



Dokument referencyjny WCB

Dokument referencyjny dotyczący
najlepszych dostępnych technik (BAT)
w zakresie produkcji żelaza i stali

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

Rainer Remus, Miguel A. Aguado Monsonet,
Serge Roudier, Luis Delgado Sancho
2013



Joint
Research
Centre

Report EUR 25521 EN

Komisja Europejska
Wspólne Centrum Badawcze
Instytut Perspektywicznych Studiów Technologicznych

Dane kontaktowe

Europejskie Biuro IPPC

Adres: Joint Research Centre, Edificio Expo c/ Inca Garcilaso, 3 E-41092 Seville, Spain

E-mail: JRC-IPTS-EIPPCB@ec.europa.eu

Tel.: +34 95 4488 284

Faks: +34 95 4488 426

<http://eippcb.jrc.ec.europa.eu>

<http://ipts.jrc.ec.europa.eu/>

Niniejsza publikacja jest dokumentem referencyjnym Wspólnego Centrum Badawczego Komisji Europejskiej.

Informacje prawne

Na podstawie decyzji Komisji z dnia 12 grudnia 2011 w sprawie ponownego wykorzystywania dokumentów Komisji ([2011/833/UE](#)) niniejszy dokument referencyjny podlega nieodpłatnemu ponownemu wykorzystaniu, z wyjątkiem fragmentów objętych prawami stron trzecich (takich jak rysunki, tabele, dane, materiały pisemne i analogiczne materiały, do których prawa w zakresie dalszego wykorzystania muszą zostać nabyte osobno od odpowiednich właścicieli). Komisja Europejska nie ponosi odpowiedzialności za jakiegokolwiek konsekwencje wynikające z ponownego wykorzystania niniejszej publikacji. W każdym przypadku ponownego wykorzystania należy podać źródło materiałów i nie wolno zmieniać oryginalnego znaczenia lub przesłania.

Europe Direct to serwis, który pomoże Państwu znaleźć odpowiedzi na pytania dotyczące Unii Europejskiej. 00 800 6 7 8 9 10 11

(*) Niektórzy operatorzy telefonów komórkowych nie udostępniają połączeń z numerami 00 800 lub pobierają za nie opłaty.

Bardzo wiele dodatkowych informacji na temat Unii Europejskiej znajduje się w Internecie. Dostęp do nich można uzyskać za pośrednictwem serwera Europa (<http://europa.eu/>).

JRC 69967

EUR 25521 EN

ISBN 978-92-79-26475-7 (pdf)

ISBN 978-92-79-26476-4 (w formie drukowanej)

ISSN 1831-9424 (on-line)

ISSN 1018-5593 (w formie drukowanej)

DOI:10.2791/97469

Luksemburg: Urząd Publikacji Unii Europejskiej, 2013 r.

© Unia Europejska, 2013 r.

Powielanie materiałów jest dozwolone pod warunkiem podania źródła.

Wydrukowano w Hiszpanii.

Dokument referencyjny
dotyczący najlepszych
dostępnych technik (BAT) w
zakresie produkcji żelaza i stali
Dyrektywa 2010/75/UE w sprawie emisji
przemysłowych
Zintegrowane zapobieganie zanieczyszczeniom i
ich kontrola

Autorzy:

Rainer Remus, Miguel A. Aguado Monsonet,
Serge Roudier, Luis Delgado Sancho

2013

EUR 25521 EN

Podziękowania

Niniejszy dokument został opracowany przez europejskie Biuro Zintegrowanego Zapobiegania Zanieczyszczeniom i ich Kontroli (EIPPCB) przy Instytucie Perspektywicznych Studiów Technologicznych (IPST) Wspólnotowego Centrum Badawczego Komisji Europejskiej, pod nadzorem Pana Serge'a Roudiera (Kierownika EIPPC) i Pana Luisa Delgado (kierownika Działu „Zrównowazona Produkcja i Konsumpcja”).

Głównymi autorami niniejszego dokumentu referencyjnego BAT pracującymi w europejskim Biurze IPPC są Rainer Remus oraz Miguel Aguado-Monsonet, który zainicjował prace nad dokumentem.

Niniejszy dokument sporządzono w ramach wdrażania dyrektywy w sprawie emisji przemysłowych (2010/75/UE) i odzwierciedla on wymianę informacji przeprowadzoną zgodnie z art. 13 dyrektywy w sprawie emisji przemysłowych, w odniesieniu do produkcji żelaza i stali.

Największy wkład w zakresie wymiany informacji został wniesiony przez:

- następujące państwa członkowskie: Austrię, Belgię, Czechy, Danię, Finlandię, Francję, Niemcy, Włochy, Luksemburg, Holandię, Polskę, Szwecję i Zjednoczone Królestwo
- Norwegię
- Eurofer, stowarzyszenie branżowe reprezentujące większość europejskich producentów stali
- Ökopol, instytut reprezentujący organizacje pozarządowe działające w zakresie ochrony środowiska.

Informacje były także dostarczane przez niektórych dostawców sprzętu z Niemiec, Włoch i Szwajcarii.

Cały zespół EIPPCB miał swój wkład w opracowywanie niniejszego dokumentu oraz dokonał jego recenzji.

Niniejszy dokument jest jednym z serii przedstawionych poniżej przewidywanych dokumentów (nie wszystkie z poniższych istnieją w trakcie opracowywania niniejszego dokumentu):

Dokument referencyjny dotyczący najlepszych dostępnych technik...	Kod
Przemysł ceramiczny	CER
Wspólne systemy oczyszczania ścieków i gazów odlotowych oraz zarządzanie nimi w sektorze chemicznym	CWW
Emisje z miejsc składowania	EFS
Efektywność energetyczna	ENE
Przemysł przetwórstwa metali żelaznych	FMP
Przemysł spożywczy, napojów i mleczarski	FDM
Przemysłowe systemy chłodzenia	ICS
Intensywny chów drobiu i świń	IRPP
<i>Produkcja żelaza i stali</i>	<i>IS</i>
Duże obiekty energetycznego spalania	LCP
Wielkotonażowa produkcja związków nieorganicznych – amoniaku, kwasów i nawozów sztucznych	LVIC-AAF
Wielkotonażowa produkcja związków nieorganicznych – stałych i innych	LVIC-S
Wielkotonażowa produkcja związków organicznych	LVOC
Gospodarowanie skałą płonną oraz odpadami przerobczymi pochodzącymi z działalności górniczej	MTWR
Przemysł szklarski	GLS
Produkcja związków organicznych głęboko przetworzonych	OFC
Przemysł metali nieżelaznych	NFM
Produkcja cementu, wapna i tlenku magnezu	CLM
Przemysł chloro-alkaliczny	CAK
Produkcja polimerów	POL
Produkcja związków nieorganicznych specjalnego przeznaczenia	SIC
Przemysł celulozowo-papierniczy	PP
Rafinacja olejów mineralnych i gazu	REF
Rzeźnie i przemysł produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego	SA
Kuźnie i odlewnie	SF
Powierzchniowa obróbka metalu i materiałów z tworzyw sztucznych	STM
Obróbka powierzchniowa z wykorzystaniem rozpuszczalników organicznych	STS
Garbowanie skór	TAN
Przemysł tekstylny	TXT
Spalarnie odpadów	WI
Przemysł przetwarzania odpadów	WT
Konserwacja drewna i produktów z drewna produktami chemicznymi	WPC
Produkcja płyt drewnopochodnych	WBP
Dokument referencyjny...	
Ekonomika technik i efekty ich wzajemnych powiązań w odniesieniu do różnych komponentów środowiska	ECM
Ogólne zasady monitoringu	MON

Elektroniczne wersje projektów i końcowych wersji tych dokumentów są publicznie dostępne i mogą być pobrane ze strony: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/>.

WSTĘP

1. Status dokumentu

Jeśli nie określono inaczej, wszystkie odniesienia do dyrektywy znajdującej się w tym dokumencie dotyczą dyrektywy 2010/75/UE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie emisji przemysłowych (zintegrowane zapobieganie zanieczyszczeniom i ich kontrola) (wersja przekształcona).

Oryginalny dokument referencyjny (BREF) dotyczący najlepszych dostępnych technik (BAT) w zakresie produkcji żelaza i stali został przyjęty przez Komisję Europejską w 2001 r. Jego przegląd został zainicjowany w listopadzie 2005 r.

Niniejszy dokument referencyjny BAT dotyczący produkcji żelaza i stali stanowi część serii dokumentów odzwierciedlających wyniki wymiany informacji pomiędzy państwami członkowskimi Unii Europejskiej, zainteresowanymi branżami, organizacjami pozarządowymi promującymi ochronę środowiska i Komisją, przeprowadzonej w celu opracowania, dokonania przeglądu oraz, jeśli wystąpi taka konieczność, aktualizacji dokumentów referencyjnych BAT jak przewidziano w art. 13 ust. 1 dyrektywy. Niniejszy dokument został opublikowany przez Komisję Europejską zgodnie z art. 13 ust. 6 dyrektywy.

Na podstawie art. 13 ust. 5 dyrektywy decyzja wykonawcza Komisji 2012/135/UE ustanawiająca konkluzje dotyczące najlepszych dostępnych technik (BAT) zawartych w rozdziale 9 została przyjęta dnia 28 lutego 2012 r. i opublikowana w dniu 8 marca 2012 r.¹.

2. Uczestnicy wymiany informacji

Zgodnie z wymogami art. 13 ust. 3 dyrektywy w celu promowania wymiany informacji Komisja ustanowiła forum złożone z przedstawicieli państw członkowskich, zainteresowanych branż i organizacji pozarządowych promujących ochronę środowiska (decyzja Komisji z dnia 16 maja 2011 r. ustanawiająca forum wymiany informacji na mocy art. 13 Dyrektywy 2010/75/UE w sprawie emisji przemysłowych (2011/C 146/03), Dz.Urz. C 146 z 17.05.2011, str. 3).

Członkowie Forum wyznaczyli ekspertów technicznych tworzących techniczną grupę roboczą będącą głównym źródłem informacji potrzebnych do przygotowania niniejszego dokumentu. Prace technicznej grupy roboczej były prowadzone przez europejskie Biuro IPPC (Wspólne Centrum Badawcze Komisji).

3. Struktura i treść dokumentu

W niniejszej części opisano rodzaje informacji, które przedstawiono w każdym rozdziale dokumentu.

Rozdział 1 dostarcza informacji na temat sektora żelaza i stali.

Rozdział 2 zawiera informacje i dane na temat ogólnych procesów przemysłowych i technik stosowanych w tym sektorze. Są to zagadnienia horyzontalne lub konkretne działania, które nie odnoszą się do jednego konkretnego działania związanego z żelazem lub stalą.

W rozdziałach 3 i 8 przedstawiono podane poniżej informacje na temat pewnych procesów związanych z żelazem i stalą (procesy zachodzące w spiekalniach, grudkowniach, koksowniach, wielkich piecach, produkcja stali z wykorzystaniem zasadowych konwertorów tlenowych, w tym odlewanie, oraz produkcja i odlewanie stali przy użyciu elektrycznych pieców łukowych). X może być zastąpione odpowiednim numerem rozdziału od 3 do 8:

¹Dz.U. L 70, 8.3.2012, str. 63

- Część X.1 Informacje na temat stosowanych procesów i technik
- Część X.2 Zawiera dane i informacje dotyczące efektywności środowiskowej czynnych (w czasie sporządzania niniejszego dokumentu) instalacji wykorzystywanych w tym sektorze. Wspomniane dane i informacje dotyczą bieżących emisji, zużycia i charakteru surowców, zużycia wody, wykorzystania energii i produkcji odpadów.
- Część X.3 Opisuje bardziej szczegółowo techniki mające na celu zapobieganie lub, jeżeli nie jest to możliwe, zmniejszanie oddziaływania na środowisko instalacji wykorzystywanych w tym sektorze, które uwzględniono przy określaniu BAT. W stosownych przypadkach informacje te obejmują poziomy efektywności środowiskowej (np. poziomy emisji i zużycia), które mogą zostać osiągnięte przy zastosowaniu wymienionych technik, związane z nimi monitorowanie i koszty oraz pozostałe kwestie odnoszące się do wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska związane z powyższymi technikami.

W rozdziale 9 przedstawiono konkluzje odnoszące się do BAT zgodnie z art. 3 ust. 12 dyrektywy.

Rozdział 10 zawiera informacje na temat alternatywnych technik produkcji żelaza, które są już stosowane.

Rozdział 11 przedstawia informacje na temat „nowych technik” określonych w art. 3 ust. 14 dyrektywy.

Uwagi końcowe i zalecenia na przyszłość przedstawiono w rozdziale 12.

4. Źródła informacji na temat BAT

Niniejszy dokument opiera się na informacjach zebranych z wielu źródeł, w szczególności przez techniczną grupę roboczą, którą ustanowiono specjalnie na potrzeby wymiany informacji na mocy art. 13 dyrektywy. Informacje te zostały zebrane i ocenione przez europejskie Biuro IPPC (Wspólne Centrum Badawcze), które prowadziło prace mające na celu określenie BAT kierując się zasadami ekspertyzy technicznej, przejrzystości i neutralności. Jesteśmy bardzo wdzięczni za pracę wykonaną przez techniczną grupę roboczą oraz wszystkich uczestników procesu opracowywania BAT.

Konkluzje dotyczące BAT opracowano w ramach wielokrotnie powtarzanej procedury, na którą składały się następujące etapy:

- określenie kluczowych zagadnień dotyczących ochrony środowiska w sektorze, odnoszących się do dwóch najważniejszych sposobów wytwarzania stali i procesów zachodzących w spiekalniach/ grudkowniach/ koksowniach/ wielkich piecach/zasadowych konwertorach tlenowych oraz elektrycznych piecach łukowych. Głównymi kwestiami wymagającymi podjęcia stosownych działań w odpowiedzi na problemy związane z ochroną środowiska są emisje do atmosfery i zużycie energii;
- zbadanie technik najbardziej odpowiednich z punktu widzenia powyższych kluczowych kwestii;
- określenie najlepszych poziomów efektywności środowiskowej na podstawie danych dostępnych w Unii Europejskiej i na świecie;
- zbadanie warunków, w jakich osiągnięto powyższe poziomy efektywności środowiskowej, takich jak koszty, efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska, a także główne przesłanki przemawiające za wdrożeniem danych technik;
- wybór najlepszych dostępnych technik (BAT), związane z nimi poziomy emisji (i inne poziomy efektywności środowiskowej) oraz ich monitorowanie w przedmiotowym sektorze zgodnie z art. 3 ust. 10 dyrektywy oraz załącznikiem III do dyrektywy.

Kluczową rolę na każdym z tych etapów odgrywała opinia ekspertów z europejskiego Biura IPPC i technicznej grupy roboczej, którzy również odpowiadają za sposób przedstawienia informacji w niniejszym dokumencie.

Dostępne dane ekonomiczne zostały podane wraz z opisem technik prezentowanych w części X.3. Dane te dają ogólne pojęcie na temat wielkości kosztów i korzyści. Jednak rzeczywisty koszt i korzyści wynikające z wdrożenia danej techniki mogą zależeć w znacznym stopniu od konkretnej sytuacji odnoszącej się do danej instalacji, której nie da się ocenić w sposób kompleksowy w niniejszym dokumencie. W przypadku braku danych dotyczących kosztów konkluzje odnoszące się do ekonomicznej użyteczności technik zostały sformułowane na podstawie obserwacji istniejących instalacji.

5. Przegląd dokumentu referencyjnego BAT (BREF)

BAT jest koncepcją dynamiczną, a przegląd BREF jest procesem ciągłym. Opracowane mogą zostać na przykład nowe działania i techniki, nauka i technologie stale się rozwijają, a do przemysłu wprowadzane są, z dobrym skutkiem, nowe procesy. W celu odzwierciedlenia tych zmian i ich konsekwencji dla BAT, niniejszy dokument będzie poddawany okresowym przeglądom i będzie, w razie potrzeby, odpowiednio aktualizowany.

