokro, a następnie demister – odzyskiwanie kwasów	N	S	N	N	N	29d
8.9.1	Adsorpcja	S	N	N	N	N	31d
8.9.10	Neutralizacja	S	S	S	S	N	31b
8.9.11	Oddzielanie fizyczne	S	S	S	S	N	31c
8.9.12	Odwrócona osmoza	S	N	N	N	N	31g
8.9.13	Sedymentacja	S	S	S	S	N	31j
8.9.14	Oczyszczanie wody zanieczyszczonej olejem lub smarem	S	S	S	S	N	30
8.9.2	Przetwarzanie tlenowe	S	S	N	N	N	31h

8.9.3	Strącanie chemiczne	S	S	S	S	N	31e
8.9.4	Redukcja chemiczna	S	S	N	S	N	31f
8.9.5	Koagulacja i flokulacja	S	S	S	S	N	31i
8.9.6	Wyrównanie (ujednorodnienie) strumienia ścieków	S	S	S	S	N	31a
8.9.7	Filtracja	S	S	S	S	N	31k
8.9.8	Flotacja	S	S	S	S	N	31l
8.9.9	Nanofiltracja	S	N	N	N	N	31g

Uwaga:  
S: zgłoszone jako używane w czasie sporządzania dokumentu; N: zgłoszone jako niestosowane w czasie sporządzania dokumentu; b.i.: brak informacji

## 11.5 Procesy spalania z zastosowaniem powietrza wzbogaconego w tlen lub czystego tlenu: normalizacja oparta o dwutlenek węgla wytwarzany podczas spalania

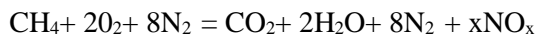
Niniejszy załącznik przedstawia przykład ponownego obliczania stężeń emisji w procesach spalania, gdy (i) powietrze spalania zostało wzbogacone tlenem (mieszanka powietrza i spalania w tlenie) lub (ii) spalanie odbywa się w czystym tlenie (spalanie w tlenie).

W procesach spalania, spalanie może odbywać się z udziałem powietrza, czystego tlenu (spalanie w tlenie) lub mieszaniny powietrza i czystego tlenu (częściowe spalanie w tlenie). Równania opisujące powstawanie NO<sub>x</sub> w różnych rodzajach procesów spalania zostały przedstawione poniżej.

W poniższych trzech przypadkach założono, że stężenie O<sub>2</sub> w suchych spalinach jest identyczne (w tym przypadku %O<sub>2</sub>=0 i x<<1).

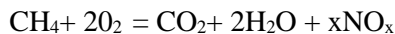
- Przypadek 1 (spalanie w powietrzu): stosowanie paliwa (paliwo - CH<sub>4</sub>) i

powietrza



- Przypadek 2 (spalanie w tlenie): stosowanie paliwa (np. CH<sub>4</sub>) i

czystego tlenu



- Przypadek 3 (częściowe spalanie w tlenie: stosowanie paliwa (np. CH<sub>4</sub>),

tlenu i powietrza  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 + 2\text{N}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{N}_2 + x\text{NO}_x$

Poszczególne stężenia NO<sub>x</sub> będą różnić się znacznie w zależności od rodzaju procesu spalania z uwagi na różnice w zawartości azotu w spalinach w zależności od wybranej techniki spalania. Jednakże, stosunek pomiędzy x (masa molowa wytworzonych NO<sub>x</sub>) oraz masą molową CO<sub>2</sub> będzie identyczna w każdym z trzech powyższych scenariuszy. W związku z tym, można przeprowadzić ponowne obliczenia z wykorzystaniem pomierzonego stężenia CO<sub>2</sub> i referencyjnego stężenia CO<sub>2</sub> odpowiadającego wartości procentowej CO<sub>2</sub> w spalinach w sytuacji, w której stosowane byłoby powietrze, a zawartość tlenu w spalinach wynosiłaby 3%.

Standardowe ponowne obliczenia przedstawione poniżej, stosowane zwykle do ponownego przeliczenia stężeń emisji względem standardowego referencyjnego poziomu tlenu zakładają, że cały O<sub>2</sub> pomierzony w spalinach pochodzi z powietrza, nadwyżki powietrza w palniku lub przecieku powietrza atmosferycznego do pieca i systemu odprowadzania spalin.

$$E_R = \frac{21 - O_R}{21 - O_M} \times E_M$$

gdzie: E<sub>R</sub>: stężenie emisji przy referencyjnym  
poziomie tlenu O<sub>R</sub>; O<sub>R</sub>: referencyjny

poziom tlenu w % objętościowo;  
 $E_M$ : zmierzone  
stężenie emisji;  
 $O_M$ : zmierzony poziom tlenu w %  
objętościowo.

Jednakże, ponieważ pomierzona zawartość  $O_2$  w spalaniu w tlenie (całkowitym lub częściowym) może pochodzić zarówno z powietrza, jak i z czystego  $O_2$  klasy przemysłowej, standardowe obliczenia przedstawione powyżej nie spełniają swojej funkcji. W spalaniu w tlenie, skuteczny rozcieńczacz teoretycznych stechiometrycznych spalin nie zawiera 20,9 %  $O_2$  i 79 %  $N_2$ . W związku z powyższym, powyższa formuła nie ma dłużej zastosowania. Alternatywnie, na podstawie dwutlenku węgla wytworzonego w procesie spalania można przeprowadzić normalizację stosując poniższy wzór:

---

$$E_R = \frac{CO_{2R}}{CO_{2M}} \times E_M$$

gdzie:

- $E_R$ : stężenie emisji przy referencyjnym poziomie tlenu  $O_R$  jak gdyby było stosowane powietrze atmosferyczne;  
 $CO_{2R}$ : poziom  $CO_2$  przy referencyjnym poziomie tlenu, jak gdyby było stosowane powietrze atmosferyczne w % objętościowo i powietrze spełniałoby parametry specyfikacji dla paliwa;  
 $E_M$ : pomierzone stężenie emisji;  
 $CO_{2M}$ : pomierzony poziom  $CO_2$  w % objętościowo.

Poniżej przedstawiono praktyczny przykład pokazujący sposób zastosowania wzoru.

Dla tego przykładu zastosowano następujące warunki::

- $O_R = 3\%$   $O_2$  w spalinach suchych;
- $CO_{2M} = 11\%$ ;
- $E_M = 100$  ppm;
- Gęstość  $NO_2 = 2.053$  kg/Nm<sup>3</sup>;
- Zastosowane paliwo =  $CH_4$ .

W pierwszej kolejności określany jest poziom  $CO_{2R}$  przy zawartości  $O_2$  3% z zastosowaniem następującego równania stechiometrycznego:

$CH_4 + 1.15 (2O_2 + 7,57 N_2) = CO_2 + 2^{\circ}H_2O + 8,7N_2 + 0,3O_2$  (Łącznie 12 Nm<sup>3</sup> spalin suchych // 10 Nm<sup>3</sup> spalin suchych)

$CO_{2R} = 10\%$

Po otrzymaniu wartości  $CO_{2R}$ , możliwe jest znormalizowanie stężeń emisji  $NO_x$  na podstawie ilości dwutlenku węgla wytworzonej w procesie spalania poprzez zastosowanie poniższego równania:

$$E_R = \frac{CO_{2R}}{CO_{2M}} \times E_M$$

$$E_R = \frac{10}{11} \times (100 * 2,053) = 186,6 \text{ ppm}$$

## 11.6 Przykłady obliczania jednostkowego zużycia energii dla procesów nagrzewania, nagrzewania międzyoperacyjnego i nagrzewania końcowego w walcowaniu na gorąco

### Wstęp

Niniejszy załącznik zawiera przykłady opisujące sposób obliczania jednostkowego zużycia energii w przypadku nagrzewania wsadu (tj. nagrzewania, nagrzewania międzyoperacyjnego, nagrzewania końcowego) w procesie walcowania na gorąco z wykorzystaniem wyników procesu zbierania danych w ramach niniejszego BREF. Obliczenia wykonano zgodnie z definicją jednostkowego zużycia energii podaną w uwagach ogólnych dotyczących konkluzji BAT (zob. sekcja 9.4.4.1 i sekcja 9.5.4 w rozdziale 9) obliczonych za pomocą następującego równania:

$$\text{jednostkowe zużycie energii} = \frac{\text{zużycie energii}}{\text{wkład}}$$

gdzie:

użycie energii: całkowita ilość ciepła (wytworzonego ze źródeł energii pierwotnej) oraz energii elektrycznej zużytej przez odpowiednie procesy, wyrażona w MJ/rok lub kWh/rok; oraz

wsad: całkowita ilość przetworzonego wsadu, wyrażona w t/rok.

W przypadku nagrzewania wsadu zużycie energii odpowiada całkowitej ilości ciepła (wytworzonego ze źródeł energii pierwotnej) oraz energii elektrycznej zużytej przez wszystkie piece w odpowiednich procesach.

### Przykłady obliczeń

Do obliczeń zastosowano przykładowy zakład (Zakład A) składający się z dwóch linii. Należy pamiętać, że zakład nie był objęty procesem zbierania danych, został wykorzystany do celów ilustracyjnych z wykorzystaniem danych wirtualnych.

Konfiguracja dwóch linii w Zakładzie A przedstawia się następująco:

- Linia (1) składa się z sekcji nagrzewania z jednym piecem i sekcji nagrzewania końcowego z czterema oddzielnymi piecami;
- Linia (2) składa się z sekcji nagrzewania z piecem nagrzewania wstępnego i dwoma piecami nagrzewania oraz sekcji nagrzewania międzyoperacyjnego z jednym piecem.

Aby zilustrować obliczenia dla jednostkowego zużycia energii, wybrano konfigurację dwóch linii o określonym poziomie złożoności (np. kilka pieców,

piec wstępnego nagrzewania). Inne konfiguracje też są, oczywiście, możliwe, ale poniższe przykłady mają służyć jako wzór do obliczania jednostkowego zużycia energii dla innych potencjalnych konfiguracji.

1. Linia (1): Jednostkowe zużycie energii dla sekcji nagrzewania z jednym piecem (bez pieca wstępnego nagrzewania)

Zużycie energii i całkowity wsad do pieca wstępnego nagrzewania przedstawiono w tabeli poniżej.

<b>Piec 1: Wsad = 300 000 t/r</b>	
<b>Pierwotne źródła energii</b>	<b>Zużycie energii (GJ/r)</b>
Gaz ziemny	451 921,29
Gaz koksowniczy	-
Gaz wielkopiecowy	119 453,39
Gaz konwertorowy	-
Olej	-
LPG	-
Energia elektryczna	10 721

Na podstawie powyższych danych oblicza się jednostkowe zużycie energii dla linii 1 (sekcja nagrzewania) w następujący sposób:

$$\text{jednostkowe zużycie energii w sekcji nagrzewania na Linii 1} = \frac{451\,924,29 + 119\,453,39 + 10\,721 \text{ (GJ/r)}}{300\,000 \text{ (t/r)}} = 1\,940 \text{ MJ/t}$$

2. Linia (1): Jednostkowe zużycie energii dla sekcji nagrzewania końcowego z czterema piecami

Zużycie energii i całkowity wsad dla każdego z pieców nagrzewania końcowego na linii (1) przedstawiono w tabeli poniżej.

<b>Pierwotne źródła energii</b>	<b>Piec 1: Wsad = 77 925 t/r</b>	<b>Piec 2: Wsad = 33 000 t/r</b>	<b>Piec 3: Wsad = 25 000 t/r</b>	<b>Piec 4: Wsad = 55 000 t/r</b>
	<b>Zużycie energii (GJ/r)</b>	<b>Zużycie energii (GJ/r)</b>	<b>Zużycie energii (GJ/r)</b>	<b>Zużycie energii (GJ/r)</b>
<b>Gaz ziemny</b>	17 598	-	52 446	94 758
<b>Gaz koksowniczy</b>	-	-	-	-
<b>Gaz wielkopiecowy</b>	-	-	-	-
<b>Gaz konwertorowy</b>	-	-	-	-
<b>Olej</b>	-	-	-	-
<b>LPG</b>	-	-	-	-
<b>Energia elektryczna</b>	-	49 015	4 455	-

Na podstawie powyższych danych oblicza się jednostkowe zużycie energii dla linii 1 (sekcja nagrzewania końcowego) w następujący sposób:

$$\text{jednostkowe zużycie energii w sekcji nagrzewania końcowego na Linii 1} = \frac{17\,598 + 49\,105 + 52\,446 + 4\,455 + 94\,758 \text{ (GJ/r)}}{(77\,925 + 33\,000 + 25\,000 + 55\,000 \text{ (t/r)})} \times 1000$$

**= 1 143,3 MJ/t**

**3. Linia (2): Jednostkowe zużycie energii dla sekcji nagrzewania z jednym piecem wstępnego nagrzewania i dwoma piecami nagrzewania**

Zużycie energii i całkowity wsad dla każdego z pieców nagrzewania końcowego na linii (2) przedstawiono w tabeli poniżej.

Pierwotne źródła energii	Piec wstępnego nagrzewania: Wsad = 230 489 t/r	Piec 1: Wsad = 78 831 t/r	Piec 2: Wsad = 486 851 t/r
	Zużycie energii (GJ/r)	Zużycie energii (GJ/r)	Zużycie energii (GJ/r)
Gaz ziemny	13 070	148 060	783 087
Gaz koksowniczy	-	-	-
Gaz wielkopiecowy	-	-	-
Gaz konwertorowy	-	-	-
Olej	-	-	-
LPG	-	-	-
Energia elektryczna	-	-	15 031

Na podstawie powyższych danych oblicza się jednostkowe zużycie energii dla linii 2 (sekcja nagrzewania) w następujący sposób:

$$\text{jednostkowe zużycie energii w sekcji nagrzewania na Linii 2} = \frac{113\,070 + 148\,060 + 783\,087 + 15\,031 \text{ (GJ/r)}}{(77\,831 + 486\,851 \text{ (t/r)})} \times 1000$$

**= 1 695,4 MJ/t**

**Uwaga:** W przypadku pieca wstępnego nagrzewania, zużycie energii pieca jest uwzględniane w liczniku, natomiast wkład do pieca wstępnego nagrzewania nie jest uwzględniany w mianowniku w celu uniknięcia podwójnego naliczania wsadu.

**4. Linia (2): Jednostkowe zużycie energii dla sekcji nagrzewania międzyoperacyjnego z jednym piecem**

Zużycie energii i całkowity wsad dla każdego z pieców nagrzewania międzyoperacyjnego na linii (2) przedstawiono w tabeli poniżej.

Pierwotne źródła energii	Piec 1: Wkład = 201 332 t/r
	Zużycie energii (GJ/r)
Gaz ziemny	-



<b>Gaz koksowniczy</b>	-
<b>Gaz wielkopiecowy</b>	-
<b>Gaz konwertorowy</b>	-
<b>Olej</b>	-
<b>LPG</b>	-
<b>Energia elektryczna</b>	25 520

Na podstawie powyższych danych oblicza się jednostkowe zużycie energii dla linii 2 (sekcja nagrzewania międzyoperacyjnego) w następujący sposób:

$$\text{jednostkowe zużycie energii w sekcji nagrzewania międzyoperacyjnego na Linii 2} = \frac{25\,520 \text{ (GJ/r)}}{(201\,332) \text{ (t/r)}} \times 1000$$

$$\text{jednostkowe zużycie energii w sekcji nagrzewania międzyoperacyjnego na Linii 2} = \frac{25\,520 \text{ (GJ/r)}}{(201\,332) \text{ (t/r)}} \times 1000$$

126,75 MJ/t

#### Współczynniki konwersji

Gdy wartości pierwotnych źródeł energii są wyrażane jako natężenie przepływu objętościowego (Nm<sup>3</sup>/r) lub zasilanie w przypadku energii elektrycznej (MWh/r), do konwersji wartości zużycia energii na GJ/r zastosowano wartości opałowe netto. Wartości opałowe netto stosowane do konwersji przedstawiono w tabeli poniżej.

<b>Pierwotne źródła energii</b>	<b>Wartości opałowe netto</b>
Gaz ziemny	36,80 MJ/Nm <sup>3</sup>
Gaz koksowniczy	19,00 MJ/Nm <sup>3</sup>
Gaz wielkopiecowy	3,30 MJ/Nm <sup>3</sup>
Gaz konwertorowy	9,00 MJ/Nm <sup>3</sup>
Olej	40,00 GJ/t
LPG	46,00 GJ/t
Energia elektryczna (*)	3,60 GJ/MWh
Uwaga (*): W przypadku energii elektrycznej zamiast wartości opałowej netto stosowany jest równoważnik mocy.	

## **11.7 Przykład obliczania średniej rocznej wydajności produkcji w cynkowaniu ogniowym jednostkowym (zanurzeniowym)**

### Wstęp

Niniejszy aneks zawiera przykłady opisujące sposób obliczania średniej rocznej wydajności produkcji wanien cynkowniczych do cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego) wyrażonej w t/m<sup>3</sup>. Koncepcja ta jest stosowana w przypisie (2) Tabeli 9.4 konkluzji BAT (zob. sekcja 9.5.4).

### Przykład obliczeń

Poniższa tabela zawiera dane dla cynkowni ogniowej jednostkowej (zanurzeniowej) W (zakład wirtualny, nieujęty w procesie zbierania danych) dotyczące objętości wanny cynkowniczej (w m<sup>3</sup>) i całkowitej produkcji rocznej wyrobów cynkowanych w roku 2014, 2015 i 2016. Roczna wydajność produkcji jest obliczana przez podzielenie (dla każdego roku) produkcji wyrobów cynkowanych przez objętość wanny cynkowniczej.