6. Dane kontaktowe

Wszelkie uwagi i sugestie należy kierować do europejskiego Biura IPPC w Instytucie Perspektywicznych Studiów Technologicznych na następujący adres:

European Commission
Institute for Prospective Technological Studies
European IPPC Bureau
Edificio Expo
c/ Inca Garcilaso, 3
E-41092 Seville, Spain
Telefon: +34 95 4488 284
Faks: +34 95 4488 426
E-mail: JRC-IPTS-EIPPCB@ec.europa.eu
Strona internetowa: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu>

SPIS TREŚCI

WSTĘP.....	6
SPIS TREŚCI.....	9
SPIS RYSUNKÓW.....	23
SPIS TABEL.....	30
ZAKRES.....	39
1 INFORMACJE OGÓLNE.....	41
1.1 Produkcja stali w Europie i na świecie.....	41
1.2 Rozmieszczenie geograficzne produkcji żelaza i stali w UE.....	43
1.3 Sytuacja gospodarcza i zatrudnienie w przemyśle hutniczym w UE.....	49
1.4 Produkcja stali.....	50
1.5 Oddziaływanie przemysłu hutniczego na środowisko naturalne.....	55
2 STOSOWANE PROCESY I TECHNIKI.....	65
2.1 Zarządzanie energią w przemyśle stali.....	66
2.1.1 Wykorzystanie przepływu energii i gazu procesowego w hucie zintegrowanej.....	66
2.1.2 Zarządzanie parą i ciepłem w hucie zintegrowanej.....	72
2.1.3 Przepływ energii w wytwarzaniu stali w elektrycznych piecach łukowych (EAF).....	74
2.2 Elektrownie w hutach żelaza i stali.....	75
2.2.1.1 Stosowane procesy i techniki.....	75
2.2.1.2 Aktualne poziomy emisji i zużycia.....	82
2.2.1.2.1 Emisje do powietrza.....	82
2.2.1.2.1.1 Redukcja emisji pyłu.....	82
2.2.1.2.1.2 Redukcja emisji SO ₂	82
2.2.1.2.1.3 Ograniczanie emisji tlenku węgla (CO).....	83
2.2.1.2.1.4 Redukcja emisji NO _x	83
2.3 Zarządzanie materiałami.....	85
2.3.1 Magazynowanie i przygotowanie surowców wsadowych.....	86
2.3.2 Zarządzanie pozostałościami z produkcji.....	90
2.3.2.1 Wewnętrzne zastosowanie pozostałości ze zintegrowanej huty.....	94
2.3.2.2 Zewnętrzne zastosowania pozostałości z huty zintegrowanej.....	96
2.3.2.3 Usuwanie pozostałości ze zintegrowanej huty.....	96
2.4 Gospodarka wodna i wodno-ściekowa.....	97
2.5 Ogólne techniki, które należy uwzględnić przy ustalaniu BAT.....	106
2.5.1 Systemy zarządzania środowiskowego.....	109

2.5.2	Zarządzanie energią.....	112
2.5.2.1	Techniki w celu poprawy efektywności energetycznej	112
2.5.2.2	Techniki optymalizacji procesu wykorzystania gazu	113
2.5.2.3	Techniki w celu zwiększenia odzysku ciepła	114
2.5.2.4	Pompy i wentylatory z regulacją częstotliwości.....	117
2.5.3	Redukcja NO _x w elektrowniach z opalaniem gazem procesowym.....	118
2.5.3.1	Redukcja NO _x przez środki pierwotne	118
2.5.3.2	Wtórne środki ograniczania emisji NO _x	120
2.5.3.2.1	Selektywna redukcja katalityczna (SCR) NO _x	120
2.5.3.2.2	Redukcja NO _x poprzez selektywną redukcję niekatalityczną (SNCR)	123
2.5.4	Zarządzanie materiałami	123
2.5.4.1	Techniki w celu lepszego wykorzystania złomu	123
2.5.4.2	Techniki do redukcji emisji niezorganizowanych pochodzących z przechowywania, przeladunku, transportu i mieszania materiałów	125
2.5.4.3	Techniki ograniczania zanieczyszczeń uwalnianych do wody z obsługi, mieszania i przetwarzania surowców	128
2.5.4.4	Specjalistyczne zakłady recyklingu dla pozostałości bogatych w żelazo.....	129
2.5.4.4.1	Piec szybowy OxyCup®	129
2.5.4.4.2	Proces DK.....	130
2.5.4.4.3	Procesy wytopu redukcyjnego.....	131
2.5.4.4.4	Grudkowanie/brykietowanie na zimno.....	134
2.5.5	Monitorowanie w zakładach produkcji żelaza i stali.....	137
2.5.5.1	Ciągłe monitorowanie parametrów i emisji do atmosfery.....	137
2.5.5.2	Przykłady ciągłego monitorowania zorganizowanych emisji do atmosfery	138
2.5.5.2.1	Ciągłe monitorowanie emisji pyłów z wtórnych układów odpylania w zasadowych konwertorach tlenowych	138
2.5.5.2.2	Ciągłe monitorowanie filtrów workowych za elektrycznym piecem łukowym	140
2.5.5.3	Monitorowanie gazów wytwarzanych w procesie technologicznym	141
2.5.5.4	Nieciągłe monitorowanie skanalizowanych emisji do atmosfery	142
2.5.5.5	Monitorowanie PCDD/F	144
2.5.5.6	Monitorowanie emisji niezorganizowanych i rozproszonych	146
2.5.5.6.1	Pomiary bezpośrednie lub quasi-bezpośrednie.....	146
2.5.5.6.2	Pomiary pośrednie	147
2.5.5.6.3	Obliczanie wielkości emisji za pomocą wskaźników emisji	148
2.5.5.7	Monitorowanie odprowadzania ścieków	149

2.5.6	Redukcja hałasu.....	149
3SPIEKALNIE.....		150
3.1	Stosowane procesy i techniki	150
3.1.1	Cel procesu spiekania.....	150
3.1.2	Mieszanie surowców	150
3.1.3	Działanie taśmy spiekalniczej	153
3.1.4	Sortowanie i chłodzenie gorącego spieku	155
3.2	Aktualne poziomy emisji i zużycia	156
3.2.1	Przegląd przepływu masy oraz dane wejściowe/wyjściowe	156
3.2.2	Kwestie ochrony środowiska w odniesieniu do procesu produkcji spieku	161
3.2.2.1	Emisje do powietrza	161
3.2.2.1.1	Emisje pyłów powstających przy dostarczaniu, kruszeniu, sortowaniu i transporcie wsadu spiekalniczego i spieku;.....	161
3.2.2.1.2	Emisje gazu odlotowego z taśmy spiekalniczej.....	161
3.2.2.1.2.1	Pył.....	162
3.2.2.1.2.2	Metale ciężkie.....	164
3.2.2.1.2.3	Chlorki alkaliczne.....	165
3.2.2.1.2.4	Tlenki siarki (SO _x)	166
3.2.2.1.2.5	Fluorki	169
3.2.2.1.2.6	Tlenki azotu (NO _x).....	170
3.2.2.1.2.7	Pozostałe związki nieorganiczne	171
3.2.2.1.2.8	Węglowodory	171
3.2.2.1.2.9	Polichlorowane dibenzodioksyny/dibenzofurany (PCDD/F).....	172
3.2.2.1.2.10	Polichlorowane bifenylo (PCB).....	176
3.2.2.1.2.11	Inne organohalogenowe związki	178
3.2.2.1.2.12	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA).....	178
3.2.2.1.2.13	Smugi dymu.....	178
3.2.2.1.3	Emisja pyłów przy chłodzeniu spieku	178
3.2.2.2	Ścieki	179
3.2.2.3	Pozostałości procesowe, takie jak odpady i produkty uboczne	179
3.2.2.4	Zużycie energii	180
3.2.2.5	Hałas.....	180
3.3	Techniki uwzględniane w określaniu najlepszych dostępnych technik BAT dla spiekalni	180
3.3.1	Optymalizacja procesu	182

3.3.2	Techniki redukcji emisji do powietrza ze spiekalni	183
3.3.2.1	Nowoczesny filtr elektrostatyczny	183
3.3.2.1.1	Redukcja polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów poprzez filtry elektrostatyczne i dodatki	192
3.3.2.2	Filtr workowy – łączona lub zintegrowana redukcja zanieczyszczeń stałych i gazowych.....	194
3.3.2.3	Cyklony	210
3.3.2.4	Pluczki mokre dokładnego oczyszczania	211
3.3.2.5	Ograniczenie emisji lotnych związków organicznych	215
3.3.2.5.1	Obniżenie zawartości lotnych węglowodorów w nadawie spieku	215
3.3.2.5.2	Spiekanie górnej warstwy.....	217
3.3.2.6	Ograniczanie polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów.....	218
3.3.2.6.1	Ograniczenie tworzenia polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów przez dodanie związków azotu do mieszanki wsadu.....	218
3.3.2.7	Ograniczanie SO ₂	220
3.3.2.7.1	Główne środki ograniczania emisji SO ₂ z procesu spiekania.....	220
3.3.2.7.2	Mokre odsiarczanie	221
3.3.2.7.3	Proces regenerowanego węgla aktywnego (RAC) dla odsiarczania i ograniczania emisji NO _x	226
3.3.2.8	Ograniczanie NO _x	231
3.3.2.8.1	Główne środki ograniczania emisji NO _x	231
3.3.2.8.2	Selektywna redukcja katalityczna (SRK).....	231
3.3.3	Gromadzenie i ograniczanie emisji pyłu ze źródeł wtórnych.....	234
3.3.4	Korzystanie z pozostałości produkcyjnych, takich jak odpady i produkty uboczne w spiekalni	235
3.3.5	Odzysk ciepła w procesie spiekania	237
3.3.5.1	Odzyskiwanie ciepła ze spiekania i chłodzenia spieku	237
3.3.5.2	Częściowy recykling gazu odlotowego	240
3.3.5.2.1	Częściowy recykling gazu odlotowego z całej taśmy	241
3.3.5.2.2	Recykling gazu odlotowego z końca taśmy spiekalniczej w połączeniu z wymianą ciepła.....	245
3.3.5.2.3	Recykling gazu odlotowego z części końca taśmy spiekalniczej i wykorzystanie gazu odlotowego z chłodni spieku	248
3.3.5.2.4	Recykling części gazu odlotowego do innych części taśmy spiekalniczej.....	252
4	GRUDKOWNIE	257
4.1	Stosowane procesy i techniki	257

4.1.1	Mielenie i suszenie / odwadnianie.....	259
4.1.2	Przygotowanie surowych grudek	260
4.1.3	Utwardzanie.....	260
4.1.3.1	Proces rusztu wzdłużnego	260
4.1.3.2	Proces pieca rusztowego.....	263
4.1.4	Sortowanie i transport.....	264
4.2	Obecne poziomy emisji i zużycia.....	264
4.2.1	Schemat strumieni tworzyw i dane dotyczące wejścia/wyjścia	264
4.2.2	Problemy środowiskowe związane z procesem produkcji pelet.....	269
4.2.2.1	Emisje do atmosfery	269
4.2.2.2	Ścieki.....	270
4.2.2.3	Pozostałości po procesie takie jak odpady i produkty uboczne.....	271
4.2.2.4	Zużycie energii	271
4.2.2.5	Hałas.....	271
4.3	Techniki, które należy rozważyć przy określaniu najlepszych dostępnych technik (BAT) dla grudkowni.....	272
4.3.1	Odpylanie elektrostatyczne w kruszarkach (mielenie na sucho).....	273
4.3.2	Osobne lub połączone ograniczanie zanieczyszczeń stałych i gazowych ze strefy suszenia i utwardzania.....	274
4.3.3	Absorber zawiesiny gazu (GSA).....	275
4.3.4	Zintegrowane z procesem produkcji ograniczanie emisji NOx.....	276
4.3.5	Selektywna redukcja katalityczna (SRK).....	278
4.3.6	Oczyszczanie wody z grudkowni	279
4.3.7	Zakład usuwania arsenu	279
4.3.8	Odzysk ciepła jawnego z linii utwardzania	281
5	Koksownie.....	283
5.1	Stosowane procesy i techniki	284
5.1.1	Przeładunek i przeróbka węgla.....	288
5.1.2	Operacje w baterii koksowniczej.....	288
	Komin z opalania baterii	289
5.1.2.1	Załadunek węgla.....	289
5.1.2.2	Ogrzewanie/opalanie komór.....	290
5.1.2.3	Koksowanie	291
5.1.2.4	Wypychanie koksu	293
5.1.2.5	Gaszenie koksu.....	293

5.1.3	Przeładowywanie i przeróbka koksu	294
5.1.4	Oczyszczanie gazu koksowniczego.....	294
5.1.4.1	Odbiór i oczyszczanie gazu koksowniczego (COG) z odzyskiem produktów ubocznych.....	294
5.1.4.2	Chłodzenie gazu	298
5.1.4.3	Odzyskiwanie smoły z gazu koksowniczego.	299
5.1.4.4	Odsiarczanie gazu koksowniczego.....	300
5.1.4.5	Odzyskiwanie amoniaku z gazu koksowniczego.	300
5.1.4.6	Odzysk benzolu z gazu koksowniczego.	301
5.1.5	Przepływy wody z piecowni i zakładów produktów ubocznych.....	301
5.2	Obecne poziomy emisji i zużycia.....	304
5.2.1	Schemat strumieni masy i dane dotyczące materiałów wejściowych i wyjściowych .	304
5.2.2	Problemy środowiskowe związane z procesem wytwarzania koksu.....	307
5.2.2.1	Emisje do powietrza	307
5.2.2.2	Zużycie wody i ścieki.....	312
5.2.2.3	Pozostałości procesowe z koksowni.....	316
5.2.2.5	Zanieczyszczenie gleby	317
5.3	Techniki, które należy uwzględnić przy określaniu BAT	318
5.3.1	Przygotowanie węgla.....	320
5.3.2	Minimalizowanie emisji ładowania podczas obsadzania pieca.....	321
5.3.3	Uszczelnianie rur wznosnych i otworów zasypowych	323
5.3.4	Stabilna i niezakłócona praca zakładu koksowniczego	325
5.3.5	Obsługa baterii	326
5.3.6	Większe komory koksownicze	327
5.3.7	Udoskonalenie drzwi piecowych i ramek uszczelniających.....	329
5.3.8	Czyszczenie drzwi piecowych i ram uszczelniających	330
5.3.9	Utrzymywanie swobodnego przepływu gazu w komorze koksowniczej	331
5.3.10	Regulacja ciśnienia w komorze koksowniczej podczas koksowania	332
5.3.11	Odzysk ciepła z koksowania	334
5.3.12	Redukcja emisji powstających podczas opalania pieca koksowniczego.....	338
5.3.12.1	Minimalizowanie przecieków między komorami koksowniczymi i komorami grzewczymi	338
5.3.12.2	Redukcja NOX za pomocą środków podstawowych.....	339
5.3.12.3	Wtórne środki ograniczania emisji NO _x	341
5.3.12.4	Redukcja SO ₂ w procesie odsiarczania gazu koksowniczego	342

5.3.13	Redukcja emisji podczas wypychania koksu.....	351
5.3.14	Suche gaszenie koksu	353
5.3.15	Gaszenie koksu na mokro.....	356
5.3.15.1	Konwencjonalne mokre gaszenie koksu.....	356
5.3.15.2	Gaszenie ze stabilizacją koksu	358
5.3.16	Redukcje emisji w operacjach transportowo-magazynowych koksu	360
5.3.17	Zamknięte przenośniki taśmowe	361
5.3.18	Technologie gazoszczelne na Węgl pochodnych (oczyszczalni gazu).....	362
5.3.19	Usuwanie smoły (i WWA) z kolumny odpędowej.....	363
5.3.20	Oddzielanie amoniaku ze ścieków	364
5.3.21	Oczyszczalnia ścieków	365
6	WIELKIE PIECE	375
6.1	Stosowane procesy	375
6.1.1	Przygotowanie wsadu.....	378
6.1.2	Przenoszenie i ładowanie surowców	378
6.1.3	Praca wielkiego pieca.....	379
6.1.3.1	Wdmuchiwanie/wtrysk środków redukujących.....	380
6.1.4	Działanie nagrzewnic dmuchu wielkopieczowego	383
6.1.5	Spust	384
6.1.6	Schładzanie i przetwarzanie żużła.....	385
6.1.6.1	Proces granulacji żużła.....	390
6.1.6.2	Proces grudkowania żużła	393
6.1.6.3	Proces spustu żużła do dolów	393
6.2	Bieżące poziomy emisji i zużycia	394
6.2.1	Przegląd przepływu masy oraz dane wejściowe/wyjściowe	394
6.2.2	Kwestie ochrony środowiska a procesy wielkopieczowe	402
6.2.2.1	Emisje do powietrza	403
6.2.2.2	Ścieki.....	407
6.2.2.3	Pozostałości procesowe, takie jak odpady i produkty uboczne.....	411
6.2.2.4	Zapotrzebowanie na energię i reduktory	413
6.2.2.5	Emisje hałasu.....	414
6.3	Techniki, które należy uwzględnić przy ustalaniu BAT	414
6.3.1	Odpylanie hali lejniczej (otwory spustowe, rynny spustowe, przewały, punkty załadunku do kadzi mieszalnikowych).....	416