Zakład	Objętość wanny (m <sup>3</sup> )	Produkcja 2014 r. (t)	Produkcja 2015 r. (t)	Produkcja 2016 r. (t)	Roczna wydajność produkcji w 2014 r. (t/m <sup>3</sup> )	Roczna wydajność produkcji w 2015 r. (t/m <sup>3</sup> )	Roczna wydajność produkcji w 2017 r. (t/m <sup>3</sup> )
W	90	31 281	33 896	34 617	348	377	385

Drugi przykład przedstawiony w tabeli poniżej dotyczy cynkowni ogniowej jednostkowej (zanurzeniowej) X (zakład wirtualny, nieujęty w procesie zbierania danych) z dwoma liniami, z których każda zawiera jedną wannę cynkowniczą. W tym przypadku roczna wydajność produkcji jest obliczana następująco:

Zakład X	Objętość wanny (m <sup>3</sup> )	Produkcja 2014 r. (t)	Produkcja 2015 r. (t)	Produkcja 2016 r. (t)
Linia 1	38,5	43 090,23	46 407,12	34 594,27
Linia 2	14,8	549,90	34,89	526,82

$$\text{roczna wydajność produkcji wyrobów cynkowanych w roku 2014} = \frac{(43\,090,23 + 549,90) \text{ (t)}}{(38,5 + 14,8) \text{ (m}^3\text{)}}$$

$$\text{roczna wydajność produkcji wyrobów cynkowanych w roku 2014} = \frac{(43\,090,23 + 549,90) \text{ (t)}}{(38,5 + 14,8) \text{ (m}^3\text{)}}$$

=

**818,76 t/m<sup>3</sup>**

$$\text{roczna wydajność produkcji wyrobów cynkowanych w roku 2015} = \frac{(46\,407,12 + 348,89) \text{ (t)}}{(38,5 + 14,8) \text{ (m}^3\text{)}}$$

$$\text{roczna wydajność produkcji wyrobów cynkowanych w roku 2015} = \frac{(46\,407,12 + 348,89) \text{ (t)}}{(38,5 + 14,8) \text{ (m}^3\text{)}}$$

=

**877,22 t/m<sup>3</sup>**

$$\text{roczna wydajność produkcji wyrobów cynkowanych w roku 2016} = \frac{(34\,594,27 + 526,82) \text{ (t)}}{(38,5 + 14,8) \text{ (m}^3\text{)}}$$

$$\text{roczna wydajność produkcji wyrobów cynkowanych w roku 2016} = \frac{(34\,594,27 + 526,82) \text{ (t)}}{(38,5 + 14,8) \text{ (m}^3\text{)}}$$

=

**658,93 t/m<sup>3</sup>**

## 11.8 Przykłady obliczania jednostkowego zużycia materiałów

### Wstęp

Niniejszy aneks zawiera przykładowy opis obliczania średniej trzyletniej jednostkowego zużycia materiałów na podstawie wyników procesu zbierania

danych w ramach niniejszego BREF. Obliczenia wykonano zgodnie z definicją jednostkowego zużycia materiałów zawartą w uwagach ogólnych dotyczących konkluzji BAT (zob. sekcja 9.4.4.1 i sekcja 9.5.4 w Rozdziale 9) za pomocą następującego równania:

$$\text{jednostkowe zużycie materiałów} = \frac{\text{zużycie materiałów}}{\text{wsad}}$$

gdzie:

zużycie materiałów: średnia trzyletnia całkowitej ilości materiału zużytego przez odpowiednie procesy, wyrażona w kg/rok; oraz  
wsad: średnia trzyletnia całkowitej ilości przetworzonego wsadu, wyrażona w t/rok lub m<sup>2</sup>/rok

### Przykłady obliczeń

Poniższa tabela przedstawia dane dotyczące zużycia materiałów zgłoszone przez przykładowy zakład (zakład wirtualny, nieujęty w procesie zbierania danych) w okresie 3 lat (od 2021 do 2024 r.).

Rok	Zużycie materiałów (kg/r)	Wsad (t/r)	Jednostkowe zużycie materiałów (kg/t)
2019	230	15	-
2020	250	17	-
2021	220	14	15.22
2022	235	15	15.33
2023	230	16	15.22
2024	-	15	10.11

Na podstawie powyższych danych, jednostkowe zużycie materiałów na lata 2021, 2022, 2023 i 2024 można obliczyć w następujący sposób:

$$\text{średnia trzyletnia jednostkowego zużycia materiałów (rok 2021)} = \frac{230+250+220 \text{ (kg/r)}}{15+17+14 \text{ (t/r)}}$$

**15,22 kg/t**

$$\text{średnia trzyletnia jednostkowego zużycia materiałów (rok 2022)} = \frac{250+220+235 \text{ (kg/r)}}{17+14+15 \text{ (t/r)}}$$

**15,33 kg/t**

$$\text{średnia trzyletnia jednostkowego zużycia materiałów (rok 2023)} = \frac{2220+235+230 \text{ (kg/r)}}{14+15+16 \text{ (t/r)}}$$

**15,22 kg/t**

$$\text{średnia trzyletnia jednostkowego zużycia materiałów (rok 2024)} = \frac{235 + 230 \text{ (kg/r)}}{15+16+15 \text{ (t/r)}}$$

**10,11 kg/t**

**Uwaga:** Jeżeli dla danego roku nie zostały zgłoszone żadne dane dotyczące zużycia (np. dla roku 2024), zużycie materiałów w tym roku nie jest uwzględniane w równaniu, ale dane są uwzględniane i ujmowane w mianowniku.

## GLOSARIUSZ

Niniejszy glosariusz ma na celu ułatwienie zrozumienia informacji zawartych w dokumencie. Definicje terminów w niniejszym glosariuszu nie są obowiązującymi w prawie definicjami (nawet jeśli niektóre z nich pokrywają się z definicjami podanymi w prawodawstwie europejskim) – ich przeznaczeniem jest pomóc czytelnikowi w zrozumieniu niektórych kluczowych terminów w kontekście ich stosowania w konkretnej branży, której dotyczy niniejszy dokument.

Glosariusz podzielony jest na następujące części:

- I. Kody ISO państw
- II. Prefiksy jednostkowe, separatory liczb i notacje
- III. Jednostki i miary
- IV. Akronimy
- V. Skróty stosowane w wykresach

### I. Kody ISO państw

ISO code	Member State
<i>Member States (*)</i>	
AT	Austria
BE	Belgia
BG	Bułgaria
HR	Chorwacja
CZ	Czechy
CY	Cypr
DE	Niemcy
DK	Dania
EE	Estonia
EL	Grecja
ES	Hiszpania
FI	Finlandia
FR	Francja
HU	Węgry
IE	Irlandia
IT	Włochy
LT	Litwa
LU	Luksemburg
LV	Łotwa
MT	Malta
NL	Niderlandy
PL	Polska
PT	Portugalia
RO	Rumunia
SE	Szwecja
SI	Słowenia
SK	Słowacja
<i>Państwa niebędące członkami</i>	
UK	Zjednoczone Królestwo
US	Stany Zjednoczone

(\*) Kolejność protokolarna państw członkowskich oparta jest na porządku alfabetycznym ich nazw geograficznych w języku oryginalnym (językach oryginalnych)

## II. Prefiksy jednostkowe, separatory liczb i notacje

Liczby w tym dokumencie są zapisywane za pomocą znaku „,,” jako separatora dziesiętnego i spacji jako separatora tysięcy.

Poniższa tabela zawiera często używane prefiksy::

Symbol	Prefiks	10 <sup>n</sup>	Słowo	Liczba dziesiętna
k	kilo	10 <sup>3</sup>	tysiąc	1 000
h	hekto	10 <sup>2</sup>	sto	100
da	deka	10 <sup>1</sup>	dziesięć	10
-----	-----	1	jeden	1
d	decy	10 <sup>-1</sup>	dziesiąta	0,1
c	centy	10 <sup>-2</sup>	setna	0,01
m	mili	10 <sup>-3</sup>	tysięczna	0,001

## III. Jednostki i miary

TERMIN	ZNACZENIE
atm	mormalna atmosfera (1 atm = 101325 N/m <sup>2</sup> )
bar	bar (1,013 bar = 1 atm)
°C	stopień Celsjusza
cm	centymetr
d	dzień
°C/W	odporność termiczna
dB	decybel. Jednostka miary poziomu emisji hałasu
dB(A)	Hałas jest mierzony w decybelach (dB). Aby przedstawić sposób odbierania różnych częstotliwości przez ucho człowieka (słuch), stosowana jest wartość A-ważona, a pomiary są wyrażane w dB(A). Redukcja poziomu hałasu o 3 dB (A) jest równoważna zmniejszeniu poziomu emisji hałasu o połowę.
eV	elektronowolt
g	gram
GJ	gigadżul
Hz	herc
h	godzina
ha	hektar (10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup> ) (=2,47105 akra)
hl	hektolitr
J	dżul
K	kelwin (0 °C = 273,15 K)
kcal	kilokaloria (1 kcal = 4,19 kJ)
kg	kilogram (1 kg = 1 000 g)
kJ	kilodżul (1 kJ = 0,24 kcal)
kPa	kilopaskal

kt	kilotona
kW	kilowat
kW <sub>e</sub>	kilowat w postaci energii elektrycznej
kWh	kilowatogodzina (1 kWh = 3600 kJ = 3,6 MJ = 0,0036 GJ)
kWh <sub>e</sub>	kilowatogodzina w postaci energii elektrycznej
l	litr
m	metr
m <sup>2</sup>	metr kwadratowy
m <sup>3</sup>	metr sześcienny
m <sup>2</sup> ·°C/W	jednostka odporności termicznej
mg	miligram (1 mg = 10 <sup>-3</sup> gram)
MJ	megadżul (1 MJ = 1 000 kJ = 10 <sup>6</sup> J)
MJ/t	megadżul na tonę
nm	nanometr (1 nm = 10 <sup>-9</sup> m)
mm	milimetr (1 mm = 10 <sup>-3</sup> m)
m/min	metry na minutę
Mt	megatona (1 Mt = 10 <sup>6</sup> t)
Mt/r	megatony na rok
MW <sub>th</sub>	megawaty termiczne (energia)
ng	nanogram (1 ng = 10 <sup>-9</sup> g)
Nm <sup>3</sup>	normalny metr sześcienny (101,325 kPa, 273 K)
ppm	części na milion (wagowo)
ppmv	części na milion (objętościowo)
s	sekunda
t	tona metryczna (1 000 kg lub 10 <sup>6</sup> gram)

<b>TERMIN</b>	<b>ZNACZENIE</b>
t/d	tony dziennie
t/r	tony rocznie
% obj.	procent objętościowy
W	wat (1 W = 1 J/s)
% wag.	procent wagowy
r	rok
~	około; w przybliżeniu
µm	mikrometr (1 µm = 10 <sup>-6</sup> m)