6.3.2	Redukcja dymów podczas ładowania surówki	420
6.3.3	Zastosowanie bezsmolowych wykładzin koryt spustowych	424
6.3.4	Oczyszczanie gazu wielkopieczowego	425
6.3.5	Systemy odzyskiwania gazu spustu górnego leja samowyladowczego	426
6.3.6	Oczyszczanie i powtórne wykorzystanie roztworu płuczkowego	430
6.3.7	Hydrocyklonowanie szlamu wielkiego pieca	434
6.3.8	Kondensacja dymów z przerobu żużłu	435
6.3.9	Wykorzystanie rud wysokiej jakości	437
6.3.10	Zwiększenie efektywności energetycznej w wielkich piecach	437
6.3.11	Odzysk energii z gazu wielkopieczowego (gazu BF)	438
6.3.12	Bezpośredni wtrysk środków redukujących	439
6.3.12.1	Wtryskiwanie węgla:	441
6.3.12.2	Wtryskiwanie tlenu i oleju	443
6.3.12.3	Wdmuchiwanie gazu	444
6.3.12.4	Wtryskiwanie tworzyw sztucznych	446
6.3.12.5	Bezpośredni wtrysk zużytych olejów, tłuszczu i emulsji jako środków redukujących oraz stałych pozostałości żelaznych	447
6.3.13	Odzysk energii z gazu wielkopieczowego pod ciśnieniem	450
6.3.14	Oszczędności energii w nagrzewnicach dmuchu wielkopieczowego	451
7	PRODUKCJA STALI METODĄ KONWERTOROWO-TLENOWĄ I ODLEWANIE STALI... ..	453
7.1	Stosowane procesy i techniki	454
7.1.1	Transport i przechowywanie surówki	455
7.1.2	Wstępna obróbka surówki	456
7.1.3	Utlenianie w zasadowym konwertorze tlenowym	457
7.1.4	Obróbka pozapiecowa	465
7.1.5	Odlewanie	467
7.1.5.1	Odlewanie ciągle	467
7.1.5.2	Odlewanie metalu o kształcie zbliżonym do kształtu wyrobu gotowego	469
7.1.5.3	Odlewanie wlewków	470
7.2	Aktualne poziomy emisji i zużycia	470
7.2.1	Przeгляд przepływu masy oraz dane wejściowe/wyjściowe	470
7.2.2	Kwestie dotyczące środowiska w produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową	477
7.2.2.1	Emisje do powietrza	477
7.2.2.1.1	Emisje z wstępnej obróbki surówki	478

7.2.2.1.2	Emisje z operacji związanych z działaniem konwertora BOF	479
7.2.2.1.3	Inne źródła emisji powstających podczas procesu BOF w tym obróbka pozapiecowa i ciągle odlewanie stali.	483
7.2.2.1.4	Rozproszone emisje pochodzące z procesu BOF	483
7.2.2.2	Ścieki	485
7.2.2.3	Pozostałości procesowe, takie jak odpady i produkty uboczne	486
7.2.2.4	Zużycie energii	493
7.3	Techniki, które należy uwzględnić przy ustalaniu najlepszych dostępnych technik BAT..	494
7.3.1	Odpylanie główne (wstępne)	496
7.3.2	Odpylanie wtórne	499
7.3.2.1	Wychwytywanie i redukowanie emisji wtórnych	499
7.3.2.2	Obniżenie zawartości pyłu pochodzącego z procesu oczyszczania surówki.....	508
7.3.2.3	Obniżanie zawartości pyłu w przypadku odlewania wlewków lub odlewania ciągłego.	512
7.3.2.4	Ogólne techniki zapobiegania emisjom rozproszonym i niezorganizowanym	513
7.3.3	Oczyszczanie ścieków z procesu odpylania na mokro	515
7.3.4	Oczyszczanie ścieków z odlewania ciągłego	516
7.3.5	Brykietowanie pyłu na gorąco i recykling z odzyskiem grudek wzbogaconych wysoką zawartością cynku do zewnętrznego wykorzystania	518
7.3.6	Obniżanie zawartości cynku w złomie	524
7.3.7	Odzysk energii z gazu konwertorowego	525
7.3.8	Pobieranie próbek i wykonywanie analiz stali podczas pracy konwertora	528
7.3.9	Większa wydajność energetyczna stalowni dzięki automatyzacji.....	529
7.3.10	Spust bezpośredni z konwertora	533
7.3.11	Odlewanie pasm o kształcie zbliżonym do kształtu wyrobu gotowego	534
8 PRODUKCJA STALI ZA POMOCĄ ELEKTRYCZNYCH PIECÓW ŁUKOWYCH I ODLEWANIE		537
8.1	Stosowane procesy i techniki	537
8.1.1	Transport i składowanie surowców	540
8.1.2	Podgrzewanie złomu	541
8.1.3	Ładowanie pieca.....	541
8.1.4	Wytapianie i rafinacja w elektrycznym piecu łukowym	542
8.1.5	Spust stali i żużłu.....	542
8.1.6	Rafinacja pozapiecowa.....	543
8.1.7	Transport i obróbka żużłu.....	548

8.1.8	Odlewanie stali	549
8.2	Aktualne zużycie i wielkości emisji	550
8.2.1	Przegląd przepływu masy oraz dane wejściowe/wyjściowe	550
8.2.2	Kwestie związane z ochroną środowiska w przypadku procesu produkcji stali z użyciem elektrycznych pieców łukowych	554
8.2.2.1	Emisje do powietrza	554
8.2.2.1.1	Zbieranie emisji podstawowych	554
8.2.2.1.2	Zbieranie emisji wtórnych	554
8.2.2.1.3	Emisje podstawowe i emisje wtórne oraz ich oczyszczanie	557
8.2.2.1.4	Emisje z obróbki pozapiecowej i ciągłego odlewanie stali	566
8.2.2.1.5	Emisje związane z podgrzewaniem złomu	567
8.2.2.1.6	Emisje z obróbki żużłu	567
8.2.2.2	Scieki	567
8.2.2.3	Pozostałości procesowe, takie jak odpady i produkty uboczne	569
8.2.2.3.1	Żużel z produkcji stali węglowej/stali niskostopowej/wysokostopowej stali ...	569
8.2.2.3.2	Pyły z obróbki gazów odlotowych	572
8.2.2.3.3	Cegły ogniotrwałe	574
8.2.2.4	Zużycie energii	575
8.2.2.5	Emisje hałasu	575
8.2.2.6	Zanieczyszczenie gleby	575
8.3	Techniki, które należy uwzględnić przy ustalaniu BAT	576
8.3.1	Proces optymalizacji funkcjonowania elektrycznych pieców łukowych	578
8.3.2	Wstępne podgrzewanie złomu	581
8.3.3	Ograniczanie emisji pyłu z przetwarzania żużla	587
8.3.4	Zaawansowane systemy wychwytywania emisji	588
8.3.5	Techniki ograniczania podstawowych i wtórnych emisji do atmosfery z elektrycznych pieców łukowych	590
8.3.5.1	Ograniczanie ilości pyłu przy użyciu filtra workowego i filtra elektrostatycznego	590
8.3.5.2	Ograniczanie ilości PCDD/F przez dopalanie i obróbkę termiczną w połączeniu z filtrem workowym	594
8.3.5.3	Ograniczanie ilości PCDD/F przy zastosowaniu materiałów adsorpcyjnych w połączeniu z filtrami workowymi	599
8.3.6	Oczyszczanie wody odpływowej z odlewania ciągłego	603
8.3.7	System zamkniętego chłodzenia wodnego	605
8.3.8	Przetwarzanie pyłu z elektrycznego pieca łukowego w celu odzyskania metali ciężkich	605

8.3.9	Przetwarzanie żużla z elektrycznych pieców łukowych.....	606
8.3.10	Oczyszczanie żużla z elektrycznego pieca łukowego produkującego stal wysokostopową i nierdzewną.....	609
8.3.11	Odlewanie pasm o kształcie zbliżonym do kształtu wyrobu gotowego	610
8.3.12	Techniki zapobiegające emisji hałasu	610
9.	KONKLUZJE DOTYCZĄCE BAT W ODNIESIENIU DO PRODUKCJI ŻELAZA I STALI....	613
9.1	Ogólne konkluzje dotyczące BAT.....	615
9.1.1	Systemy zarządzania środowiskowego	615
9.1.2	Zarządzanie energią.....	616
9.1.3	Zarządzanie materiałami	618
9.1.4.	Zarządzanie pozostałościami poprocesowymi, takimi jak produkty uboczne i odpady....	619
9.1.5.	Niezorganizowane emisje pyłu z miejsc magazynowania materiałów, obsługi oraz transportu surowców i (pół-)produktów	620
9.1.6.	Gospodarka wodna i ściekowa	623
9.1.7.	Monitorowanie	623
9.1.8	Wycofanie z eksploatacji.....	625
9.1.9	Hałas	625
9.2	Konkluzje dotyczące BAT dla spiekalni	626
9.3	Konkluzje dotyczące BAT dla grudkowni	633
9.4	Konkluzje dotyczące BAT dla instalacji koksowniczych	636
9.5	Konkluzje dotyczące BAT dla wielkich pieców	642
9.6.	Konkluzje dotyczące BAT dla produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową i odlewania stali	646
9.7.	Konkluzje dotyczące BAT dla produkcji i odlewania stali przy użyciu elektrycznych pieców łukowych	651
10.	ALTERNATYWNE TECHNIKI PRODUKCJI STALI.....	654
10.1	Redukcja bezpośrednia (DR).....	655
10.2	Redukcja poprzez wytapiania (SR)	658
10.2.1	Procesy Corex i Finex	658
10.2.2	Procesy w trakcie rozwoju.....	661
10.3	Porównanie konwencjonalnego procesu wielkiego pieca z procesem bezpośredniej redukcji i redukcji wytapiania	665
11	NOWE TECHNIKI	670
11.1	Nowe techniki w ujęciu ogólnym.....	670
11.1.1	Strategie łagodzenia emisji dwutlenku węgla (projekt ULCOS)	670

11.1.1.1	Recykulacja gazu gardzielowego (top gas-recycling blast furnace)	671
11.1.1.2	Paliwa o niskiej zawartości węgla i środki redukujące	672
11.1.1.3	Biomasa	673
11.1.2	Wychwytywanie i składowanie CO ₂	674
11.1.3	Filtry ceramiczne do zmniejszania zawartości cząstek i tlenków azotu w strumieniach gazu	676
11.1.4	Spalanie i ponowne wykorzystywanie suchego pyłu odpadowego	677
11.2	Nowe techniki w spiekalniach	678
11.2.1	Stosowanie tworzyw sztucznych nasyconych węglem do adsorpcji PCDD/F	678
11.2.2	Wyeliminowanie tworzenia się PCDD/F dzięki dodaniu związków azotu do gazów odlotowych	679
11.2.3	Szybkie chłodzenie	680
11.3	Nowe techniki w koksowniach	680
11.3.1	Superpiec koksowniczy	680
11.3.2	Technika kontroli ciśnienia w pojedynczych piecach	682
11.3.3	Alternatywne zastosowania gazów z pieców koksowych	685
11.4	Nowe techniki w wielkich piecach	686
11.4.1	redukcja emisji CO z gorących pieców z wewnętrzną komorą spalania	686
11.4.2	Odzyskiwanie ciepła z żużła	686
11.4.3	Wstrzykiwanie odpadów do wielkich pieców	686
11.5	Nowe techniki w konwertorach tlenowych (BOF) i odlewnictwie	687
11.5.1	Poprawa stabilności żużłu z BOF w celu zapewnienia szerszej gamy zastosowań	687
11.5.2	Poprawa zawartości pyłów w gazach oczyszczonych w instalacjach BOF z płuczkami poprzez zastosowanie hybrydowych filtrów wodnych (Hydro Hybrid Filters)	687
11.5.3	Okapy wirowe do wtórnego odpylania	688
11.5.4	Ponowne wykorzystanie żużłu kadziowego (BOF i EAF) jako czynnik przepływowy w elektrycznym procesie produkcji stali	689
11.6	Nowe techniki w elektrycznych piecach łukowych (EAF)	690
11.6.1	Elektryczny piec łukowy Contiarc	690
11.6.2	Intermetaliczny filtr workowy minimalizujący emisje pyłów, PCDD/F oraz metali ciężkich	691
11.6.3	Odzysk starych opon w EAF	691
11.6.4	Ponowne wykorzystanie żużłu (BOF i EAF) jako czynnik przepływowy w elektrycznym procesie produkcji stali	692
12	UWAGI KOŃCOWE I ZALECENIA DOTYCZĄCE PRZYSZŁYCH DZIAŁAŃ	693
	BIBLIOGRAFIA	699

GLOSARIUSZ	714
I. Informacje ogólne	714
II. Jednostki monetarne	714
III. Kody ISO państw	714
IV. Prefiksy jednostek	715
V. Jednostki	715
metr sześcienny normalny (w 101,325 kPa, 273 K).....	716
tona metryczna (1000 kg lub 10 ⁶ g)	716
VI. Pierwiastki chemiczne.....	716
VII. Skróty i definicje.....	718
Suma sześciu WWA (fluoranten, benzo[b]fluoranten, benzo[k]fluoranten, benzo[a]piren, indeno[1,2,3-cd]piren i benzo[g,h,i]perylen)	718
Konwertor cyklonowy (<i>cyclone converter furnace</i>).....	718
kogeneracja (<i>combined heat and power</i>).....	718
elektryczny impaktor niskociśnieniowy (<i>electrical low pressure impactor</i>)	719
filtr elektrostatyczny ESCS (<i>electrostatic space cleaner super</i>)	719
podwieszany absorber gazu (<i>gas suspension absorber</i>).....	720
średnia z 30 minut (<i>half-hourly average</i>).....	720
proces Linz-Donawitz-Arbed-CRM.....	720
równoważny poziom hałasu (<i>Equivalent Continuous Sound Level</i>)	720
lidar (<i>light detection and ranging</i>)	721
proces LTE (<i>lance tuyère equilibrium</i>)	721
piec półkowy (<i>multiple hearth furnace</i>).....	721
proces tlenowo-dennicowy Maxhuette (<i>oxygen-bottom Maxhuette process</i>)	721
wtrysk węgla pyłowego (<i>pulverised coal injection</i>).....	721
proces tlenowo-dennicowy Maxhuette (<i>oxygen-bottom Maxhuette process</i>).....	721
odzyskany węgiel aktywny (<i>regenerative activated carbon</i>).....	722
piec karuzelowy (<i>rotary hearth furnace</i>)	722
proces TBM (<i>Thyssen blowing metallurgy</i>)	722
13 ZAŁĄCZNIKI.....	723
13.1 Załącznik I. Określenie elementów wrażliwych pod względem ekologicznym w wodach odpadowych.....	723
13.2 Załącznik II Emisje dioksyn	724
13.3 Załącznik III: WHO-12 PCB.....	725

13.4 Załącznik IV:Przykład progowych wartości przepływu masowego dla ciągłego monitorowania	726
13.5 Załącznik V. Przykładowy wzór tabeli do kompilowania danych środowiskowych w sektorze żelaza i stali	728

SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 1.1: Produkcja stali surowej w Europie i na świecie od 1870 r.	41
Rysunek 1.2: Produkcja stali z wykorzystaniem elektrycznych pieców łukowych i konwertorów tlenowych w UE w latach 1996-2006	42
Rysunek 1.3: Rozmieszczenie geograficzne zintegrowanych zakładów hutniczych w Unii Europejskiej	43
Rysunek 1.4: Metody produkcji stali surowej	51
Rysunek 1.5: Widok z lotu ptaka na zintegrowaną hutę usytuowaną na wybrzeżu	52
Rysunek 1.6: Schemat przebiegu procesu zachodzącego w hucie zintegrowanej.....	53
Rysunek 1.7: Przegląd materiałów wsadowych i produktów w przemyśle hutniczym w 27 państwach członkowskich UE w 2006 r.....	57
Rysunek 2.1: Schemat przepływu typowego zastosowania gazu w zintegrowanej spiekalni, produkcji koksu i gorącego metalu.....	67
Rysunek 2.2 Przykład przepływu energii w hucie zintegrowanej	68
Rysunek 2.3 Przykład zastosowania gazu koksowniczego w hucie zintegrowanej	71
Rysunek 2.4 Przykład przepływu gazu BF and BOF w hucie zintegrowanej	72
Rysunek 2.5. Przykład produkcji pary i wykorzystania przemysłowego ciepła odpadowego w hucie zintegrowanej	74
Rysunek 2.6: Wygląd elektrowni w hucie zintegrowanej	75
Rysunek 2.7: Układ kocioł/generator (40 MWe)	76
Rysunek 2.8: Przykład układu kocioł/generator z funkcją dogrzewania (85 MW).....	78
Rysunek 2.9: Przykład turbiny gazowej (38 MWe) i turbiny parowej (30 MWe) w trybie cyklu kombinowanego CHP.....	81
Rysunek 2.10 przedstawia schemat typowego przepływu materiałów w hucie zintegrowanej.	87
Rysunek 2.11 Przykład zarządzania pozostałościami z produkcji takimi jak produkty i odpady w hucie zintegrowanej.	93
Rysunek 2.12: Przykład gospodarki wodnej w hucie zintegrowanej w lokalizacji z dużą nadwyżką dostępności świeżej wody	98
Rysunek 2.13: Przykład gospodarki wodnej zintegrowanej huty z odrębnymi obwodami.....	102
Rysunek 2.14: Przykład gospodarki wodnej zintegrowanej huty z systemem kaskadowym	103
Rysunek 2.15: Ciągłe udoskonalanie w ramach modelu EMS.....	109
Rysunek 2.16: Konwerter katalityczny NOx.....	121
Rysunek 2.17: Ilości pyłów z układu wtórnego odpylania jako średnie tygodniowe.....	140
Rysunek 3.1: Zdjęcie taśmy spiekalniczej z urządzeniem załadunkowym (bębny lub rury zasypowe) i okapem zapłonowym na końcu wejściowym	150
Rysunek 3.2: Schematyczny wykres spiekalni przedstawiający główne punkty emisji	153

Rysunek 3.3: Schematyczny wykres temperatury i stref reakcji w procesie spiekania sześć minut po zapłonie	155
Rysunek 3.4: Przegląd przepływu masy spiekalni	157
Rysunek 3.5: Typowy profil emisji CO ₂ , CO, O ₂ i H ₂ O w gazie odlotowym (pojedyncze skrzynie powietrzne) wzdłuż taśmy spiekalniczej	162
Rysunek 3.6: Wielkość ziarna i rozkład ciężaru pyłu z różnych taśm spiekalniczych.....	163
Rysunek 3.7: Rozkład temperatury i stężenie związków gazowych w gazach odlotowych ze skrzyń powietrznych	167
Rysunek 3.8: Typowy profil emisji SO ₂ i NO _x w gazach odlotowych (poszczególne skrzynie) i wykres temperatury wzdłuż taśmy spiekalniczej	167
Rysunek 3.9 Średni ważony skład spieku dla zakładów uczestniczących w wymianie danych Europejskiego Komitetu ds. Wielkich Pieców.	168
Rysunek 3.10: Wpływ alkaliczności spieku (CaO/SiO ₂) na oporność właściwą pyłu	169
Rysunek 3.11: Związek pomiędzy alkalicznością nadawy spieku a emisją fluorku	170
Rysunek 3.12: Profil polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów i temperatury w gazach odlotowych wzdłuż taśmy spiekalniczej	175
Rysunek 3.13 Wpływ wprowadzania alkaliów do procesu spiekania na emisje pyłów po filtrze elektrostatycznym w spiekalni w Voestalpine Stahl GmbH, Donawitz, w Austrii.	184
Rysunek 3.14: Osiągane stężenie pyłu w oczyszczonym gazie za pomocą filtra elektrostatycznego dla gazów odlotowych z taśmy spiekalniczej i wpływ ograniczonego wprowadzania chlorku.....	186
Rysunek 3.16 przedstawia typowy schemat technologiczny spiekalni z dodanym systemem SIMETAL MEROS®	196
Rysunek 3.16: Schemat technologiczny spiekalni z dodanym systemem SIMETAL MEROS®	197
Rysunek 3.17: Średnie wartości dzienne dla emisji pyłu z jednej taśmy spiekalniczej wyposażonej w filtr workowy od stycznia 2008 r. do października 2009 r.	200
Rysunek 3.18: Oczyszczanie gazów odlotowych z instalacji spiekania za pomocą systemu AIRFINE	212
Rysunek 3.19: Proces regeneracji aktywnego węgla (RAC).....	227
Rysunek 3.20: Odzyskiwanie ciepła z powietrza chłodzącego z chłodni spieku	238
Rysunek 3.21: Osłonięta taśma spiekalnicza zgodnie z procesem EOS	242
Rysunek 3.22: Schemat procesu spiekania zoptymalizowanego pod względem emisji (EOS) ...	243
Rysunek 3.23: Niskoemisyjny i zoptymalizowany energetycznie proces spiekania (LEEP) opracowany przez Hüttenwerke Krupp Mannesmann.....	246
Rysunek 3.24: Schemat techniki recyklingu gazu EPOSINT zainstalowanej na taśmie spiekalniczej nr 5 w Voestalpine, Linz, w Austrii.....	249
Rysunek 3.25: Schemat selektywnej recyrkulacji spalin w spiekalni nr 3 Nippon Steel Corporation, Yawata Works, Tobata, w Japonii.....	253
Rysunek 4.1: Grudkownik bębnowy jako część grudkowni produkującej surowe pelety	257

Rysunek 4.2: Schemat holenderskiej grudkowni	258
Rysunek 4.3: Schemat grudkowni z mieleniem na mokro	259
Rysunek 4.4: Schemat procesu rusztu wzdłużnego.....	261
Rysunek 4.5: Schemat procesu pieca rusztowego	263
Rysunek 4.6: Schemat strumieni materiałów w grudkowni	265
Rysunek 4.7: Diagram prezentujący przebieg procesu w zakładzie usuwania arsenu	280
Rysunek 5.1 Zdjęcie koksowni w Duisburg-Schweglern, Niemcy.	284
Rysunek 5.2: Typowy schemat przepływu (blokowy) zakładu koksowniczego przedstawiający źródła emisji	287
Rysunek 5.3 Schemat bateii koksowniczej pokazujący główne źródła emisji.....	289
Rysunek 5.4 Schemat procesu zasypuwęgłem komory pieca koksowniczego przy zastosowaniuwozu zasypowego pokazujący punkty emisji	290
Rysunek 5.5 Schemat systemu ogrzewania pieca koksowniczego pokazujący punkty emisji.....	291
Rysunek 5.6 – Schematy komory koksowniczej pokazujący możliwe punkty emisji podczas koksowania (wskazany przez strzałki).	292
Rysunek 5.7. Wypychanie wygarowanego koksu z pieca koksowniczego do wozu gaśniczego pokazujący punkty emisji.	293
Rysunek 5.8: Typowy schemat oczyszczalni COG z odzyskiem produktów ubocznych.	297
Rysunek 5.9 przedstawia schemat przykładowego przepływu wody w koksowni.	299
Rysunek 5.10. Schemat strumieni masowych koksowni.....	304
Rysunek 5.11 przedstawia przykład rocznego zapotrzebowania na energię / bilansu energetycznego koksowni w zintegrowanychej hucie.....	317
Rysunek 5.12 Rura wznosna komory pieca koksowniczego.....	323
Rysunek 5.13: Schemat systemu PROven®.....	333
Rysunek 5.14 Piec Jewell-Thompson i koksowanie odzyskiwania ciepła	335
Rysunek 5.15: Najważniejsze różnice pomiędzy techniki odzysku ciepła w porównaniu z tradycyjną konstrukcją z odzyskiem COG	336
Rysunek 5.16 przedstawia schemat przepływu w zakładzie odsiarczania COG z użyciem proces ASK wdrożonym w 1997.	345
Rysunek 5.17 Przykład odpylania koksu strony koksowej	352
Rysunek 5.18 Schemat instalacji suchego gaszenia koksu.....	354
Rysunek 5.19. Schemat wieży do gaszenia z przegrodami redukującymi emisje.....	357
Rysunek 5.20: Przykład systemu przenoszenia rurami.	361
Rysunek 5.21 Przykład typowej biologicznej oczyszczalni ścieków z etapami nityfikacji i denityfikacji.	366
Wykres 5.22 Przykład biologicznej oczyszczalni ścieków z predenitryfikacją-nityfikacją-denitryfikacją.....	367

Rysunek 5.23: Plan biologicznej oczyszczalni w Corus, Ilmuiden, Holandia	370
Rysunek 5.24: Widok ogólny biologicznej oczyszczalni w Corus, Ilmuiden, Holandia	370
Rysunek 6.1: Widok dwóch wielkich pieców, każdy z trzema nagrzewnicami dmuchu wielkopieczowego i kominem uwalniającym spaliny z nagrzewnic dmuchu.....	375
Rysunek 6.2: Uproszczony schemat wielkiego pieca.....	377
Rysunek 6.3: Średnie zużycie środków redukujących w wielkich piecach w Niemczech.....	381
Rysunek 6.4: Redukcja zużycia środków redukujących w wielkich piecach na świecie w roku 2006.....	382
Rysunek 6.5: Przekrój poprzeczny nagrzewnic dmuchu wielkopieczowego („Cowpera”) z wewnętrzną i zewnętrzną komorą spalania	384
Rysunek 6.6: Zestawienie metod kontroli oraz schemat technologiczny procesu dla ciekłych żużli wielkopieczowych.....	389
Rysunek 6.7: Przykład granulacji żużla z wielkiego pieca w procesie OCP.....	391
Rysunek 6.8: Granulacja żużla z wielkiego pieca w procesie INBA	392
Rysunek 6.9 Schemat przepływu strumieni masy wielkiego pieca.....	396
Na rysunku 6.10 przedstawiono ogólny schemat procesu zachodzącego w wielkim piecu, ze wskazaniem poszczególnych operacji oraz strumieni mas wejściowych i wyjściowych.....	397
Rysunek 6.11: Schemat gospodarki wodnej w wielkim piecu	408
Rysunek 6.12 przedstawia przeznaczenie pyłu i szlamu z oczyszczania gazu wielkopieczowego bez ich rozróżniania	412
Rysunek 6.13: Ostateczne zastosowanie żużla wielkopieczowego w UE	413
Rysunek 6.14: Średnia dobowe wartości emisji z układów odpylających hali lejniczej, mierzonych przy otworach spustowych i rynnach spustowych wielkich pieców w Voestalpine, w Linz, w Austrii	419
Rysunek 6.15 przedstawia generowanie pyłu charakterystyczne przy aplikacji azotu podczas ładowania surówki (na poziomie kadzi) oraz bez użycia azotu, zależnie od przepływu surówki.....	421
Rysunek 6.16 przedstawia ładowanie surówki do kadzi mieszalnikowej przy zastosowaniu ograniczania pyłu gazem obojętnym.	422
Rysunek 6.17: Porównanie inwestycji, kosztów nakładów energetycznych i konserwacji w przypadku układów redukcji dymów w ArcelorMittal, w Bremen, w Niemczech	423
Rysunek 6.18: Diagram góry bez stożka z zaworem wstępnego i drugorzędowego wyrównywania, bez systemu odzyskiwania gazu	427
Rysunek 6.19: Schemat góry bez stożka z zaworami wyrównywania i uwalniania oraz systemem odzyskiwania gazu	428
Rysunek 6.20: Przykład procesu usuwania cyjanków z roztworu płuczkowego w wielkich piecach..	432
Rysunek 6.21: Granulacja żużla wielkopieczowego z kondensacją dymów	436
Rysunek 6.22: Ilości koksu i wielkość wtrysku w 26 wielkich piecach.....	440
Rysunek 6.23: Przykładowy układ wdmuchiwanie gazu koksowniczego	445

Rysunek 6.24: Uproszczony schemat układu wtrysku bezpośredniego recyklowanych płynów do wielkiego pieca.....	448
Rysunek 7.1: Zasadowy konwertor tlenowy w momencie ładowania surówki.....	453
Rysunek 7.2:.....	454
Rysunek 7.2: Kolejne etapy w procesie produkcji stali z wykorzystaniem tlenu ze wskazaniem poszczególnych źródeł emisji.....	455
Rysunek 7.3: Konwertor do produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową.....	458
Rysunek 7.4: Model konwertora OBM (Q-BOP) przekrój poprzeczny	459
Rysunek 7.5: Schemat kombinowanego układu konwertora tlenowego z dmuchem górnym	459
Rysunek 7.6: Obróbka żużła z konwertora BOF	464
Rysunek 7.7: Przegląd operacji metalurgicznych przeprowadzanych w ramach obróbki pozapiecowej oraz czyszczenia podczas spustu	466
Rysunek 7.8: Schemat zakład ciągłego odlewania z piecem wglębnym i walcownią z możliwością podawania materiału z maszyny do ciągłego odlewania stali do walcowania na gorąco.....	468
Rysunek 7.9: Schemat strumieni materiałów w zakładzie produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową	472
Rysunek 7.10: Ogólny schemat technologiczny produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową ze wskazaniem poszczególnych operacji oraz wejściowych i wyjściowych strumieni materiałów	473
Rysunek 7.11: Wychwytywanie gazu konwertorowego BOF w przypadku spalania tłumionego	481
Rysunek 7.12: Przeznaczenie żużła z procesu odsiarczania surówki w UE.....	488
Rysunek 7.13: Zastosowanie żużli stalowniczych w Europie w 2004 r.....	489
Rysunek 7.14: Przeznaczenie pyłu z oczyszczania gazu wielkopiecowego.....	491
Rysunek 7.15: Przeznaczenie pyłu/szlamu i zgorzeliny walcowniczej z produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową.....	493
Rysunek 7.16: Wychwytywanie emisji wtórnych podczas załadunku surówki i złomu do konwertora BOF	501
Rysunek 7.17: Jednostkowe zużycie energii dla różnych operacji w ramach odpylania w zintegrowanych stalowniach.....	504
Rysunek 7.18: System wtórnego odpylania składający się z trzech oddzielnych dmuchaw i filtrów przenoszących powietrze pochodzące z różnych punktów wychwytywania	506
Rysunek 7.19: Średnie wartości dzienne emisji w przypadku zespołu pomocniczego 2 w zasadowym konwertorze tlenowym w Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria	508
Rysunek 7.20: Wychwytywanie pyłów na stanowisku odsiarczania surówki	509
Rysunek 7.21: Średnie wartości dzienne emisji w przypadku zespołu pomocniczego 1 w zasadowym konwertorze tlenowym w Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria	511
Rysunek 7.22: Urządzenia do brykietowania pyłu ze stalowni konwertorowo tlenowych	520
Rysunek 7.23: Schematyczny przegląd działań optymalizujących recykling pyłów z konwertora tlenowego	522

Rysunek 7.25: Schemat systemu automatycznego spustu.....	531
Rysunek 7.27: Związek między podstawowym zużyciem energii a emisjami CO ₂ (porównanie zakładów działających na skalę przemysłową) w przypadku różnych technik odlewania stali.....	535
Rysunek 8.1: Elektrostalownia z piecem łukowym.....	537
Rysunek 8.2: Ładowanie elektrycznego pieca łukowego.....	538
Rysunek 8.3: Przegląd procesów związanych z wytwarzaniem stali w elektrostalowni z piecem łukowym.....	539
Rysunek 8.4: Schemat blokowy możliwych procesów w ramach rafinacji pozapiecowej/w kadzi dla różnych rodzajów stali (stal węglowa, stal nierdzewna, stal wysokostopowa).....	546
Rysunek 8.5: Przepływ materiałów w zakładzie wytapiania stali nierdzewnej z konwerterem do odwęglania w argonie i w tlenie.....	548
Rysunek 8.6: Przegląd strumienia masy elektrycznego pieca łukowego	551
Rysunek 8.7: Systemy wychwytywania w elektrycznych piecach łukowych.....	555
Rysunek 8.8: Procentowy udział systemów odbioru pyłu w 51 elektrycznych piecach łukowych działających w UE.....	557
Rysunek 8.9: Rozkładu homologów polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów w surowych i oczyszczonych gazach odlotowych z dwukadłubowego elektrycznego pieca łukowego ze wstępną obróbką złomu.....	562
Rysunek 8.10: Korelacja pomiędzy emisjami polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów a temperaturą gazów odlotowych po ich oczyszczeniu za pomocą filtra workowego w ramach elektrycznego pieca łukowego	562
Rysunek 8.11: Korelacja szczątkowej zawartości pyłu i koncentracji polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów po ograniczeniu zanieczyszczeń w filtrze workowym, w gazie odlotowym z elektrycznego pieca łukowego w temperaturach poniżej 85°C.....	563
Rysunek 8.12: Korelacja parowania wody i szczątkowej zawartości pyłu po ograniczeniu zanieczyszczeń w filtrze workowym, w gazie odlotowym z elektrycznego pieca łukowego	564
Rysunek 8.13: Emisje polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów z elektrycznego pieca łukowego wyrażone jako równoważniki toksyczności WHO-TEQ, z uwzględnieniem polichlorowanych bifenyli podobnych do dioksyn	565
Rysunek 8.14: Wykorzystanie pyłu z elektrycznych pieców łukowych	574
Rysunek 8.15: Schemat procesu CONSTEEL	582
Rysunek 8.16: Liczba instalacji do wstępnego podgrzewania w elektrycznym piecu łukowym	587
Rysunek 8.17: Średnie dzienne emisje pyłu z zakładu z elektrycznym piecem łukowym w ciągu trzech lat.....	591
Rysunek 8.18: Dopalenie podstawowych gazów odlotowych z elektrycznego pieca łukowego z szybkim chłodzeniem.....	595
Rysunek 8.19: Średnie roczne stężenia emisji dioksyn z dwóch elektrycznych pieców łukowych z dopalaniem i szybkim chłodzeniem (1997–2000).....	596
Rysunek 8.20: Schemat układu wdmuchiwania substancji adsorpcyjnej.....	600