## IV. Akronimy

BAT	Najlepsze dostępne techniki, zgodnie z art. 3 ust. 10 Dyrektywy IED
BAT-AEL	Poziomy emisji powiązane z najlepszymi dostępnymi technikami, zgodnie z art. 3 ust. 13 Dyrektywy IED
BAT-AEPL	Poziomy efektywności środowiskowej związane z najlepszymi dostępnymi technikami, zgodnie z sekcją 3.3.2 Decyzji Wykonawczej Komisji 2012/119/UE
BFG	Gaz wielkopieczowy
BG	Cynkowanie ogniowe jednostkowe (zanurzeniowe)
BzT	Biochemiczne zapotrzebowanie na tlen
BOF	Gaz konwertorowy
BREF	Dokument referencyjny BAT
CEN	Europejski Komitet Normalizacyjny
CHP	Kogeneracja (skojarzona produkcja energii elektrycznej i ciepła)

CLM BREF	Dokument referencyjny dotyczący najlepszych dostępnych technik w przemyśle cementowym, wapienniczym oraz produkcji tlenku magnezu
ChZT	Chemiczne zapotrzebowanie na tlen
COG	Gaz koksowniczy
CR	Walcowanie na zimno
CWW BREF	Dokument Referencyjny Najlepszych Dostępnych Technik (BAT) dla Wspólnych systemów oczyszczania/zagospodarowania ścieków i gazów odlotowych w sektorze chemicznym
EC	Komisja Europejska
EWC	Europejski Katalog Odpadów, ustanowiony na mocy Decyzji Komisji 2000/532/WE
EFS BREF	Dokument referencyjny dotyczący najlepszych dostępnych technik dla emisji z magazynowania
EIPPCB	Europejskie Biuro IPPC
EMAS	System Ekozarządzania i Audytu
EMS	System zarządzania środowiskowego
EN	Norma europejska (Norma EN)
EP	Elektrofiltr
ENE BREF	Dokument referencyjny na temat najlepszych dostępnych technik w zakresie efektywności energetycznej
ESP	Elektrofiltr
EU	Unia Europejska
FMP	Przetwórstwo stali i stopów żelaza
HSLA	Stal niskostopowa o podwyższonej wytrzymałości
ISO	Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna
IPPC	Zintegrowane zapobieganie zanieczyszczeniom i ich kontrola
LCP BREF	Dokument referencyjny w sprawie najlepszych dostępnych technik (BAT) dla dużych obiektów energetycznego spalania
LPG	gaz płynny
PC	Państwo(a) Członkowskie Unii Europejskiej
NGO	Organizacja pozarządowa
NOx	Tlenki azotu
OTNOC	Warunki inne niż normalne warunki eksploatacji
PAH	Węglowodory poliaromatyczne
PM	Zawiesina
SCR	Selektywna redukcja katalityczna
SNCR	Selektywna redukcja niekatalityczna
SOx	Tlenki siarki
TDS	Całkowite rozpuszczone części stałe
TN	Azot całkowity
OWO	Ogólny węgiel organiczny
TP	Fosfor całkowity
TSS	Zawiesina ogólna
Całkowite LZO	Całkowita zawartość ogólnego lotnego węgla organicznego, wyrażonego jako C (w powietrzu)
TWG	Techniczna Grupa Robocza
UV	Ultrafiolet
LZO	Lotne związki organiczne
WD	Ciągnięcie drutu
WT BREF	Dokument referencyjny dotyczący najlepszych dostępnych technik (BAT) dla przetwarzania odpadów
WWTP	Oczyszczalnia ścieków

## V. Skróty

### Skróty stosowane na rysunkach dotyczących emisji do powietrza

Skróty stosowane do wyrażania stężeń i liczby pomiarów

Sektor	Skrót/stosowany termin	Informacja
--------	------------------------	------------

Zakłady HR, CR	Maks. dla roku 1/2016	Maksymalna wartość wszystkich zgłoszonych pomiarów w roku 2016 lub pierwszym roku sprawozdawania danych
	Maks. dla roku 2/2015	Maksymalna wartość wszystkich zgłoszonych pomiarów w roku 2015 lub drugim roku sprawozdawania danych
	Maks. dla roku 3/2014	Maksymalna wartość wszystkich zgłoszonych pomiarów w roku 2014 lub trzecim roku sprawozdawania danych
	Średnia z 3 lat	Średnia wartość wszystkich zgłoszonych pomiarów dla trzech lat sprawozdawczych (w okresie 2014-2016 lub z ostatnich trzech lat, w których dane były dostępne).
	Liczba pomiarów	Liczba pomiarów z trzech lat sprawozdawczych. W przypadku monitorowania ciągłego, dodawana jest litera „C”.
WD, HDC, BG	Substancja zanieczyszczająca (jedn.), MxYx np. pył (mg/Nm <sup>3</sup> ) M1Y1	Nazwa substancji zanieczyszczającej, jednostka miary, liczba pomiarów i rok z trzech lat sprawozdawczych .
Wszystkie sektory	CO przy maks. wartości NOx	Stężenie CO odpowiadające maksymalnej wartości NOx w okresie sprawozdawczym
	Poziom referencyjny O <sub>2</sub> (%)	Wartość referencyjna O <sub>2</sub> przy maksymalnym stężeniu parametru naniesionego na wykres.
	% ref. O <sub>2</sub> (maks.)	
	zgłoszony O <sub>2</sub> (%)	Wartość O <sub>2</sub> zgłoszona przy maksymalnym stężeniu parametru naniesionego na wykres
O <sub>2</sub> (%) (parametr) np. O <sub>2</sub> (%) NOx		

### Skróty stosowane dla częstotliwości monitorowania

Skrót	Częstotliwość monitorowania
C	Ciągle
4/r	4 razy w roku
3/r	3 razy w roku
2/r	2 razy w roku
1/r	Raz na rok
2r	Co 2 lata
3r	Co 3 lata
5r	Co 5 lat

### Skróty stosowane do paliw

Skróty	Paliwo
NG	Gaz ziemny
COG	Gaz koksowniczy
BFG	Gaz wielkopiecowy
BOF	Gaz konwertorowy



LPG	Gaz płynny
-----	------------

### Skróty stosowane dla rodzaju produktu

Skróty	Rodzaj produktu
bi	Kęsy
ra	Szyny
ro	Walcówka
ba	Pręty
tu	Rury
st	Taśmy (zwoje walcowane na gorąco)
pl	Płyty
be	Kształowniki
ot	Pozostałe profile
ri	Pierścienie

### Skróty stosowane do gatunków stali na rysunkach dotyczących walcowania na gorąco

Skróty	Kategorie stali
CS-EI	CS-stal elektryczna o ziarnach zorientowanych
CS-O	CS-inne (niestopowe/niskostopowe)
SS-F	SS-ferrytyczna
SS-A	SS-austenityczna
SS-M	SS-martenzytyczna
SS-D	SS-dupleksowa (mieszana ferrytyczna i austenityczna)
O-HA	Pozostałe stale wysokostopowe
CS	CS-nie określone, w przeciwnym przypadku CS>90%
M	Mieszanina produktów o 10%<CS<90%
SS	SS-nie określone, w przeciwnym przypadku SS>90%
CS-CR	CS-produkty walcowane na zimno dla przemysłu motoryzacyjnego
CS-OA	CS- produkty walcowane na zimno inne niż dla przemysłu motoryzacyjnego
CS-P	CS-produkty opakowaniowe

### Skróty stosowane do gatunków stali na rysunkach dotyczących walcowania na zimno

Skróty	Kategorie stali
CS-P	CS- produkty opakowaniowe
CS-GO	CS-stal elektryczna o ziarnach zorientowanych
CS-GO	CS- stal elektryczna o ziarnach zorientowanych (GO)
CS-NO	CS- stal elektryczna o ziarnach niezorientowanych (NONO)
CS-HS	CS-stale o podwyższonej wytrzymałości o granicy plastyczności $Re > 420$ MPa, przeznaczone głównie dla przemysłu motoryzacyjnego
CS-MH	CS-stale średnio i wysokowęglowe (C>0,3%)
CS-O	CS- inne (niestopowe/niskostopowe)
SS-F	SS-ferrytyczna
SS-A	SS-austenityczna
SS-M	SS-martenzytyczna
SS-D	SS-dupleksowa (mieszana ferrytyczna i austenityczna)
O-HA	Pozostałe stale wysokostopowe

### Skróty stosowane do gatunków stali na rysunkach dotyczących cynkowania ogniowego

<b>Skróty</b>	<b>Kategorie stali</b>
CS-CR	CS-produkty walcowane na zimno dla przemysłu motoryzacyjnego
CS-OA	CS-produkty walcowane na zimno inne niż dla przemysłu motoryzacyjnego

### **Skróty stosowane do rodzajów pieców do walcowania na gorąco**

<b>Skróty</b>	<b>Rodzaj pieca</b>
Batch	Piec nieprzelotowy
Push	Piec przepychowy
Roll hth	Piec martenowski walcowy
Rot hth	Piec martenowski obrotowy
Tunn	Piec tunelowy
Walk	Piec pokroczny

### **Skróty stosowane do technik zilustrowanych na rysunkach dotyczących walcowania na gorąco**

<b>Skrót</b>	<b>Sprzęt związany z emisją</b>
Regen	Regeneracja
Dry ESP	Suchy elektrofiltr
Wet ESP	Mokry elektrofiltr
Acid gas Abate	Ograniczanie ilości gazów kwaśnych
Encl Grind WGC	Szlifowanie z oczyszczaniem gazów odlotowych w zamkniętych pomieszczeniach
External FGR	Zewnętrzna recyrkulacja spalin (FGR)
Oscil comb for low NOx	Spalanie oscylacyjne w celu zmniejszenia emisji NOx
Sequent Impulse Firing	Technologia palnika impulsowego sekwencyjnego do pieców grzewczych