Rysunek 8.21: Schemat procesu zakładu przygotowania żużla	608
Rysunek 10.1 Procesy produkcji żelaza i stali, które były używane dawniej, są używane obecnie lub będą używane w przyszłości.	655
Rysunek 11.1: Schemat wielkiego pieca z recyrkulacją gazu gardzielowego, mającego ograniczyć emisję gazów cieplarnianych oraz służyć do wychwytywania i ewentualnie składowania CO ₂	671
Rysunek 11.2: Schemat technologiczny superpieca koksowego z projektu SCOPE 21	681
Rysunek 11.3: Zawór SOPRECO.....	683
Rysunek 11.4: Schemat systemu SOPRECO	684
Rysunek 11.5: Zawory SOPRECO Model 2 w zapieczętowanej, załadowanej baterii.....	685
Rysunek 13.1: System numerowania IUPAC i nomenklatura pozycjonowania PCB	725

SPIS TABEL

Tabela 1.1: Liczba instalacji spiekalniczych i instalacji do grudkowania w 27 państwach UE i realizowana przez nie produkcja	44
Tabela 1.2: Produkcja koksu w 27 państwach UE	44
Tabela 1.3: Liczba instalacji wielkopieczowych w 27 państwach UE i realizowana przez nie produkcja	45
Tabela 1.4: Liczba instalacji zasadowych konwertorów tlenowych w 27 państwach członkowskich w UE i realizowana przez nie produkcja	46
Tabela 1.5: Liczba instalacji do produkcji stali w elektrycznych piecach łukowych w 27 państwach członkowskich UE i realizowana przez nie produkcja.....	46
Tabela 1.6: Liczba instalacji do ciągłego odlewania stali w 27 państwach UE i realizowana przez nie produkcja	47
Tabela 1.7: Rozwój zatrudnienia w przemyśle hutniczym w UE w latach 1996 – 2004.....	49
Tabela 1.8: Pierwsza tabela pokazująca możliwe drogi uwalniania określonych substancji i innych substancji mogących powodować szkody dla środowiska.....	61
Tabela 1.9: Druga tabela pokazująca możliwe drogi uwalniania określonych substancji i innych substancji mogących powodować szkody dla środowiska	62
Tabela 1.10: Trzecia tabela pokazująca potencjalne drogi uwalniania określonych substancji i innych substancji mogących powodować szkody dla środowiska.....	64
Tabela 2.1: Wydajność kotłów gazowych przy gazach o niskiej wartości opałowej.....	76
Tabela 2.2: Wydajność turbiny gazowej cyklu kombinowanego przy zastosowaniu gazu o niskiej wartości opałowej z hut żelaza i stali.	80
Tabela 2.3: Wartości emisji osiągnięte dla kotłów i turbin opalanych gazem przy użyciu gazów procesowych w hutach żelaza i stali.....	82
Tabela 2.4: Emisje SO ₂ dla pięciu jednostek z opalaniem gazem procesowym w Austrii.....	83
Tabela 2.5: Typowy skład gazów procesowych z huty	83
Tabela 2.6: Typowe wartości emisji NO _x dla spalania COG w elektrowni.....	84
Tabela 2.7: Wykorzystanie żużla ze stali w Europie.....	94
Tabela 2.8: Porównanie poboru wody wymaganego dla huty zintegrowanej z systemami bez recyklingu z systemami z intensywną recyrkulacją	100
Tabela 2.9: Informacje dla każdej z technik omawianych w niniejszej sekcji	107
Tabela 2.10: Przykład zakładu CHP produkującego ciepło i energię elektryczną dla gminy	116
Tabela 2.11: Pierwotne środki ograniczania emisji NO _x	120
Tabela 2.12: Dane dotyczące wydajności dla pięciu urządzeń z opalaniem gazem procesowym przy użyciu techniki SCR.....	122
Tabela 2.13: Dane operacyjne dla zakładu Primus® w Differdange zaprojektowanego, by przetwarzał 10 ton materiału na godzinę.....	132

Tabela 2.14	Stężenia uzyskane w czystym gazie w skierowanych gazach odlotowych z procesu Primus® (MHF i EAF).....	132
Tabela 2.15:	Stężenia uzyskane w czystym gazie w gazach odlotowych z procesu Primus® w osłonie (MHF i EAF)	133
Tabela 2.16:	Przykłady ciągle monitorowanych emisji do atmosfery w spółce Voestalpine Stahl, Linz w Austrii	138
Tabela 2.17:	Przykładowe zawarte w zezwoleniu warunki monitorowania gazów wytwarzanych w procesie technologicznym w Voestalpine Stahl, Linz w Austrii	141
Tabela 2.18:	Przykłady istotnych metod pomiaru dla nieciągłego monitorowania emisji.....	143
Tabela 2.19:	Całkowity koszt pomiaru PCDD/F zgodnie z EN 1948	145
Tabela 2.20:	Częstotliwość monitorowania PCDD/F w przemyśle metalurgicznym w różnych państwach członkowskich	145
Tabela 3.1:	Przykładowe cechy koksiku stosowanego w spiekalniach.....	151
Tabela 3.2:	Surowce do produkcji spieku w UE-25 w 2004 r.....	157
Tabela 3.3:	Dane wejściowe z 1999 r. z pięciu spiekalni w czterech państwach członkowskich UE (Austria, Belgia, Niemcy i Holandia).....	158
Tabela 3.4:	Uśrednione maksymalne i minimalne stężenie emisji gazu odlotowego z taśmy spiekalniczej po redukcji dla produkcji spieku w UE-25 w 2004 r.....	159
Tabela 3.5:	Zakresy dla punktowych źródeł emisji do powietrza dla emisji cząstek stałych dla podstawowych operacji indywidualnych w spiekalni (z wyjątkiem głównego komina gazu odlotowego)	160
Tabela 3.6:	Emisje pyłu z odpylania wtórnego w trzech spiekalniach w UE.....	161
Tabela 3.7:	Zakresy stwierdzone w ramach elementarnej analizy pyłu spiekalniczego	164
Tabela 3.8:	Zawartość rozpuszczalnych chlorków w materiałach wsadu spieku.....	166
Tabela 3.9:	Stężenia polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów w surowcach, materiałach mieszanych i w wytwarzanym spieku.....	173
Tabela 3.10:	Całkowite stężenia grup homologicznych polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów homologiczne i polichlorowanych dibenzofuranów w próbkach..	176
Tabela 3.11:	Emisje polichlorowanych bifenyli ze spiekalni.....	177
Tabela 3.12:	Kongenery polichlorowanych bifenyli znalezione w gazach odlotowych z instalacji spiekania	177
Tabela 3.13:	Podział informacji dla każdej z technik omawianej w niniejszym podrozdziale	181
Tabela 3.14:	Wydajność filtrów elektrostatycznych w dwóch spiekalniach w ArcelorMittal, Ghent, w Belgii w 2008 r.	186
Tabela 3.15:	Uzyskane wartości stężeń emisji dla odpylania taśmy spiekalniczej z zastosowaniem filtra elektrostatycznego w trzech niemieckich spiekalniach	187
Tabela 3.17:	Wydajność trzech taśm spiekalniczych z systemami filtrów workowych.....	198

Tabela 3.18:	Uzyskane wartości stężeń emisji dla odpylania taśmy spiekalniczej w pięciu spiekalniach w UE.....	199
Tabela 3.19:	Charakterystyka różnych materiałów adsorpcyjnych i absorbcyjnych	201
Tabela 3.20:	Typowe wartości operacyjne podczas stosowania wodorowęglanu sodu i wapna gaszonego jako dodatków	202
Tabela 3.21:	Przykłady kosztów filtrów workowych zainstalowanych w spiekalni	204
Tabela 3.22:	Dane eksploatacyjne i ekonomiczne dotyczące filtrów workowych w spiekalniach 206	
Tabela 3.23:	Osiągane parametry emisji do powietrza w Corus, IJmuiden, w Holandii gdzie wykorzystuje się system AIRFINE	212
Tabela 3.24:	Osiągane stężenia emisji i współczynniki emisji z oczyszczonych ścieków z oczyszczania gazów odlotowych i odsysania pyłu na filtry elektrostatycznym w Corus, IJmuiden, w Holandii w 2004 r.....	214
Tabela 3.25:	Dane eksploatacyjne dla zakładu Corus IJmuiden	214
Tabela 3.26:	Kosztowe oszacowanie procesu mokrego wraz z systemem SCR	223
Tabela 3.27:	Urządzenia mokrego odsiarczania w spiekalniach.....	223
Tabela 3.28:	Dane eksploatacyjne i ekonomiczne dla trzech spiekalni z jednostkami mokrego odsiarczania 225	
Tabela 3.29:	Stężenie składników gazów odlotowych.....	227
Tabela 3.30:	Osiągana wydajność spiekalni przy stosowaniu węgla aktywowanego	227
Tabela 3.31:	Szacunkowy koszt systemu węgla aktywowanego	230
Tabela 3.32:	Techniki częściowej recykulacji gazów odlotowych zawarte w tej sekcji.....	240
Tabela 3.33:	Porównanie właściwości i wartości emisji tradycyjnego spiekania i spiekania zoptymalizowanego pod względem emisji na taśmie spiekalniczej w Corus, IJmuiden, w Holandii. 243	
Tabela 3.34:	Stwierdzone ograniczenie emisji (wg masy) z zastosowaniem spiekania zoptymalizowanego pod względem emisji w Corus, IJmuiden, w Holandii.....	244
Tabela 3.35:	Korzyści dla środowiska ze stosowania LEEP w porównaniu do tradycyjnego procesu spiekania	247
Tabela 3.36:	Główne korzyści dla środowiska ze stosowania techniki segmentowej recykulacji spalin 250	
Tabela 3.37:	Dane operacyjne ze spiekalni przed i po instalacji segmentowej recykulacji spalin (2007, stosowanie AIRFINE do redukcji spalin)	251
Tabela 3.38:	Charakterystyka przepływu spalin za pomocą segmentowej recykulacji spalin w spiekalni nr 3 w Nippon Steel Corporation, Yawata Works, Tobata, w Japonii.....	254
Tabela 3.39:	Porównanie końcowego składu spalin przed i po wprowadzeniu segmentowej recykulacji spalin w spiekalni nr 3 Nippon Steel Corporation, Yawata Works, Tobata, w Japonii. .	255
Tabela 4.1.:	Dane wejściowe/wyjściowe z trzech grudkowni w UE-25	267

Tabela 4.2:	Dane operacyjne z oczyszczania wód w miejscowościach Malmberget i Kiruna (Szwecja)	271
Tabela 4.3:	Podział informacji dla każdej z technik omawianej w niniejszym podrozdziale	272
Tabela 4.4:	Dane na temat wydajności podwieszanego absorbera gazu (GSA)	276
Tabela 4.5:	Dane operacyjne z zakładu usuwania arsenu (2007)	280
Tabela 5.1	Skład i wydajność surowego gazu koksowniczego	295
Tabela 5.2:	Dane wejściowe i wyjściowe z koksowni w różnych państwach członkowskich UE od 2005 r. uzupełnione przez inne odniesienia	305
Tabela 5.3:	Dane wyjściowe z 2004 z Polskiej koksowni	307
Tabela 5.4:	Współczynniki dla emisji rozproszonych lub niezorganizowanych do powietrza z operacji przeprowadzanych na baterii koksowniczej	309
Tabela 5.5:	Emisje zorganizowane z zakładów koksowniczych w Niemczech i Czechach	310
Tabela 5.6:	Szacunkowa ocena emisji ze spalania gazu koksowniczego na pochodni	310
Tabela 5.7:	Wskaźniki emisji dla emisji z wież gaśniczych	311
Tabela 5.8:	Czynniki emisji dla emisji ulotnych z zakładów produktów ubocznych	312
Tabela 5.9:	Stężenia strumieni wpływających i wypływających i kilka aspektów systemów oczyszczania ścieków z systemu wstępnego odazotowania – odazotowania	314
Tabela 5.10:	Skład ścieków z dwóch procesów mokrego utlenianiającego odsiarczania	315
Tabela 5.11:	Główne odpady/pozostałości procesowe z koksowni	316
Tabela 5.12:	Podział informacji dla każdej z technik omawianej w niniejszym rozdziale	319
Tabela 5.13:	Przykładowe zakłady z koksowniczymi systemami ładowania minimalizującymi emisje	322
Tabela 5.14:	Charakterystyka kilku rodzajów pieców koksowniczych	328
Tabela 5.15:	Zmierzone emisje PAH z zmienną kontrolą ciśnienia	333
Tabela 5.16:	Emisje z obsadzania i wypychania w koksowniach „non-recovery” bez redukcji emisji	337
Tabela 5.17:	Procesy odsiarczania gazu koksowniczego i ich charakterystyka	343
Tabela 5.18:	Typowe operacyjne i kapitałowe koszty odsiarczania 42 000 Nm ³ / h gazu koksowniczego, zawierającego 6 g/Nm ³ H ₂ S i 6 Nm NH ₃ z dwóch głównych typów technik odsiarczania gazu koksowniczego stosowanych w Europie (ASK i Stretford)	349
Tabela 5.19:	Tabela przykładowych zakładów z procesami odsiarczania gazu koksowniczych	350
Tabela 5.20:	Emisje pyłu z wież gaszenia koksu zatapianie typu CSQ	359
Tabela 5.21:	Dane techniczne dla przenośnika rurowego w zakładzie koksowniczym w Niemczech	361
Tabela 5.22:	Skład różnych ścieków w koksowni Corus, IJmuiden, Holandia (2007)	368

Tabela 5.23:	Stężenia w ściekach i wartości emisji z europejskich zakładów koksowniczych wykorzystujących aktywowane tlenowo oczyszczanie osaduczynnego.	371
Tabela 5.24:	Stężenia strumieni wpływających i wypływających i niektóre aspekty systemów oczyszczania ścieków z systemu wstępnego odazotowania – dane z czterech zakładów.	371
Tabela 5.25:	Stężenia w ściekach oczyszczonych w biologicznej oczyszczalni ścieków w Corus, IJmuiden Holandia (2007) po wspólnym oczyszczaniu ścieków z koksowni, wielkich pieców oraz spiekalni.	373
Tabela 6.1:	Dane wejściowe z wielkich pieców w różnych krajach członkowskich Unii Europejskiej	398
Tabela 6.2:	Dane wyjściowe dotyczące wielkiego pieca na rok 2004	400
Tabela 6.3:	Emisje z przygotowywania węgla do wdmuchnięcia.....	400
Tabela 6.4:	Emisje ze strefy ładowania.....	401
Tabela 6.5:	Emisje do powietrza z hali lejniczej wielkiego pieca ("działania na końcu rury")	401
Tabela 6.6:	Emisje do powietrza z procesu granulacji żużla w wielkich piecach	402
Tabela 6.7:	Skład surowego gazu wielkopiecowego (przed oczyszczeniem)	403
Tabela 6.8:	Skład surowego gazu wielkopiecowego (po dwustopniowym oczyszczeniu)	404
Tabela 6.9:	Stężenia emisji z nagrzewnic dmuchu wielkopiecowego.....	405
Tabela 6.10:	Stężenia emisji z hali lejniczej wielkiego pieca oraz z odpylania wsadu.....	406
Tabela 6.11:	Skład ścieków z płukania gazu wielkopiecowego przed oczyszczaniem.....	409
Tabela 6.12:	Stężenia zanieczyszczeń i wskaźniki emisji, dotyczące ścieków z granulacji żużla w wielkim piecu	410
Tabela 6.13:	Typowy skład w (% wag.) suchego pyłu gruboziarnistego z oczyszczania gazu wielkopiecowego.....	411
Tabela 6.14:	Typowy skład w (% wag.) szlamu z oczyszczania gazu wielkopiecowego	411
Tabela 6.15:	Chemiczny skład żużla wielkopiecowego w (wt-%) przy stopniu zasadowości poniżej i powyżej 1,0 oraz inne przykłady	412
Tabela 6.16:	Przykładowe wejściowe i wyjściowe nakłady energii w wielkim piecu z podwyższonym ciśnieniu w gardzieli, z wdmuchiowaniem pyłu węglowego oraz odzyskiem gazu gardzielowego o podwyższonym ciśnieniu w 1986 r.	414
Tabela 6.17:	Podział informacji dla każdej z technik omawianej w niniejszym podrozdziale	415
Tabela 6.18:	Stężenia emisji z hali lejniczej wielkiego pieca oraz z odpylania wsadu.....	417
Tabela 6.19:	Emisje z bezsmołowego wyściełania ślizgów	424
Tabela 6.20:	Warunki w zakładzie Voestalpine Stahl GmbH, wielki piec A, Linz, Austria.....	428
Tabela 6.21:	Ograniczenie niezorganizowanych emisji za pomocą systemu odzyskiwania gazu dla uwolnień z górnego zasobnika w wielkim piecu A, Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria.....	429
Tabela 6.22:	Dane eksploatacyjne z siedmiu niemieckich zakładów mieszania/kontaktowania szlamu służących do oczyszczania roztworu płuczkowego	430