### **Skróty dotyczące rodzaju linii trawialniczej**

<b>Skróty</b>	<b>Rodzaj linii trawialniczej</b>
pul psh	linia typu push pull
cont.	wytrawianie ciągle
batch	wytrawianie partiami

### **Skróty stosowane do rodzajów systemów regeneracji kwasów**

<b>Skrót</b>	<b>Systemy regeneracji kwasów</b>
Flu Bed	Reaktor ze złożem fluidalnym
Spray Roast	Prażenie natryskowe
Cryst	Krystalizacja
Ion Exch	Wymiana jonowa
Diff Dial	Dializa dyfuzyjna
Evap	Odparowanie
Neutr	Neutralizacja
Retard	Retardacja
El Oxid	Utlenianie elektrolityczne
El Fe Precip	Strącanie elektrolityczne Fe
Chem Oxid	Utlenianie chemiczne

Precip Solv	Strącanie za pomocą rozpuszczalników
-------------	--------------------------------------

### Skróty stosowane dla rodzajów zbiorników na rysunkach dotyczących wytrawiania

Skróty	Rodzaj zbiorników
deep	zbiorniki głębokie
shall	zbiorniki płytkie
turb	zbiorniki turbulencyjne
trbfl	zbiorniki turboprzepływowe

### Skróty stosowane do smarowania i natłuszczenia

Skróty	Rodzaj smarowania/natłuszczenia w walcowaniu
Dir App	nanoszenie bezpośrednie
Em Rec	recyrkulacja emulsji
Pur Oil Rec	recyrkulacja czystego oleju
E static	elektrostatyczne
Spray	natłuszczenie natryskowe
Rolls	smarownice rolkowe
Other	Inne
None	Brak

### Skróty stosowane w technikach zilustrowanych na rysunkach dotyczących walcowania na zimno

Skróty	Sprzęt związany z emisją
Decoiler D Red	Redukcja emisji pyłu w rozwijarkach
Pickl Emission Control/collection	Kontrola/zbieranie emisji z wytrawiania
Wet ESP	Elektrofiltr mokry
Regen/Recup burners	Nagrzewania powietrza spalania/stosowanie palników regeneracyjnych lub rekuperacyjnych do pieca do wyżarzania
Acid gas Abate	Ograniczanie ilości gazów kwaśnych
External FGR	Zewnętrzna recyrkulacja spalin (FGR)
Closed Tank EGS	Redukcja emisji z wytrawiania/Zamknięte zbiorniki do wytrawiania HCl i H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> z oczyszczaniem gazów odlotowych
Closed Mix Acid EGS	Redukcja emisji z wytrawiania/Zamknięte zbiorniki do wytrawiania mieszaniną kwasów z oczyszczaniem gazów odlotowych
Oil Mist Abate	Wychwytywanie i ograniczanie ilości mgły olejowej z natłuszczenia
Oil Mist Separation	Odciąg emisji mgły olejowej i rozdzielanie oleju
Oil Mist & Dust Red	Redukcja mgły olejowej i pyłu

### Skróty stosowane do rodzajów usuwania zgorzeliny na rysunkach dotyczących ciągnięcia drutu

Skróty	Rodzaj usuwania zgorzeliny
Chem	chemiczne (wytrawianie)
Mech	mechaniczne

### Skróty stosowane do rysunków dotyczących procesów w cynkowaniu ogniowym

Skróty	Proces
SC-Heat	Cynkowanie blach arkuszowych – obróbka cieplna przed zanurzeniem
SC-Galva	Cynkowanie blach arkuszowych – cynkowanie z wyżarzaniem
WC-Kettle	Cynkowanie drutu - nagrzewanie wanny cynkowniczej

### Skróty stosowane do sprzętu związanego z emisją na rysunkach dotyczących cynkowania ogniowego

Skrót	Sprzęt związany z emisją
Ann f	Piec do wyżarzania
Preh. Sec	Sekcja nagrzewania
HTF	Piec do obróbki cieplnej
All zones	Łączna emisja ze wszystkich stref
Ann. Sec	Sekcja wyżarzania
HTbd	Obróbka cieplna przed zanurzeniem
F	Piec (wentylator zwany four coté Meuse)
Galv f	Piec do cynkowania z wyżarzaniem
Preh. F/NOF	Wstęp grzewczy / nieutleniający
RTF	Piec promiennikowy
Preh. FDF	Piec grzewczy z płomieniem bezpośrednim

## VI. Skróty stosowane na rysunkach dotyczących emisji do wody

### Skróty dotyczące pochodzenia strumieni

Skróty	Pochodzenie strumienia
NT	Ścieki nie są oczyszczane w zakładzie FMP przed wprowadzeniem do wspólnej WWTP (gdy N jest powtarzane, do oczyszczalni wprowadzane są dodatkowe strumienie ścieków nieoczyszczonych).
T	Ścieki są podczyszczane w zakładzie FMP przed wprowadzeniem do wspólnej WWTP (gdy T jest powtarzane, do oczyszczalni wprowadzane są dodatkowe strumienie ścieków oczyszczonych)
WWP	Oczyszczalnia ścieków
HDC	Cynkowanie ogniowe
WD	Ciągnięcie drutu
CR	Walcowanie na zimno
HR	Walcowanie na gorąco

## LITERATURA

- [1] ABAG (Magdalena Sordo, Dominik Toussaint), Vermeidung von Abfällen durch abfallarme Produktionsverfahren – Feuerverzinkereien, 1993.
- [2] ABAG (P. Kunz), Reststoffvermeidung durch ein biologisches Entfettungsspülbad in einer Feuerverzinkerei, 1996.
- [3] ABAG (Toussaint, D.; Rotter, S.), Aufbereitung von Altfluxen aus Feuerverzinkereien, 1995.
- [4] www.algoma.com, Direct Strip Production Complex (DSPC), 1998.
- [5] Beddows & Company, The EU Cold Rolled Strip Industry, 1995.
- [6] N.V. Bekaert S.A., Company Information on Wire Technology, 1994.
- [7] Bert Gielen, Bekaert, Short Description of processes in Wire Industry, 1998.
- [8] Prof. Dr. Schwandtner, "Abwasserbehandlung (Stand Mai 1990) Badische Stahlwerke Aktiengesellschaft", 1990.
- [9] Centro de Estudios y Asesoramiento Metalúrgico, La fabricación de tubos de acero en la Comunidad (Steel Tube Production in the Community), 1995.
- [10] Comité Européen de la Tréfilerie, The European steel wire-drawing industry: Description, 1998.
- [11] B. Gielen, Bekaert, informacja techniczna, 1998.
- [14] G. Choice, N. Barr, A continuous electrolytic preflux treatment unit, 1998.
- [15] CITEPA, Technical Note on BAT to reduce emissions of pollutants into the air from hot and cold rolling mills in iron and steel industry, 1994.
- [16] AT, Członek TWG, Uwagi do 1. projektu FMP z Austrii ", 1999.
- [17] AT, Członek TWG, Uwagi do 2. projektu FMP z Austrii ", 2000.
- [18] BE, Członek TWG, Uwagi do 2. projektu FMP z Belgii ", 2000.
- [19] B. Gielen, Uwagi do 1. projektu FMP z Bert Gielen", 1999.
- [20] B. Gielen, Uwagi do 2. projektu FMP z Bert Gielen", 2000.
- [21] B. Gielen, Uwagi do 1. projektu FMP z Bert Gielen, dodatkowe", 1999.
- [22] B. Gielen, Uwagi do 1. projektu FMP z Bert Gielen, dodatkowe", 1999.
- [23] Continuous Coating Shadow Group, Uwagi do 1. projektu FMP z Continuous Coating Shadow Group", 1999.

- [24] Continuous Coating Shadow Group, Uwagi do 2. projektu FMP z Continuous Coating Shadow Group", 2000.
- [25] Cold Rolling Shadow Group, Uwagi do 1. projektu FMP z Cold Rolling Shadow Group", 1999.
- [26] Cold Rolling Shadow Group, Uwagi do 2. projektu FMP z Cold Rolling Shadow Group", 2000.
- [27] DE, Członek TWG, Uwagi do 1. projektu FMP z Niemiec", 1999.
- [28] DE, Członek TWG, Uwagi do 2. projektu FMP z Niemiec", 2000.
- [29] ES, Członek TWG, Uwagi do 1. projektu FMP z Hiszpanii", 1999.
- [30] J. Schultes, R. Degel, Moderne Prozeßroute zur Erzeugung neuer Flachprodukte (Vortrag 23), 1997.
- [31] CC shadow group EUROFER, Input from CC-Shadow Group, 1999.
- [32] DK, Członek TWG, Uwagi do 1. projektu FMP z Danii", 1999.
- [33] EGGA,] Uwagi do 1. projektu FMP z EGGA", 1999.
- [34] EGGA, Uwagi do 2. projektu FMP z EGGA", 2000.
- [35] FI, Członek TWG, Uwagi do 2. projektu FMP z Finlandii", 2000.
- [36] Hot Rolling Shadow Group, Uwagi do 1. projektu FMP z Hot Rolling Shadow Group", 1999.
- [37] Hot Rolling Shadow Group, Uwagi do 2. projektu FMP z Hot Rolling Shadow Group", 2000.
- [38] IT, Członek TWG, Uwagi do 1. projektu FMP z Włoch", 1999.
- [39] Karner, Uwagi do 1. projektu FMP z Karner", 1999.
- [40] NL, Członek TWG, Uwagi do 1. projektu FMP z Niderlandó•", 1999.
- [41] UK, Członek TWG, Uwagi do 1. projektu FMP ze Zjednoczonego Królestwa", 1999.
- [42] UK Galvanisers, Uwagi do 2. projektu FMP z UK Galvanisers", 2000.
- [43] VDMA, Uwagi do 1. projektu FMP z VDMA", 1999.
- [44] Corus, Komunikat personalny Corus", 1998.
- [45] B. Cullivan, Zero Discharge Yields Enchanced Production", 1997.
- [46] Duńska Agencja Ochrony Środowiska, "Personal Information from the Danish EPA on EU BAT for Ferrous Metal Processing", 1998.
- [47] Dr. Ing. E. Dammann, Anlagen nach dem Stand der Technik für die Prozeßwasserbehandlung in Warmwalzwerken

und Stranggießanlagen, 1994.