Tabela 6.23:	Stężenia na wyjściu w roztworze płuczkowym z oczyszczania gazu wielkopieczowego po oczyszczeniu w zakładzie ArcelorMittal, Brema, Niemcy.....	433
Table 6.24:	Example for the zinc content of hydrocyclonaged blast furnace sludge	434
Tabela 6.25:	Porównanie minimalnego zużycia koksu i całkowitego zużycia węgla przy różnych poziomach bezpośredniego wdmuchiwania pyłu węglowego.....	440
Tabela 6.26:	Środki redukujące stosowane w różnych wielkich piecach (BF)	440
Tabela 6.27:	Wymogi dotyczące składu tworzyw sztucznych wykorzystywanych do wtryskiwania w zakładzie Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria	447
Tabela 6.28:	Wielkość wtrysku i współczynniki substytucji dla różnych materiałów wtryskiwanych do dysz	449
Tabela 7.1:	Główne reakcje chemiczne mające miejsce podczas procesu utleniania	457
Tabela 7.2:	Rodzaje, liczba i nominalna zdolność produkcyjna zasadowych konwertorów tlenowych (konwertorów tlenowych) eksploatowanych w UE.....	460
Tabela 7.3:	Dane wejściowe/wyjściowe z 21 zakładów produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową znajdujących się różnych państwach członkowskich UE.....	475
Tabela 7.4:	Pozostałe zanieczyszczenia powietrza.....	477
Tabela 7.5:	Skład i charakterystyka gazu konwertorowego BOF	480
Tabela 7.6:	Jednostkowe wartości emisji do powietrza pochodzące z zasadowego konwertora tlenowego po redukcji emisji, o ile nie wskazano inaczej.....	482
Tabela 7.7:	Pomiary emisji pyłów przez dach z produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową..	484
Tabela 7.8:	Rodzajowe i ilościowe odpady stałepowstające przy wytwarzaniu stali metodą konwertorowo tlenową.....	486
Tabela 7.9:	Produkcja stali oraz wtórny żużel stalowniczy.....	487
Tabela 7.10:	Skład chemiczny żużlu z odsiarczania surówki	487
Tabela 7.11:	Przykładowy skład chemiczny żużla z konwertora BOF	488
Tabela 7.12:	Trzy przykłady zakresu składników mineralnych żużli z konwertora	489
Tabela 7.13:	Podstawowe składniki mineralne żużla z rafinacji pozapiecowej	490
Tabela 7.14:	Zakres możliwego składu żużla z wtórnej produkcji stali.....	490
Tabela 7.15:	Skład pyłu i szlamu grubo- i drobnoziarnistego	491
Tabela 7.16:	Skład zgorzeliny walcowniczej	492
Tabela 7.17:	Podział informacji dla każdej z technik omawianych w niniejszym podrozdziale .	495
Tabela 7.18:	Uzyskane stężenie emisji w przypadku użycia technik mokrych zmniejszania emisji do atmosfery	497
Tabela 7.19:	Dane ze stosowanych systemów odpylania wtórnego i cechy charakterystyczne emisji z załadunku i spustu.....	501
Tabela 7.20:	Możliwy do osiągnięcia stopień odpylania wtórnych gazów odlotowych w stalowniach konwertorowo-tlenowych.....	502

Tabela 7.21: Poziomy emisji osiągnięte dzięki odpylaniu wtórnemu w zakładach produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową.....	503
Tabela 7.22: Techniczne kluczowe dane liczbowe dotyczące systemu odpylania wtórnego w module 1 i 2 w zasadowym konwertorze tlenowym w Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria	507
Tabela 7.23: Osiągnięte poziomy emisji w przypadku dwóch instalacji odlewania stali z wykorzystaniem filtrów workowych	512
Tabela 7.24: Przykłady jednostkowych emisji do wody z systemów odpylania na mokro w stalowniach konwertorowo tlenowych	515
Tabela 7.25: Emisje do wody z urządzeń do ciągłego odlewania stali wytwarzane są przez układ chłodzenia bezpośredniego.....	517
Tabela 7.26: Przykłady stężenia zanieczyszczeń w ściekach z odlewania ciągłego po oczyszczeniu w zasadowym konwertorze tlenowym w zakładzie ArcelorMittal w Bremie w Niemczech	517
Tabela 7.27: Zalety i wady spalania tłumionego ze szczególnym uwzględnieniem wykorzystania gazu konwertorowego	526
Tabela 7.28: Wytwarzanie pary w kotłach odzysknicowych w stalowniach konwertorowo tlenowej Thyssen Stahl AG.....	527
Tabela 8.1: Dane wejściowe/wyjściowe dotyczące elektrycznych pieców łukowych działających na terenie UE	552
Tabela 8.2: Systemy odbioru emisji z elektrostalowni pracujących na bazie elektrycznych pieców łukowych	556
Tabela 8.3: Koncentracje emisji do powietrza z procesów zachodzących w elektrycznym piecu łukowym po przeprowadzeniu ograniczenia zanieczyszczenia.....	558
Tabela 8.4: Jednostkowe i roczne emisje polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów i polichlorowanych bifenyli do powietrza pochodzące ze szwedzkich zakładów produkcji stali z elektrycznymi piecami łukowymi	566
Tabela 8.5: Emisje z różnych etapów rafinacji pozapiecowej po obniżeniu poziomu zanieczyszczeń	567
Tabela 8.6: Rodzaj i jednostkowa ilość odpadów w formie stałej/produktów ubocznych z procesu produkcji stali z zastosowaniem elektrycznego pieca łukowego	569
Tabela 8.7: Skład chemiczny żużlu z elektrycznego pieca łukowego powstały podczas produkcji stali węglowej/niskostopowej i nierdzewnej/wysokostopowej	570
Tabela 8.8: Co dzieje się z żużlem z elektrycznych pieców łukowych w UE.....	571
Tabela 8.9: Koncentracje i roczne przepływy masy polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów i polichlorowanych bifenyli w żużlu z zakładów produkcji stali stosujących złom jako surowiec.....	572
Tabela 8.10: Skład chemiczny pyłów powstających przy produkcji stali węglowej/ niskostopowej i stali nierdzewnej/wysokostopowej z zastosowaniem elektrycznego pieca łukowego	572
Tabela 8.11: Koncentracje i roczne przepływy masy polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów i polichlorowanych bifenyli w pyłe z zakładów produkcji stali stosujących złom jako surowiec.....	573

Tabela 8.12:	Przykładowe roczne ilości zużytych materiałów ogniotrwałych w ramach jednej instalacji	574
Tabela 8.13:	Podział informacji dla każdej z technik omawianej w niniejszym podrozdziale	576
Tabela 8.14:	Pomiary emisji zanieczyszczeń z jednej instalacji w ciągu ośmiu lat jej eksploatacji	583
Tabela 8.15:	Dane techniczne z wybranych systemów wstępnego podgrzewania złomu stosowanych w elektrycznych piecach łukowych	585
Tabela 8.16:	Porównanie emisji pyłów z kominów hutniczych przed i po modernizacji (jedna huta w Niemczech)	589
Tabela 8.17	Średnie dzienne emisje pyłu z trzech instalacji elektrycznego pieca łukowego (EAF) (2004–2006)	592
Tabela 8.18:	Pozostały pył i stężenia metali ciężkich w dziewięciu instalacjach elektrycznego pieca łukowego po ograniczeniu emisji	592
Tabela 8.19:	Przykładowe zakłady stosujące techniki ograniczające emisję pyłu	593
Tabela 8.20:	Stężenia emisji pyłu, WWA i PCDD/F po ograniczeniu emisji	596
Tabela 8.21:	Dane eksploatacyjne dopalania w czterech niemieckich zakładach stosujących elektryczne piece łukowe	597
Tabela 8.22:	Ograniczenie PCDD/F w wyniku wdmuchania pyłu koksowego z węgla brunatnego.	601
Tabela 8.23:	Postępy w ograniczaniu emisji PCDD/F po zainstalowaniu drugiego układu wdmuchiwania węgla	601
Tabela 8.24:	Charakterystyka różnych substancji i materiałów adsorpcyjnych	602
Tabela 8.25:	Skład strumieni wody odpływowej z odlewania ciągłego w zakładzie BSW, Kehl w Niemczech po oczyszczeniu wody odpływowej (2008).....	604
Tabela 10.1:	Światowa produkcja DRI	656
Tabela 10.2:	Charakterystyka procesów bezpośredniej redukcji dostępnych w warunkach komercyjnych	657
Tabela 10.3:	Dane eksploatacyjne zakładu Corex w zakładach Iscor Pretoria Works, Afryka Południowa – (zamknięte i rozebrane w 1998 r.).....	660
Tabela 10.4:	Przegląd zakładów Corex i Finex	661
Tabela 10.5:	Parametry procesów redukcji wytapiania będących obecnie na etapie rozwoju	662
Tabela 10.6:	Porównanie konwencjonalnego procesu wielkopiecowego z obiegiem wykorzystującym redukcję bezpośrednią i redukcję wytapiania	666
Tabela 13.1:	Poziomy wykrywania niektórych pierwiastków wrażliwych pod względem ekologicznym w wodach odpadowych	723
Tabela 13.2:	Tryby monitorowania PCDD/F	724
Tabela 13.3:	Tabela współczynników równoważności toksyczności dla związków WHO-12 PCB. .	725

Tabela 13.4 Przykładowy wzór tabeli do kompilowania danych środowiskowych w sektorze żelaza i stali	728
---	-----

ZAKRES

Niniejszy dokument referencyjny dotyczące najlepszych dostępnych technik w zakresie produkcji żelaza i stali obejmuje następujące działania wymienione z załączniku Ido dyrektywy 2010/75/UE, tj.

- działanie 1.3: Produkcja koksu
- działanie 2.1: Prażenie lub spiekanie rudy metalu (łącznie z rudą siarczkową); oraz
- działanie 2.2: Produkcja surówki lub stali (pierwotny i wtórny wytop), łącznie z odlewaniem ciągłym, z wydajnością powyżej 2,5 ton na godzinę.

Niniejszy dokument referencyjny BAT odnosi się w szczególności do następujących procesów:

- załadunek, rozładunek i przeładunek surowców sypkich
- uśrednianie i mieszanie surowców
- spiekanie i grudkowanie rudy żelaza
- produkcja koksu z węgla koksującego
- produkcja surówki w wielkich piecach, w tym przetwarzanie żużla
- produkcja i świeżenie stali w procesie konwertorowo-tlenowym, w tym wstępne odsiarczanie surówki, pozapiecowa obróbka stali i przetwarzanie żużla
- produkcja stali w elektrycznych piecach łukowych, w tym pozapiecowa obróbka stali i przetwarzanie żużla
- odlewanie ciągle stali (odlewanie cienkich kęsisk/cienkich pasm oraz bezpośrednio odlewanie blach (technika odlewania bezpośredniego)).

Niniejszy dokument referencyjny BAT nie odnosi się do następujących rodzajów działalności:

- produkcji wapna w piecach, objętej dokumentem referencyjnym BAT dotyczącym branży produkcji cementu, wapna i tlenku magnezu (CLM)
- obróbki pyłów w celu odzyskania metali nieżelaznych (np. pyłu z pieców łukowych) oraz produkcji żelazostopów, objętych dokumentem referencyjnym BAT dotyczącym przemysłu metali nieżelaznych (NFM)
- instalacji kwasu siarkowego w instalacjach koksowniczych, objętych dokumentem dotyczącym wytwarzania wielkotonażowych chemikaliów nieorganicznych (amoniak, kwasy i nawozy) (dokument referencyjny BAT LVIC-AAF). Niniejszy dokument zawiera jednakże przydatny opis najważniejszych rodzajów procesów odsiarczania gazów koksowniczych.

Poniżej wymieniono inne dokumenty referencyjne, które są istotne dla rodzajów działalności objętych niniejszym dokumentem referencyjnym BAT:

Dokumenty referencyjne	Rodzaj działalności
Dokument referencyjny BAT dotyczący dużych obiektów energetycznego spalania (LCP)	Instalacje energetycznego spalania, których nominalna moc cieplna wynosi co najmniej 50 MW
Dokument referencyjny BAT dotyczący branży przetwarzania metali żelaznych (FMP)	Procesy potokowe, takie jak walcowanie, wytrawianie, powlekanie itp. Odlewanie ciągle – cienkie kęsiska/cienkie pasma oraz bezpośrednio odlewanie blach (technika odlewania bezpośredniego)
Dokument referencyjny BAT dotyczący emisji z miejsc magazynowania (EFS)	Magazynowanie, transport i przeładunek
Dokument referencyjny BAT dotyczący przemysłowych systemów chłodzenia (ICS)	Systemy chłodzenia
Ogólne zasady monitorowania (MON)	Monitorowanie emisji i zużycia
Dokument referencyjny BAT dotyczący efektywności energetycznej (ENE)	Ogólna efektywność energetyczna
Ekonomika i efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ECM)	Ekonomika technik i efekty ich wzajemnych powiązań w odniesieniu do różnych komponentów środowiska

Niniejszy dokument referencyjny BAT zawiera nowe części poświęcone elektrowniom hut żelaza opalanych gazem procesowym. Jednakże przekazane informacje dotyczące emisji do atmosfery pochodzących z tych obiektów nie zostały uznane za wystarczające, aby uwzględnić je w konkluzjach do dokumentu referencyjnego BAT-AEL dla pyłu, SO₂ NO_x i CO. Kwestii tej powinien zostać poświęcony osobny rozdział zrewidowanego dokumentu referencyjnego BAT dotyczącego dużych obiektów energetycznego spalania (LCP) [282, EC 2006].

Zakres dokumentu referencyjnego BAT **nie** obejmuje kwestii, które dotyczą wyłącznie bezpieczeństwa w miejscu pracy lub bezpieczeństwa produktów, ponieważ zagadnienia te nie są objęte zakresem dyrektywy. Są one omawiane tylko wtedy, gdy mają wpływ na zagadnienia objęte zakresem dyrektywy.

1 INFORMACJE OGÓLNE

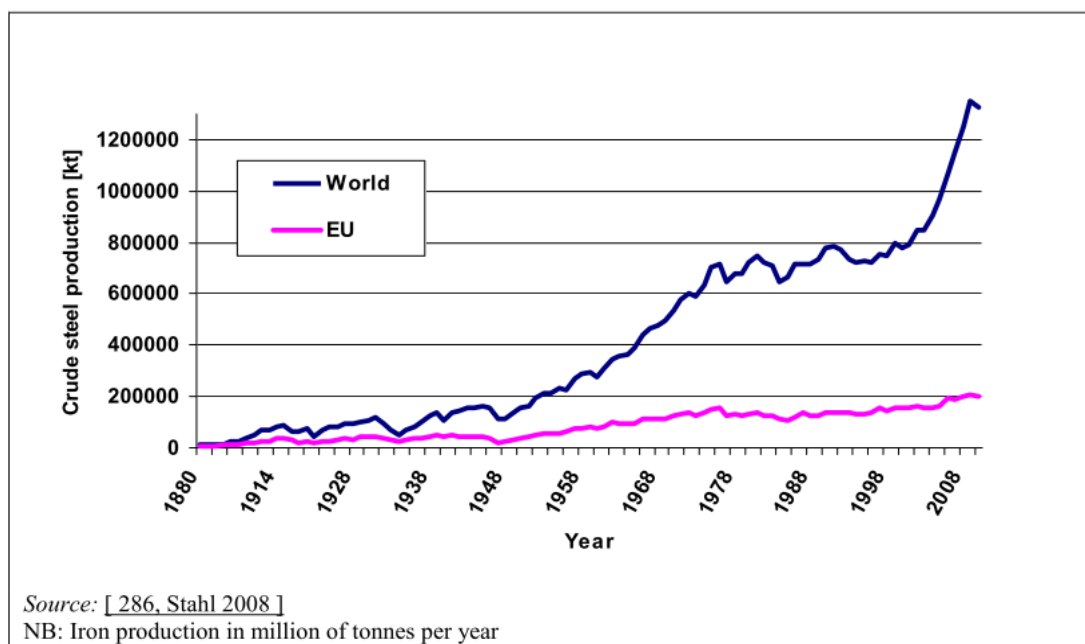
1.1 Produkcja stali w Europie i na świecie

[92, Lungen 1995], [131, Stat Stahl 1997], [250, EC 2006], www.worldsteel.org.

Żelazo i stal odgrywają od kilku tysiącleci ważną rolę w rozwoju cywilizacji i znajdują zastosowanie w rolnictwie, budownictwie, produkcji i dystrybucji energii, wytwarzaniu maszyn i urządzeń, a także w gospodarstwach domowych i w medycynie.

Żelazo i stal były obok węgla i bawełny głównymi materiałami, dzięki którym możliwa była rewolucja przemysłowa. Rozwój techniki pozwolił na dynamiczny wzrost produkcji począwszy od wczesnych lat XVIII wieku, między innymi poprzez zastąpienie stosunkowo rzadko występującego węgla drzewnego węglem kamiennym/brunatnym oraz koksem, jak również dzięki rozwojowi procesu pudlarskiego do przerobu surówki żelaza w stal.