- [48] Lordo, W., Danieli Wean, Flexible Hot Dip Galvanizing with In-line Pickling Process for Evolving Markets, 1997.
- [49] Rentz, O.; Püchert, H.; Penkuhn, T.; Spengler, T., "Stoffstrommanagement in der Eisen- und Stahlindustrie (Material Flow Management in the Iron and Steel Industry)", 1996.
- [50] Rentz, O., BAT in the German Ferrous Metals Rolling Industry (Chapters 1-3), 1998.
- [51] Rentz, O., BAT in the German Ferrous Metals Rolling Industry Final, 1999.
- [52] DK, Członek TWG, Komunikat personalny DK", 1999.
- [53] Duńska Agencja Ochrony Środowiska, Batch Hot-dip Coating of Fabricated Steel Products (BAT-note)", 1993.
- [55] EC Haskoning, Techno-economic Study on the Reduction Measures, Based on Best Available Technologies, of Water Discharges and Waste Generation from Primary and Secondary Iron and Steel Industry, 1993.
- [56] C. Roederer and L. Gourtsoyannis, "[EC Study] Coordinated study - Steel- Environment, 1996.
- [58] European General Galvanisers Association, Briefing note on General Galvanising industry", 1998.
- [59] European General Galvanisers Association, EGGA, General Assembly 98, Gothenburg, Sweden", 1998.
- [60] EGGA, Komunikat personalny EGGA", 1999.
- [61] EGGA, Komunikat personalny EGGA", 1999.
- [63] European Coal and Steel Community (ECSC), "[EGKS95] ECSC Investments", 1996.
- [64] El-Hindi, L., "[El-Hindi] A study in Waste Minimization Techniques for Modern Wire and Cable Facilities (Abstract)", 1999.
- [65] US EPA, "[EPA-453] National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Steel Pickling – HCl Process Facilities and Hydrochloric Acid Regeneration Plants – Background Information for Promulgated Standards, 1998.
- [66] ERM-Environmental Resources Management, ERM-Environmental Resources Management, 1995, Reference 1658 Technical Note on BAT to Reduce Emissions of Pollutants into the Air from the Coating of Steel Coil", 1995.
- [68] Stone, J., The Whys and Hows of Pickle Line Fume Scrubbers", 1998.
- [69] Stone, J., The Whys and Hows of Hydrochloric Acid Pickling", 1997.

- [70] Kirk, J., Hot charging practice for continuous steel reheating furnaces, 1995.
- [71] ETSU, Oxygen trim on a steel reheat furnace", 1995.
- [73] ETSU, Continuous Steel Reheating Furnaces: Specification, Design and Equipment", 1993.
- [74] ETSU, Continuous Steel Reheating Furnaces: Operation and Maintenance", 1993.
- [75] ETSU, NOx Reduction Technology for Steel Reheating and Heat Treatment Furnaces", 1996.
- [77] FI, Członek TWG, Uwagi do 1. projektu FMP z Finlandii", 1999.
- [78] Wedge Group, Uwagi do 2. projektu FMP z Wedge Group", 2000.
- [79] EUROFER, Komunikat personalny EUROFER, 1999.
- [80] EUROFER, Komunikat personalny EUROFER, 1999.
- [82] EUROFER, Komunikat personalny EUROFER, 1999.
- [83] EUROFER, Komunikat personalny EUROFER, 1999.
- [85] EUROFER, Task Group Coating, Technical note on the BAT to the Integrated Pollution Prevention and Control. Draft: Coating of Steel Coil Hot Dip Process, 1998.
- [86] EUROFER, Task Group Cold Rolling, Technical note on the BAT to the Integrated Pollution Prevention and Control. Draft: Cold Rolling Mill, 1998.
- [87] EUROFER, EUROFER, Task Group Hot Rolling, Technical note on the BAT to the Integrated Pollution Prevention and Control. Draft: Hot Rolling Mill, 1998.
- [88] EUROSTAT, The Iron and Steelworks Plants in the European Union, 1993.
- [89] EuroStrategy Consultants, The Community Wiredrawing Industry (Final Report), 1995.
- [90] Fichtner, Hessisches Vollzugs-programm zur durchführung des restoffvermeidungs- und -verwertungsgebotes nach 5-1-3 bimschg, 1994.
- [91] FI, Członek TWG, Komunikat personalny Finlandii, 1998.
- [93] UK, EA, [FMP 012] Chief Inspector, Guidance to Inspectors, Process Guidance Note IPR 4/11 (Processes for the Manufacture or recovery of Nitric Acid and Processes Involving the Manufacture or Release of Acid-Forming Oxides of Nitrogen), 1993.
- [94] Riekehof, W. (Hosokawa Mikropul GmbH), Emission control of air



- pollutants in Hot Dip Galvanizing Plants, 1994.
- [95] Hageböling, V., (Radebeul Galvanizers), Zinkopal - A new dimension in corrosion protection for small parts, 1997.
- [96] Fundación Entorno, Instalaciones para la transformación de metales ferrosos (epígrafe 2.3c), 1999.
- [98] (HMIP) Davy Consultants, Davy Energy and Environmental, Ashmore House, Stockton-On-Tees, Pollution Control for Casting and Shaping Iron and Steel, Ferrous and Special Alloys, 1993.
- [99] (HMIP) Davies, R.M.; Sykes, J.; Williamms, D.R., The Control of the Emissions of Oxides of Nitrogen from Certain Combustion Processes, 1995.
- [100] EUROFER, Task Group Cold Rolling, Technical note on the BAT to the Integrated Pollution Prevention and Control. Draft: Hot Rolling Mill, Chapter 2, 1998.
- [103] Van Roosbroeck, Daniël, 1999.
- [104] Karner, W.; Hofkirchner, W., Modern Pickling and Acid Regeneration Technology, 1996.
- [105] Pengidore, A; Cserr, G. Jr, Chemical Pickling Process at Alleghy Ludlum n. 91 Wyżarzanie and Pickling Line, 1996.
- [106] Pempera, F.G.; Frommann, K., Turbulence Pickling Technology for Carbon Steel and Stainless Steel Strip (abstract), 1994.
- [107] Anstots, T.; Giesa, D.; Spieckermann, K.; Wuppermann, C.D, The New Wyżarzanie and Pickling Line for the Wide Stainless Strip in the Krefeld Works of Thyssen Stahl AG, 1994.
- [108] Brimacombe, J.K.; Smarasekera, I.V., The challenges of thin slab casting, 1996.
- [110] Komunikat personalny Oekopol, 1999.
- [111] A. Deutsche, OSMOTA Membrantechnik GmbH, Germany, Difussion Dialysis - An Economical Technology for Recovery of Acids From Pickling Processes, 1993.
- [113] Piatkiewicz 1999], Piatkiewicz, Komunikat personalny Galvanizers Association (Mr. Piatkiewicz), 1999.
- [114] R. Rituper, High-Performance Effluent-free Pickling Plants with Fluid Bed Hydrochloric Acid Regeneration, 1995.
- [115] Dr. R. Rituper, Beizen von Metallen (Schriftenreihe Galvanotechnik), 1993.
- [116] SIDMAR, Komunikat personalny SIDMAR, 1999.
- [117] W.J.A.M. Sprang, Bammens Groep BV, Netherlands. New Separation

- Technikas for Galvanising Plants, 1997.
- [118] G. Andersson, [SSAB] Pollution Prevention in the Hot Strip Mill, 1995
- [119] Wirtschaftsvereinigung Stahl, Statistical Year-book of the Steel Industry 1997, 1997.
- [120] Neil Stone, Economical fume control in pickle house, 1998.
- [122] Maximilian Zur; Gerhard Reimann, Anwendung von Zweistoff-Filtern zur Kreislauf- Wasserbehandlung in einem Warmbreitbandwalzwerk, 1976.
- [123] E. Dammann; R. Uphoff; J. Kucera, Belüftete Feinzunderfäzür Behandlung von Prozeß- wasser aus Stranggießanlagen und Warmwalzwerken, 1994.
- [124] J. Arnold; D. Gante; G.W. Hoffmann; O. Meyer, Strategie und Anlagentechnik der Energiewirtschaft der Preussag Stahl AG, 1993.
- [125] R. Klose; R. Uphoff; J. Kucera, De-oiling of millscale sludge by a wet-mechanical procedure, 1994.
- [126] J. Szekey, G. Trapagada, Zukunftsperspektiven fuer neue Technologien in der Stahlindustrie, 1994.
- [127] S. Grobe; P. Jakobshagen; W. Schupe, Einsatz von Optimierungsrechnern an den Erwärmungsanlagen eines Rohrwalzwerkes, 1996.
- [128] F.T. Münch, Leistungssteigerung und Einsparung von Wärmeenergie bei der Warmbandherstellung, 1997.
- [129] Claus Hendricks; Horst Michael Aichinger; Michael Joksch; Hans Peter Domels, Energieaspekte und gegenwärtiger Verbrauch an Energierohstoffen der Weltstahlerzeugung, 1998.
- [130] B.Eng. M. Albedyhl; C.Klinkenberg; h. Langner; H. Pircher; K. Wünnenberg, Werkstoffliche Aspekte des Dünnbrammengießens, 1998.
- [131] M. Wallin; B.Schlittler, 1996. Novel Technikas for the reclamation of Water and Scale-products in Steel Mill Operations.
- [132] Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie-Leipzig, Vortrag anlässlich der Mitgliederversammlung des Industrieverbands Feuerverzinken am 1997, 1990.
- [133] W. Theobald, Hintergrundpapier zum Anhang 24 (Anforderungen an die Eisen- und Stahlindustrie) zur Rahmen-Abwasserverordnung nach § 7a Wasserhaushaltsgesetz, 1997.
- [134] Dietrich Hähn, Entwicklung einer fortshcrittlichen Minderungs-technologie zur Lufteinhaltung an einer Feuer-verzinkungsanlage, 1983.

- [135] W. Ackermann; a-a. Kaskas, Altanlgenprogramm des Bundesministers des Innern Verminderung der Emissionen einer Feuerverzinkungsanlage für Fertigtelle", 1987.
- [137] G. Batisch, Klöckner Stahl GmbH, Bremen, Investitionen zur Verminderung von Umweltbelastungen Programm des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit", 1996.
- [138] Andrew Bond, Environmental Agency, British Steel Hot Dipped Tinning Process, Brierley Hill, West Midlands, 1998.
- [139] Ullmann's, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 5. Edition Steel", 1994.
- [141] Vanroosbroeck, Komunikat personalny Vanroosbroeck, 1999.
- [142] Verein Deutscher Ingenieure, - Richtlinie 2579 Emission Control Hot-Dip Zinc Galvanising Plants", 2008.
- [143] Vercaemst, Komunikat personalny Vercaemst, 1999.
- [146] K. Welzel, Maßnahmen zur Emissionsminderung bei Feuerverzinkungsanlagen, 1979.
- [147] N. J. Sanders, Hydrogen peroxide technology for NO<sub>x</sub> suppression and nitric acid-free pickling of stainless steel wire and wire production, 1997.
- [148] R. Woll, ZF-Getriebe GmbH, Betriebsinterne Entsorgung von Hüblschmieremulsionen Durch Kombination von Organischer Vorspaltung und Mehrstufiger Membrantechnik - Abwasserfrei und Abfallminimiert, 1995.
- [150] FMP TWG, proces gromadzenia danych dotyczący FMP, 2018 r.
- [153] EUROFER, Dane techniczne EUROFER dla HR dotyczące: 1) stosowanych procesów i technik, 2) bieżącego zużycia i poziomów emisji, 2019.
- [154] EUROFER, [EUROFER C&E CR 20-2-2019] Bieżące zużycie i poziomy emisji – CR -CR, 2019.
- [155] A. Abuelnor, M.A. Wahid, M. Osman, 2014. Characterisation of a low NO<sub>x</sub> Spalanie bezpłomieniowe burner using natural gas Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering) 66:2, 121-125.
- [156] Agrawal, A., Sahu, K., K., 2009. An overview of the recovery of acid from spent acidic solutions from steel and electroplating industries. Journal of Hazardous Materials 171, 61-75.
- [157] Ammerling, W.J., 2005. Implementation of a new 3-roll reducing and sizing block in a wire rod and bar mill. In Millenium Steel – Hot Rolling, 215-219.
- [158] Campana, F., Bianchi, M., Branchini, L., De Pascale, A., Peretto, A., Baresi, M., Fermi, A., Rossetti, N., Vescoso, R., 2013. ORC waste heat recovery in European energy intensive industries: Energy and GHG savings. Energy Conversion and Management 76, 244-252.
- [159] Curry, D., 2011. The basics of pulse firing. In Industrial Heating – Industrial Gases / Combustion. wyd. październik 2011 r.

- [160] Dahlgren, L., 2010. Treatment of spent pickling acid from stainless steel production: a review of regeneration technologies with focus on the neutralisation process for implementation in Chinese Industry. Master of Science Thesis – Royal Institute of Technology – Sztokholm - ISSN 1402-7615.
- [161] De Mello, J.D.B., Goncalves, J.L., Costa, H.L., 2013. Influence of surface texturing and hard chromium coating on the wear of steels used in cold rolling mill rolls. *Wear* 302, 1295-1309.
- [162] Dustou, B., Latapie, L., Chauvet, F., Bergerat, J.M., Tzedakis, T., 2017. Analytical method to monitor industrial pickling baths initially constituted by HF, HNO<sub>3</sub>. *Journal of Analytical Sciences, Methods and Instrumentation* 7, 116-135.
- [163] Foresti, A., Archetti, A., 2016. Organic Rankine Cycle (ORC) waste heat recovery system at rolling mill reheating furnace. In *Proceedings of the 11th European Steelmaking Conference – 25th – 27th May*.
- [164] Gorbunov, A.V., Belov, V.K., Begletsov, D.O., 2009. Texturing or rollers for the production of auto-industry sheet, *Steel in Translation* 39, 696-699.
- [165] Hnizdil, M., Chabicovsky, M., 2018. Experimental study of in-line treatment of 1.0577 structural steel. *Procedia Manufacturing* 15, 1596-1603.
- [166] Hoedl, H., Wimmer, F., Mayrhofer, K.F., 2003. VAI beam-blank casting technology – Fundamentals and examples of plant installations. *Nota tecnica 2003 – La Metalurgia Italiana*, 63-66.
- [167] Holz, R., Hoen, K., Weiss, K., 2010. Advanced technology in skin-pass rolling. *Millenium Steel – Finishing Processes*, 129-133.
- [168] Ipek, N., Hol, B., Pettersson, R., Runnsjo, G., Karlsson, M., 2005. Electrolytic pickling of duplex stainless steel. *Materials and Corrosion* 56, 521-532.
- [169] *Iron and Steel Today*, 2008. Wide-ranging benefits of flameless oxyfuel combustion. *Artykuł opublikowany w czerwcu/lipcu 2008 r.*, 17-18.
- [170] Schéele, J.V., 2010. *Oxyfuel Combustion in the Steel Industry: Energy Efficiency and Decrease of CO<sub>2</sub> Emissions*. Jenny Palm (Ed.) ISBN: 978-953-307-137-4.
- [171] Kladnig, W.F., 2008. New development of acid regeneration in steel pickling plants. *Journal of Iron and Steel Research* 15(4), 1-6.
- [172] Kotrbacek, P., Horsky, M., Pohanka, M., 2006. Experimental study of heat transfer in hot rolling. *Revue de Metallurgie* ISBN: 2-911212-05-3.
- [173] Lantz M., Hassenzahl D., Lugnet A., Moroz G., Carlsson A., 2009. 25 % increased reheating throughput and 50 % reduced fuel consumption

- by flameless oxyfuel at ArcelorMittal Shelby - Tubular Products, Ohio. Iron and Steel Technology – September Issue, 29-36.
- [174] Lindfors, N.O., Kostamo, P., 2006. BAT examples from the Nordic iron and steel industry.
- [175] Luo, J., Wu, C., Xu, T., Wu, Y., 2011. Diffusion dialysis-concept, principle and applications. Journal of Membrane Science 366, 1-16.
- [176] Niemi T., Paatalo J., Engdahl J., Lugnet A., Ritzen O., 2013. Experiences from oxygen lancing in slab reheating. In Proceedings of the Swedish Flame Days 2013 – International Flame Research Foundation, 1-10.
- [177] Scheuermann, W., Boing, D., Witter, P., Bock, M., Bovalina, T., 1995. New developments in hydrogen wyżarzanie of steel coils. MPT International 2 – Heat Treatment, 90-98.
- [178] Schneiker, T., Lille, S., Strandberg, P., 2008. Hydrofluss - Recycled Hazardous waste. In Proceedings of the International Conference on Process Development in Iron and Steel Industry 3, 539-546.
- [179] Seki, R., Nakajima, K., Hasegawa, K., Yoshimura, K., 2007. Making to high performance and productivity improvement of steel bar and wire rod rolling process. Nippon Steel Technical Report n. 96 – July, 21-28.
- [180] Wendt, P., Gerwin, F., Maschler, F., Freber, G., Meyer, H., Bothen, S., 2015. Modernisation of existing industrial furnace plants. Heat Processing – February – Heat Treatment Reports, 81-90.
- [181] Wong, E., 2013. Organic Rankine Cycle (ORC) waste heat recovery system at rolling mill reheating furnace. Prezentacja podczas National Energy Efficiency Conference, 9-10 października, Singapur.
- [182] World Patent, Method in Connection with Steel Production. Patent globalny nr WO2005/098054, 2005.
- [183] Worrell, E., Blinde, P., Neelis, M., Blomen, E., Masanet, E., October 2010. Energy efficiency improvement and cost saving opportunities for the US Iron and Steel Industry  
- An Energy Star® guide for energy and plant managers.
- [184] EUROFER, wkład do Projektu 1 - propozycja ocenionych technik kandydackich BAT (23-7-2018), 2018.
- [185] EUROFER, wkład do Projektu 1. Bieżące zużycie i poziomy emisji – HDC, 2019.
- [186] EUROFER, EUROFER, wkład do Projektu 1 - propozycja ocenionych technik kandydackich BAT, 10- 7-2018.
- [187] EUROFER, EUROFER, wkład do Projektu 1 - propozycja ocenionych technik kandydackich BAT, 19- 6-2017.
- [188] EUROFER, EUROFER, wkład do Projektu 1 - propozycja ocenionych

technik kandydackich BAT, 31- 5-2017.