Światowa produkcja stali rośnie znacząco od 2000 r., przekraczając po raz pierwszy poziom 1 000 mln ton w 2004 r. W 2006 r. światowa produkcja stali wzrosła w sumie do poziomu ponad 1 200 mln ton (patrz rysunek 1.1.). Było to spowodowane głównie faktem, że w 2006r. produkcja stali w Chinach wzrosła z 127 mln ton do 421 mln ton.



EN	PL
Crude steel production [kt]	Produkcja stali surowej [tys. ton]
World	Świat
EU	UE
Year	rok
Source: [286, Stahl 2008]	Źródło: [286, Stahl 2008]
NB: Iron production in million of tonnes per year	Uwaga: Produkcja żelaza w milionach ton rocznie

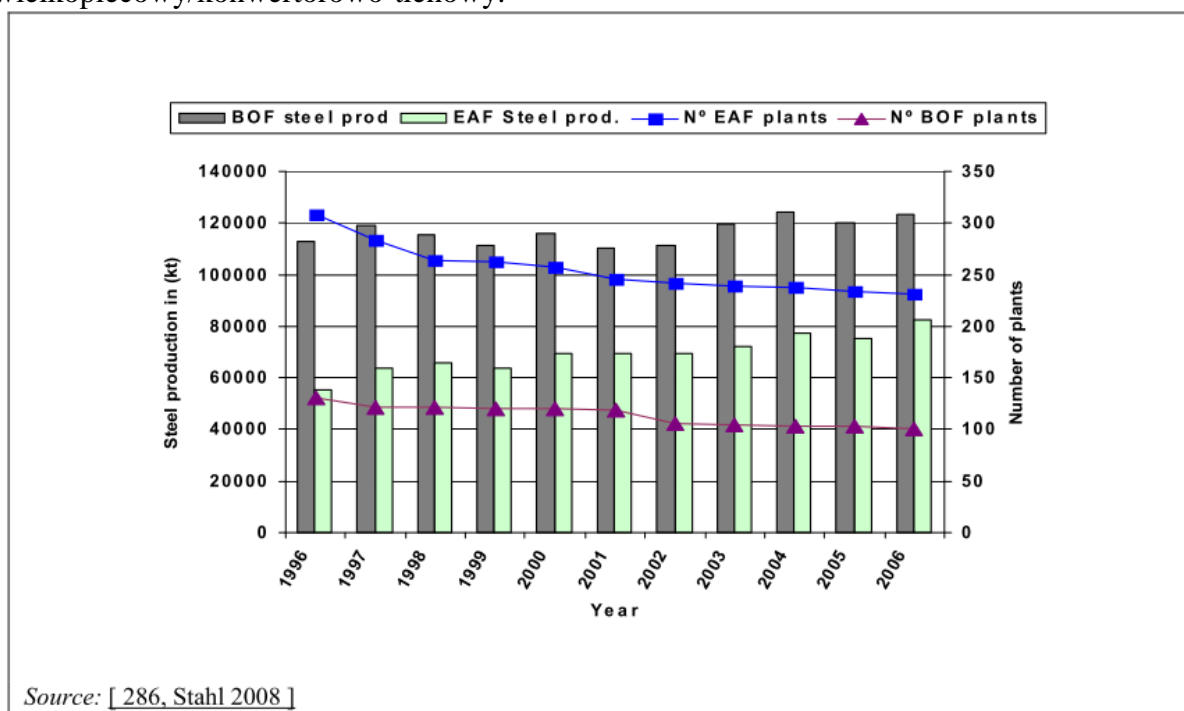
Rysunek 1.1: Produkcja stali surowej w Europie i na świecie od 1870 r.

Wielkość produkcji stali surowej w UE wzrastała rocznie o 1,2% w latach od 1985 do 1994. Wzrost był gwałtowniejszy w ciągu trzech lat od 1986 r. do 1989 r. (3,7% rocznie). Następnie produkcja w 12 państwach UE spadła z 140 mln ton do 132 mln ton w latach 1992 i 1993, zanim powróciła do poziomu 139 mln ton w 1994 r. i 143 mln ton w 1995 r. Rozszerzenie UE o trzy nowe państwa członkowskie – Austrię, Finlandię i Szwecję – spowodowało, że produkcja stali surowej w UE osiągnęła 156 mln ton w 1995 r. Od 2000 r. odnotowywany jest

wzrost w zakresie produkcji stali surowej na świecie. W 2006 r. produkcja stali surowej w UE wyniosła 198 mln ton, w porównaniu z produkcją w Rosji na poziomie 120 mln ton i w Japonii, USA i Chinach na poziomie odpowiednio 116, 99 i 421 mln ton.

Na rysunku 1.1 pokazano stały spadek udziału państw europejskich w produkcji stali na świecie, który zmalał do poziomu 21% w 1970 r. Od czasów kryzysu naftowego w latach 1974-1975, światowa produkcja utrzymywała się na prawie stałym poziomie aż do połowy lat 90. ubiegłego wieku, przy czym sytuacja ta była odczuwana szczególnie w Europie. Produkcja stali surowej w UE na poziomie 198 mln ton w 2008 r. stanowiła 15% produkcji światowej [286, Stahl 2008].

Na rysunku 1.2 pokazano, że podczas gdy produkcja stali konwertorowej świeżonej tlenem utrzymywała się na stałym poziomie, produkcja stali elektrycznej przy użyciu elektrycznych pieców łukowych stopniowo wzrastała. Udział tych drugich w całkowitej produkcji stali wyniósł 41,8% w 2006 r. Niemniej jednak przewiduje się, że przynajmniej w perspektywie średniookresowej dominującym sposobem produkcji stali pozostanie proces wielkopiecowy/konwertorowo-tlenowy.



EN	PL
BOF steel prod	Produkcja stali konwertorowej świeżonej tlenem
EAF steel prod	Produkcja stali elektrycznej
N° EAF plants	Liczba zakładów produkujących stal elektryczną
N° BOF plants	Liczba zakładów produkujących stal konwertorową świeżoną tlenem
Steel production in [kt]	Produkcja stali w tys. ton
Number of plants	Liczba zakładów
Year	Rok
Source:[286, Stahl 2008]	Źródło:[286, Stahl 2008]

Rysunek 1.2: Produkcja stali z wykorzystaniem elektrycznych pieców łukowych i konwertorów tlenowych w UE w latach 1996-2006

1.2 Rozmieszczenie geograficzne produkcji żelaza i stali w UE

[200, Commission 2001] [205, Clearv et al.2005] [207, Ameling et al.2004] [208, Lindfors et al.2006] [209, EC 2005] [240, UKEA 2004] [288, IA 2006] [318, Eurofer 2007] [366, Dornseiffer et al.2007] [403, Poland 2007]

Na rysunku 1.3 przedstawiono miejsca, w których znajdują się zintegrowane zakłady hutnicze (w 27 państwach UE). Wyraźnie widoczna jest koncentracja zakładów hutniczych wzdłuż złóż węgla w państwach Europy Środkowej, jednakże zakłady takie istnieją także w większości innych państw członkowskich. Na rysunku 1.3. nie uwzględniono elektrycznych pieców łukowych.



Źródło: [47, Geiseler 1992]

Rysunek 1.3: Rozmieszczenie geograficzne zintegrowanych zakładów hutniczych w Unii Europejskiej

Tabele 1.1 – 1.6 pokazują rozmieszczenie zakładów w 27 państwach UE według ich zdolności produkcyjnych i innych cech. W celu zapewnienia kompleksowego przeglądu nie wymieniono krajów, w których produkcja nie jest na wystarczającym poziomie.

Tabela 1.1: Liczba instalacji spiekalniczych i instalacji do grudkowania w 27 państwach UE i realizowana przez nie produkcja

Spiekalnie i grudkownie w 27 państwach UE						
Państwo członkowskie UE	Liczba spiekalni rud żelaza	Liczba taśm spiekalniczych w spiekalniach rud żelaza	Powierzchnia taśmy (m²)	Produkcja (tys. ton/rok)	Liczba zakładów grudkowni	Produkcja (tys. ton/rok)
Austria	2	2	342	3500		
Belgia	4	5	1405	15 300		
Czechy ⁽¹⁾	2	9	735	6 500		
Niemcy	8	12	2 282	29 400		
Hiszpania	1	2	481	5 400		
Finlandia	1	3	225	2 700		
Francja ⁽²⁾	5	6	2013	23 765		
Węgry	2	2	100	900		
Włochy	2	7	962	11 500		
Holandia	1	3	354	4 400	1	4 900 (1)
Polska	2	4	1 161	9 000		
Słowacja ⁽¹⁾	1	4	440	4 100		
Szwecja	0				5	22 150 (2)
Zjednoczone Królestwo	3	4	1328	13 700		
Ogółem	34	63	11 828	130 165	6	27 050
Uwaga:– Dane za 2005 r. – ⁽¹⁾ Dane za 2007 r. – ⁽²⁾ Dane za 2008 r.						
Źródło: [140, Eurofer 2009] [208, Lindfors et al.2006] [209, EC 2005] [234, Poland 2007] [240, UKEA 2004] [318, Eurofer 2007].						

Tabela 1.2: Produkcja koksu w 27 państwach UE

Piece koksownicze w 27 państwach UE	
Państwo członkowskie UE	Produkcja (tys. ton/rok)
Austria	1 360
Belgia	2 714
Bułgaria	615
Czechy	3 231
Niemcy	8 250
Hiszpania	2 747
Finlandia	870
Francja	4 290

Węgry	913
Włochy	4 580
Holandia	2 160
Polska	9 599
Rumunia	1 804
Szwecja	1 182
Słowacja	1 749
Zjednoczone Królestwo	4 276
Ogółem	50 340
Uwaga: Dane za 2006 r. Źródło: [156, Coke oven manager association 2008] [286, Stahl 2008].	

Tabela 1.3: Liczba instalacji wielkopiecowych w 27 państwach UE i realizowana przez nie produkcja

Wielkie piece w 27 państwach członkowskich UE		
Państwo członkowskie UE	Liczba instalacji wielkopiecowych	Produkcja (tys. ton/rok)
Austria	6	5 547
Belgia	4	7 516
Bułgaria	3	1 147
Czechy	6	6 185 (¹)
Niemcy	18	30 360
Hiszpania	2	3 432
Finlandia	3	3 158
Francja	10	13 013
Węgry	2	1 336
Włochy	6	11 492
Holandia	2	5 417
Polska	7	5 333
Rumunia	4	3 975
Szwecja	3	3 577
Słowacja	3	4 100 (¹)
Zjednoczone Królestwo	7	10 696
Ogółem	86	116284
Uwaga: Dane za 2006 r. Źródło:[286, Stahl 2008]; z wyjątkiem (¹)[372, Czech TWG member 2008].		

Tabela 1.4: Liczba instalacji zasadowych konwertorów tlenowych w 27 państwach członkowskich w UE i realizowana przez nie produkcja

Zasadowe konwertory tlenowe w 27 państwach członkowskich UE		
Państwo członkowskie UE	Liczba instalacji zasadowych konwertorów tlenowych	Produkcja (tys. ton/rok)
Austria	5	6 487
Belgia	8	8 172
Bułgaria	3	1 155
Czechy	4	6 283
Niemcy	21	32 550
Hiszpania	5	3 601
Finlandia	8	3 454
Francja	7	12 242
Węgry	2	1 650
Włochy	9	11 823
Holandia	3	6 223
Polska	6	5 766
Rumunia	5	4 374
Szwecja	3	3 585
Słowacja	4	4 715
Zjednoczone Królestwo	8	11 203
Ogółem	101	123 283
Uwaga: Dane za 2006 r. Źródło: [286, Stahl 2008].		

Tabela 1.5: Liczba instalacji do produkcji stali w elektrycznych piecach łukowych w 27 państwach członkowskich UE i realizowana przez nie produkcja

Produkcja stali w elektrycznych piecach łukowych w 27 państwach UE		
Państwo członkowskie UE	Liczba instalacji elektrycznych pieców łukowych	Produkcja (tys. t/rok)
Austria	3	643
Belgia	7	3 458
Bułgaria	6	696
Czechy	16	578
Niemcy	42	14 674
Grecja	7	2 416
Hiszpania	28	14 790
Finlandia	3	1 600

Francja	25	7 610
Węgry	2	439
Włochy	44	19 794
Luksemburg	3	2 802
Łotwa	-	3
Holandia	2	150
Polska	12	4 241
Portugalia	2	1 400
Rumunia	7	1 889
Szwecja	8	1 881
Słowenia	3	628
Słowacja	1	378
Zjednoczone Królestwo	10	2 666
Ogółem	231	82 736
Uwaga: Dane za 2006 r. Źródło: [286, Stahl 2008].		

Tabela 1.6: Liczba instalacji do ciągłego odlewania stali w 27 państwach UE i realizowana przez nie produkcja

Instalacje do ciągłego odlewania stali w 27 państwach członkowskich UE	
Państwo członkowskie UE	Produkcja (tys. ton/rok)
Austria	6 836
Belgia	11 631
Bułgaria	1 227
Czechy	6 145
Niemcy	45 497
Estonia	0
Grecja	2 416
Hiszpania	18 278
Finlandia	5 029
Francja	18 984
Węgry	2 085
Włochy	30 170
Luksemburg	2 802
Łotwa	548
Holandia	6 213
Polska	8 248
Portugalia	1 380
Rumunia	5 450
Szwecja	4 779
Słowenia	520
Słowacja	5 081
Zjednoczone Królestwo	13 652
Ogółem	196971
Uwaga: Dane za 2006 r. Źródło: [286, Stahl 2008].	

W latach 90. ubiegłego wieku nie odnotowano masowego wprowadzania radykalnie nowych technologii w UE. Zamiast tego klasyczne metody produkcji zostały dopracowane na różnych etapach (wielkie piece, stalownie, itp.), a ich wydajność została zwiększona poprzez usprawnienia w całym ciągu produkcyjnym. Pozwoliło to na znaczne redukcje w zużyciu energii i zmniejszenie poziomu zanieczyszczeń przy jednoczesnej poprawie jakości produktów.

1.3 Sytuacja gospodarcza i zatrudnienie w przemyśle hutniczym w UE

[27, EC Panorama 1997] [28, ECSC 1951] [200, Commission 2001] [250, EC 2006] [286, Stahl 2008] [291, EC 2006] [292, DGENTR 2007] [293, DGENTR 2007]

Globalizacja światowej gospodarki miała i ma duży wpływ na przemysł stalowy. Przemysł ten przechodzi intensywne zmiany strukturalne. W latach 90. ubiegłego wieku i w pierwszej dekadzie obecnego zmiany te charakteryzowały się rozwojem nowych koncepcji w hutnictwie (np. mini-elektroinstalownie, nowe koncepcje elektrycznych pieców łukowych, nowe technologie odlewania stali i technologie wytapiania bezpośredniego lub redukcji bezpośredniej). Bardzo konkurencyjne warunki rynkowe mogą przyspieszyć zmiany strukturalne i przyczynić się do konsolidacji w przemyśle stalowym. Jest to oczywiste, jeśli weźmie się pod uwagę coraz większą liczbę powiązań, spółek kooperacyjnych i przejęć. Rozwój w zakresie ciągłego odlewania stali miał niezmiernie pozytywny wpływ na wyniki ekonomiczne przemysłu stalowego w latach 70. i 80. ubiegłego wieku.

Stal jest kluczowym sektorem europejskiej gospodarki i źródłem jej konkurencyjności. Przy produkcji na poziomie 198 mln ton, 27 państw członkowskich UE zrealizowało w 2008 r. 15% światowej produkcji stali. Wartość rocznego obrotu w sektorze stalowym w UE wynosi około 150 000 mln euro, a zatrudnienie w sektorze jest na poziomie około 440 000 pracowników [184, European Union 2009]. Tabela 1.7 pokazuje rozwój zatrudnienia w 15 państwach UE w latach 1996 – 2004.