- [189] EUROFER, EUROFER, wkład do Projektu 1 - propozycja ocenionych technik kandydackich BAT, 31- 3-2017.
- [190] Austria, Członek TWG, Austria, wkład do Projektu 1 - propozycja ocenionych technik kandydackich BAT, 31-5-2017.
- [191] Włochy, Członek TWG, Włochy, wkład do Projektu 1 - propozycja ocenionych technik kandydackich BAT, 18-4-2017.
- [192] DE, Członek TWG, Propozycja nowych technik kandydackich BAT dla cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego): zamknięta sekcja wstępnego oczyszczania z odciąganiem powietrza i oczyszczaniem płuczką mokrą, 2019.
- [193] EUROFER, Uwagi do kluczowych tematów dla FMP omawianych podczas II warsztatów danych , 2019.
- [194] Komisja Europejska, JRC IPTS EIPPCB - R. Remus, M.A. Aguado Monsonet, S. Roudier, L. Delgado Sancho, Dokument referencyjny dotyczący najlepszych dostępnych technik (BAT) w zakresie produkcji stali i stopów żelaza (IS BREF), 2013.
- [195] Komisja Europejska, JRC EIPPCB, Dokument referencyjny w sprawie najlepszych dostępnych technik (BAT) dla dużych obiektów energetycznego spalania (LCP BREF), 2017.
- [196] Komisja Europejska, JRC Seville EIPPCB - G. Cusano, M. Rodrigo Gonzalo, F. Farrell, R. Remus, S. Roudier, L. Delgado Sancho, Dokument referencyjny dotyczący najlepszych dostępnych technik (BAT) dla przemysłu metali nieżelaznych (NFM BREF), 2017.
- [197] Badische Stahlwerke GmbH – Deklaracja środowiskowa - 2017.
- [198] M. Schmidt, 2016. ORC power plants recover waste heat and help to improve energy efficiency of steel mills. MPT International 3, 56-58.
- [199] Zwickel, P. Wendt, H. Witke, 2015. The world's first batch annealing plant with fully automatic crane operation ensures optimal use of energy. MPT International 3, 136-141.
- [200] EUROFER, 2019. Dodatkowe uwagi dotyczące nagrzewania NO<sub>x</sub> i powietrza w wyżarzaniu partiami.
- [201] P. Niemela, H. Krogerus, P. Oikarinen, 2004. Formation, characteristics and utilisation of CO-rich gas formed in ferrochromium smelting. In Proceedings of the 10th International Ferroalloys Congress, 1-4 stycznia 2004 r., Cape Town.
- [202] B. Bos, K. Willems, M. Hoglinger, K. Janhofer, A. Kemmer, 2006. Operational experience of coupled pickling lines / tandem cold rolling mills. Stahl und Eisen 126 (5).
- [203] International Lead Zinc Research Organisation (ILZRO) 2003. The role of aluminium in continuous hot-dip galvanising. Galv. Infonote n. 10.

- [204] G. W. Dallin. Galvanising 2015. Continuous hot dip galvanising – Process and Products.
- [205] O. Strehlau, 2006. Introducing cold pilger mill technology. An overview of the equipment and the process. The Tube and Pipe Journal – July Issue.
- [206] EUROFER, 2019. Wkład EUROFER po drugich warsztatach oceniających dane FMP.
- [207] Dane przekazane przez Szwecję, 2019. Opis procesów stosowanych w przemyśle FMP: walcowanie pierścieni na gorąco i pielgrzymowanie na zimno.
- [208] Uwagi przedłożone przez TWG w sprawie projektu zmienionych BREF FMP, 2019.
- [209] Dane przekazane przez Belgię, L. Van Den Abeele, 2017. Stosowanie boraksu w procesie ciągnięcia drutu.
- [210] IT, 30-05-2019. Komunikat personalny, Korelacja pomiędzy stężeniami emisji NO<sub>x</sub> i temperaturą nagrzewanego powietrza spalania.
- [211] B., Nyman, T., Koivunen. The Outokumpu process for pickling acid recovery, Iron Control in Hydrometallurgy, Toronto, 19 - 22 Oct 1986, p 519-536, John Wiley & Sons.
- [212] M. Dinter, M. Dubke, K. Hüttenbräucker, R. Schönenberg, 2006. Optimisation of the Chemcoater process to passivate galvanised steel strip in galvanising line no. 8 of ThyssenKrupp Steel AG. La Revue Metallurgie-CIT, September.
- [213] Strona internetowa Międzynarodowego Forum Akredytacyjnego (<https://www.iaf.nu/>)
- [214] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1221/2009 z dnia 25 listopada 2009 r. w sprawie dobrowolnego udziału organizacji w systemie ekozarządzania i audytu we Wspólnocie (EMAS), uchylające rozporządzenie (WE) nr 761/2001 oraz decyzje Komisji 2001/681/WE i 2006/193/WE.
- [215] Strona EMAS Komisji Europejskiej (<https://ec.europa.eu/environment/emas/>)
- [216] DE, 2020. Dodatkowe informacje i uwagi dot. BAT 13 (Tabela 9.1) – przedłożona przez DE w dniu 07/11/2020 r.
- [217] CEN, 2015. EN ISO 14001:2015 Systemy zarządzania środowiskowego – Wymagania i wytyczne stosowania.
- [218] EUROFER, 2020. EUROFER comments on the revised FMP BREF D1 (październik 2020 r.).
- [219] C. Brown, 1999. Mixed acid recovery with the APU<sup>TM</sup> acid sorption system. Eco-Tec Technical Paper 147.
- [220] A. Thuau, 2020. Komunikat personalny EUROFER – 20 maja 2020 r.
- [221] ArcelorMittal Kessales, informacja prasowa – New Jet Vapour

Deposition production line, 2017.

- [222] EUROFER, 2020. Techniki kandydackie BAT przedłożone w dniu 20/03/2020 r.
- [223] E. Kordzadeh, 2016. An introduction to thin slab technologies.
- [224] EUROFER, 2021. Informacje EUROFER dotyczące zmienionego Projektu 1 FMP BREF (przedłożono 02/03/2021).
- [225] EUROFER, 2021. Dalsze informacje EUROFER dotyczące decyzji uzgodnionych podczas spotkań online (przedłożono 18/03/2021 r.).
- [226] R. Grommen (Bekaert) - Note received on lead emissions from the use of molten Lead baths for patenting or continuous annealing of steel wires, 06/11/2020.
- [227]
- [228] EGGA, 2021. Komunikat personalny EGGA dotyczący zużycia kwasów i ponownego cynkowania. (przedłożono 03/02/2021 r.).
- [229] AT, 2020. Uwagi dotyczące zużycia energii w procesie walcowania na zimno i cynkowania ogniowego w produkcji gatunków stali o wysokiej wytrzymałości (tj. stali o podwyższonej wytrzymałości i stali elektrycznej). (przedłożono 06/11/2020 r.).
- [230] EUROFER, 2021. Komunikat personalny, EUROFER (A. Thuau). (przedłożono 21/05/2021).
- [231] PT, 2021. Komunikat personalny, Ana Marcao (Portugalia) w sprawie spawania elektrycznego kęsów z wykorzystaniem natrysku wodnego i odiskrownika do ograniczania niezorganizowanej emisji pyłów. (przedłożono 04/01/2021 r.).
- [232] EGGA, 2019. Sprawozdanie statystyczne EGGA za rok 2019 (przedłożono 25/03/2020 r.).
- [233] Załączniki do uwag EUROFER w sprawie wersji przedostatecznej FMP BREF (Alexis Thuau, przedłożono 08/09/2021 r.).
- [234] HAZBREF Work Package 3, Activity 3.2: Methods to include information on hazardous and other substances of concern more systematically in the BREFs, 23.04.2021.
- [235] Uwagi dotyczące wersji przedostatecznej BREF FMP, 08.09.2021.
- [236] Nota EGGA (Murray Cook) dotycząca emisji z kąpeli odtłuszczających w procesie cynkowania ogniowego jednostkowego (zanurzeniowego) (przedłożono 06/11/2020 r.).
- [237] Norma EN 16247-1:2012. Audyty energetyczne – Część 1: Wymagania ogólne.
- [238] Norma ISO 50002:2014. Audyty energetyczne – Wymagania i wytyczne stosowania.
- [239] Dokument referencyjny dotyczący najlepszych dostępnych technik (BAT) w zakresie efektywności energetycznej (ENE BREF), Komisja Europejska, JRC-EIPPCB, 2009
- [240] Thomas Brinkmann, Germán Giner Santonja, Hande Yükseler, Serge Roudier, Luis



Delgado Sancho, Dokument Referencyjny Najlepszych Dostępnych Technik (BAT) dla Wspólnych systemów oczyszczania/zagospodarowania ścieków i gazów odlotowych w sektorze chemicznym (CWW BREF), Komisja Europejska, Wspólne Centrum Badawcze, Sewilla, EUR 28112 EN, doi:10.2791/37535, 2016

- [241] Antoine Pinasseau, Benoit Zerger, Joze Roth, Michele Canova, Serge Roudier, Dokument referencyjny dotyczący najlepszych dostępnych technik (BAT) dla przetwarzania odpadów (WT BREF), 2018 r.
- [242] Thomas Brinkmann, Ralf Both, Bianca Maria Scalet, Serge Roudier, Luis Delgado Sancho, Sprawozdanie referencyjne JRC dotyczące monitorowania emisji do powietrza i wody przez instalacje IED (ROM REF), Komisja Europejska, Wspólne Centrum Badawcze, Sewilla, EUR 29261 EN, doi: 10.2760/344197, 2018