Tabela 1.7: Rozwój zatrudnienia w przemyśle hutniczym w UE w latach 1996 – 2004

Przemysł hutniczy w UE – rozwój zatrudnienia w latach 1996 – 2004 w 15 państwach członkowskich UE		
Państwo członkowskie UE	Liczba robotników i pracowników w 1996 r.	Liczba robotników i pracowników w 2004 r.
Austria	12 651	11 000
Belgia	22 638	17 700
Niemcy	114305	92 660
Dania	1 170	400
Grecja	2 006	2 000
Hiszpania	22 955	21 600
Finlandia	7 210	8 400
Francja	38 106	37 000
Irlandia	375	b.d.
Włochy	36 226	39 150
Luksemburg	5 196	4 100
Holandia	12 211	10 400
Portugalia	2 231	1 100
Szwecja	13 648	18 800
Zjednoczone Królestwo	36 527	20 950
Ogółem	327455	285 260

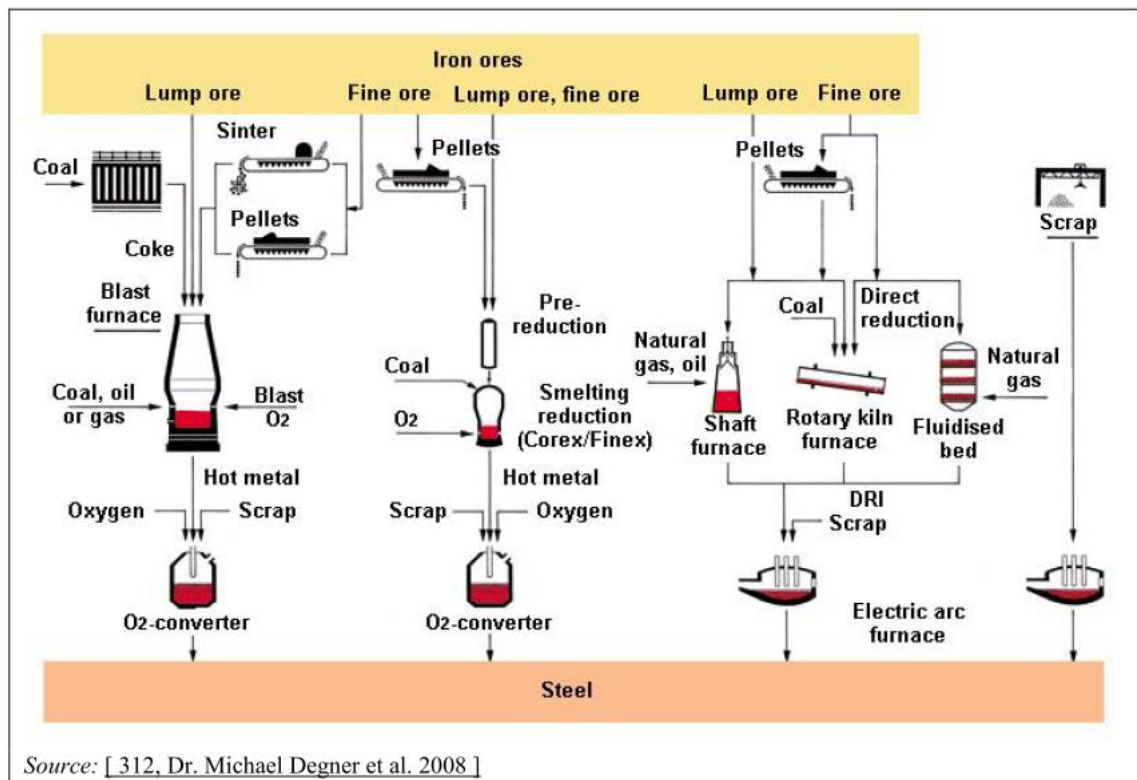
Uwaga: b.d. = brak danych
Źródło: [286, Stahl 2008].

1.4 Produkcja stali

[60, Hille et al.1997][200, Commission 2001]

Obecnie w produkcji stali stosowane są cztery procesy: klasyczny proces wielkopiecowy/konwertorowo-tlenowy, bezpośrednie topienie złomu (elektryczny piec łukowy), redukcja przez wytapianie i redukcja bezpośrednia (rysunek 1.4).

W 2006 r. produkcja stali w 27 państwach członkowskich UE opierała się na procesie wielkopiecowym/konwertorowo-tlenowym (około 59,8%) i procesie zachodzącym w elektrycznym piecu łukowym (około 40,2%) (patrz tabele 1.4 i 1.5). Procentowy udział bezpośredniej redukcji w światowej produkcji stali surowej w 2006 r. wynosił około 6,8%, co odpowiada 59,8 mln ton bezpośrednio zredukowanego żelaza (DRI). Uwzględniając planowane lokalizacje produkcji DRI, światowa produkcja DRI wzrośnie do 2010 r. do poziomu 80 mln ton. Produkcja DRI w Europie była ograniczona w 2006 r. do 704 000 ton (58 000 ton w Niemczech i 12 400 ton w Szwecji), co stanowi ok. 1,5% produkcji światowej. W 2006 r. w 27 państwach członkowskich UE odnotowano zużycie DRI w produkcji stali w elektrycznych piecach łukowych na poziomie 1 523 mln ton rocznie.



EN	PL
Iron ores	rudy żelaza
Lump ore	ruda gruboziarnista
Fine ore	ruda drobnoziarnista
Sinter	spiekanie
Coal	węgiel
Pellets	grudkowanie
Coke	koks
Blast furnace	wielki piec
Coal, oil or gas	węgiel, olej lub gaz

Blast	dmuch
O ₂	O ₂
Hot metal	surówka
Oxygen	tlen
Scrap	złom
O ₂ -converter	konwertor tlenowy
Prereduction	redukcja wstępna
O ₂	O ₂
Smelting reduction (Corex/Finex)	redukcja przez wytapianie (Corex/Finex)
Oxygen	tlen
Natural gas, oil	gaz ziemny, olej
Shaft furnace	piec szczybowy
Rotary kiln furnace	piec obrotowy
DRI	żelazo bezpośrednio
Scrap	redukowane (DRI)
	złom
Electric arc furnace	elektryczny piec łukowy
Direct reduction	redukcja bezpośrednia
Fluidised bed	złoże fluidalne
Natural gas	gaz ziemny
Steel	stal
<i>Source:</i> [312, Dr. Michael Degner et al. 2008]	<i>Źródło:</i> [312, Dr. Michael Degner et al. 2008]

Rysunek 1.4: Metody produkcji stali surowej

Do końca 2007 r. funkcjonowało w sumie 6 instalacji prowadzących redukcję przez wytapianie, produkujących w sumie 7,45 mln ton surówki rocznie. W żadnym z 27 państw członkowskich UE nie ma zakładów prowadzących redukcję przez wytapianie na skalę przemysłową. Dlatego też procesy te nie zostały opisane w tym rozdziale, lecz będzie o nich mowa w rozdziale 10: „Alternatywne technologie produkcji żelaza”.

Huty zintegrowane

Z czterech procesów wytwarzania stali opisanych powyżej, klasyczny proces wielkopieczowy/konwertorowo-tlenowy jest jak dotychczas najbardziej złożonym procesem przebiegającym w dużych przemysłowych kompleksach określanych jako huty zintegrowane, które zajmują obszary o powierzchni do kilku kilometrów kwadratowych (patrz rysunek 1.5). Huty zintegrowane charakteryzują się siecią współzależnych przepływów materiałów i energii pomiędzy różnymi jednostkami produkcyjnymi, z których większość została uwzględniona w niniejszym dokumencie referencyjnym (spiekalnie, grudkownie, koksownie, wielkie piece i stalownie konwertorowe z systemem odlewania stali). Przed podaniem szczegółowego opisu poszczególnych rodzajów zakładów, przedstawiony zostanie przegląd powyższych współzależności.



Source: [200, Commission 2001]

Rysunek 1.5: Widok z lotu ptaka na zintegrowaną hutę usytuowaną na wybrzeżu

Omówienie procesu

Przebieg procesu zachodzącego w hucie zintegrowanej omawianego w niniejszym dokumencie referencyjnym BAT pokazano na rysunku 1.6. Rysunek ten przedstawia schematyczny przegląd głównych materiałów wsadowych i produktów, strumienie emisji dla każdego etapu przebiegu procesu.

Główną jednostką operacyjną w zintegrowanej hucie jest wielki piec, w którym następuje wstępna redukcja tlenków rud, w wyniku której otrzymuje się ciekłe żelazo, zwane surówką. Nowoczesne wielkie piece o wysokiej wydajności wymagają fizycznego i metalurgicznego przygotowania wsadu. Wykorzystywane są dwa rodzaje zakładów przygotowania rudy: spiekalnie i grudkownie. Grudki są prawie zawsze wytwarzane z jednej ściśle określonej rudy żelaza lub koncentratu w kopalni i w takiej formie są transportowane. W Europie istnieje tylko jedna huta zintegrowana, w której działa także grudkownia. Spiek jest zasadniczo produkowany w hutach stali ze wstępnie przygotowanych mieszanek drobnej rudy żelaza, pozostałości i dodatków.

Głównymi reduktorami stosowanymi w wielkich piecach są koks i sproszkowany węgiel tworzący tlenek węgla i wodór, które redukują tlenki żelaza. Koks i węgiel działają również częściowo jako paliwo.

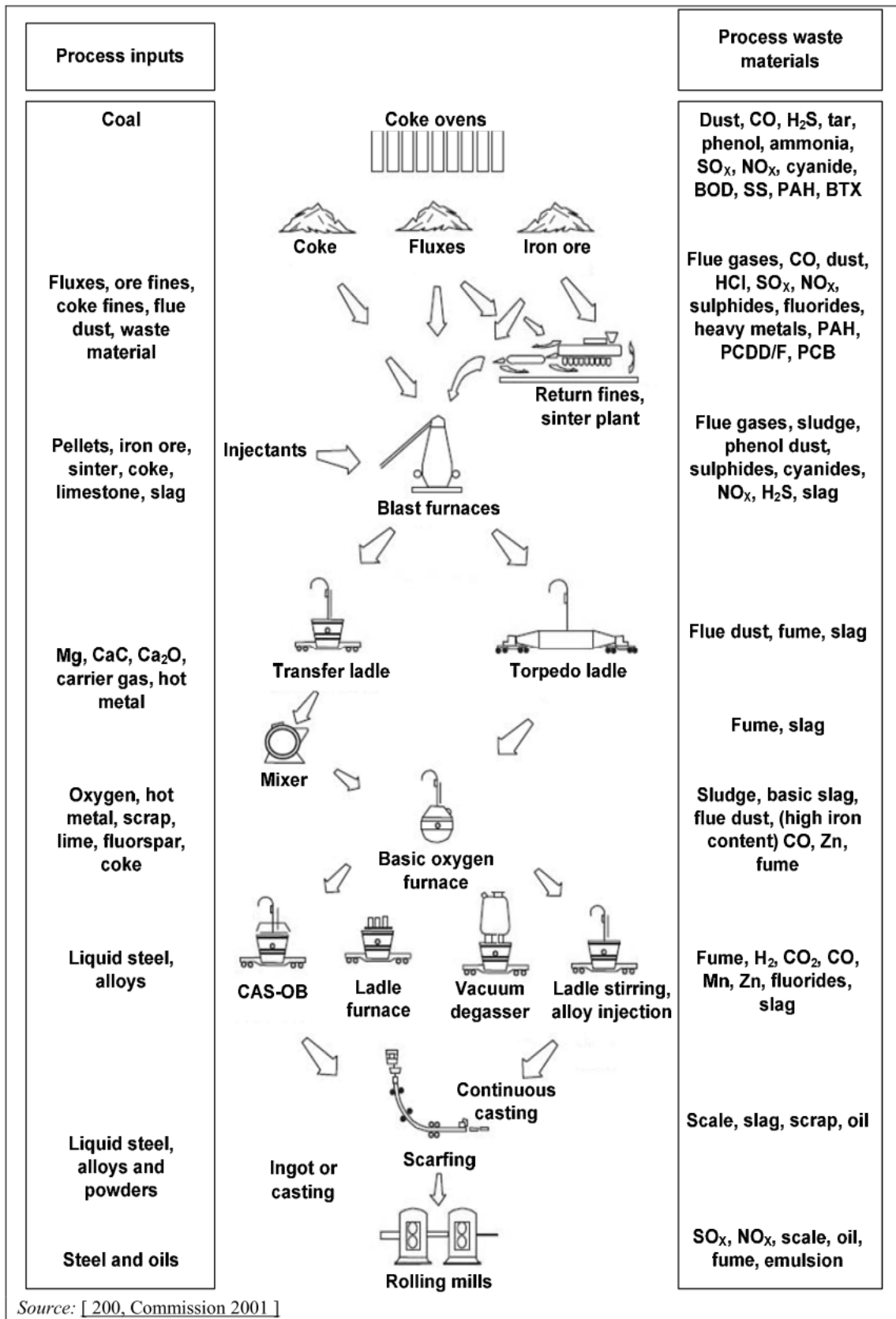
Koks jest produkowany z węgla z wykorzystaniem metody suchej destylacji w piecu koksowniczym i ma lepsze właściwości fizyczne i chemiczne niż węgiel. W wielu przypadkach stosowane są dodatkowe reduktory/paliwa, dostarczane przez wtryskiwanie oleju, wdmuchiwanie gazu ziemnego i (w niektórych przypadkach) tworzyw sztucznych. Gorący dmuch dostarcza tlenu potrzebnego do powstania tlenku węgla (CO), który jest podstawowym środkiem redukującym dla tlenków żelaza.

Wielki piec jest zasypywany od góry wsadem składającym się z naprzemiennie układanych warstw koksu, mieszanki spieku i/lub grudek, rudy kawałkowej i topników. Żelazo w piecu poddane jest stopniowej redukcji, a ciekłe żelazo (surówka) i żużel zbierane są na dnie wielkiego pieca, gdzie następuje ich spust.

Żużel z wielkiego pieca jest poddawany granulacji, grudkowaniu lub jest spuszczaony do dołów żużlowych. Granulki żużla lub grudki są zwykle sprzedawane do zakładów

produkujących cement. Żużel z dołów żużlowych może być również wykorzystany do budowy dróg.

Rysunek 1.6: Schemat przebiegu procesu zachodzącego w hucie zintegrowanej



Source: [200, Commission 2001]

EN	PL
Process inputs	Materiały wsadowe
Coal	Węgiel
Fluxes, ore fines, coke fines, flue dust, waste material	Topniki, ruda drobnoziarnista, koks drobnoziarnisty, pył piecowy, materiał odpadowy
Pellets, iron ore, sinter, coke, limestone, slag	Grudki, ruda żelaza, spiek, koks, wapień, żuzel
Mg, CaC, Ca ₂ O, carrier gas, hot metal	Mg, CaC, Ca ₂ O, gaz nośny, surówka
Oxygen, hot metal, strap, lime, fluorspar, coke	Tlen, surówka, złom, wapno, fluoryt, koks
Liquid steel, alloys and powders	Ciekła stal, dodatki stopowe
Steel and oils	Stal i olej
Coke ovens	Piece koksownicze
Coke	Koks
Fluxes	Topniki
Iron ore	Ruda żelaza
Return fines, sinter plant	Zwrotne materiały drobnoziarniste, spiekalnia
Injectants	Materiały wdmuchiwane
Blast furnaces	Wielkie piece
Transfer ladle	Kadź przewoźna
Torpedo ladle	Kadź typu torpedo
Mixer	Mieszalnik
Basic oxygen furnace	Zasadowy konwertor tlenowy
CAS-OB	CAS-OB
Ladle furnace	Pieckadziowy
Vacuum degasser	Urządzenie do próżniowego odgazowania
Ladle stirring, alloy injection	Mieszanie w kadzi, wdmuchiwanie dodatków stopowych
Continuous casting	Odlewania ciągłe stali
Ingot or casting	Wlewki lub odlew
Scarfig	Oczyszczanie płomieniowe
Rolling mills	Walcownie
Process waste materials	Odpady technologiczne

Dust, CO, H ₂ S, tar, phenol, ammonia, SO _x , NO _x , cyanide, BOD, SS, PAH, BTX	Pył, CO, H ₂ S, smoła, fenol, amoniak, SO _x , NO _x , cyjanek, BOD, zawiesiny ciał stałych, WWA, BTX
Flue gases, CO, dust, HCl, SO _x , NO _x , sulphides, fluorides, heavy metals, PAH, PCDD/F, PCB	Spaliny, CO, pył, HCl, SO _x , NO _x , siarczki, fluorki, metale ciężkie, WWA, PCDD/F, PCB
Flue gases, sludge, phenol dust, sulphides, cyanides, NO _x , H ₂ S, slag	Spaliny, szlam, fenol, pył, siarczki, cyjanki, NO _x , H ₂ S, żużel
Flue dust, fume, slag	Pył piecowy, dym, żużel
Fume, slag	Dym, żużel
Sludge, basic slag, flue dust (high iron content), CO, Zn, fume	Szlam, żużel, pył piecowy (wysoka zawartość żelaza), CO, Zn, wyziewy
Fume, H ₂ , CO ₂ , CO, Mn, Zn, fluorides, slag	Dym, H ₂ , CO ₂ , CO, Mn, Zn, fluorki, żużel
Scale, slag, strap, oil	Zendra, żużel, złom, olej
SO _x , NO _x , scale, oil, fume, emulsion	SO _x , NO _x , zendra, olej, dym, emulsja
<i>Source:</i> [200, Commission 2001]	<i>Źródło:</i> [200, Commission 2001]

Surówka z wielkiego pieca jest transportowana do zasadowego konwertora tlenowego, gdzie zawartość węgla (około 4%) jest obniżana do poniżej 1%, w wyniku czego powstaje stal. Odsiarczanie surówki przed procesem konwertorowym oraz rafinacja stali w kadzi (obróbka pozapiecowa) są ogólnie stosowane przy produkcji stali o wymaganej jakości. Z zasadowego konwertora tlenowego, ciekła stal jest odlewana do wlewków lub z wykorzystaniem metody ciągłego odlewania. W niektórych przypadkach stosowane jest odgazowanie próżniowe w celu poprawienia jakości stali.

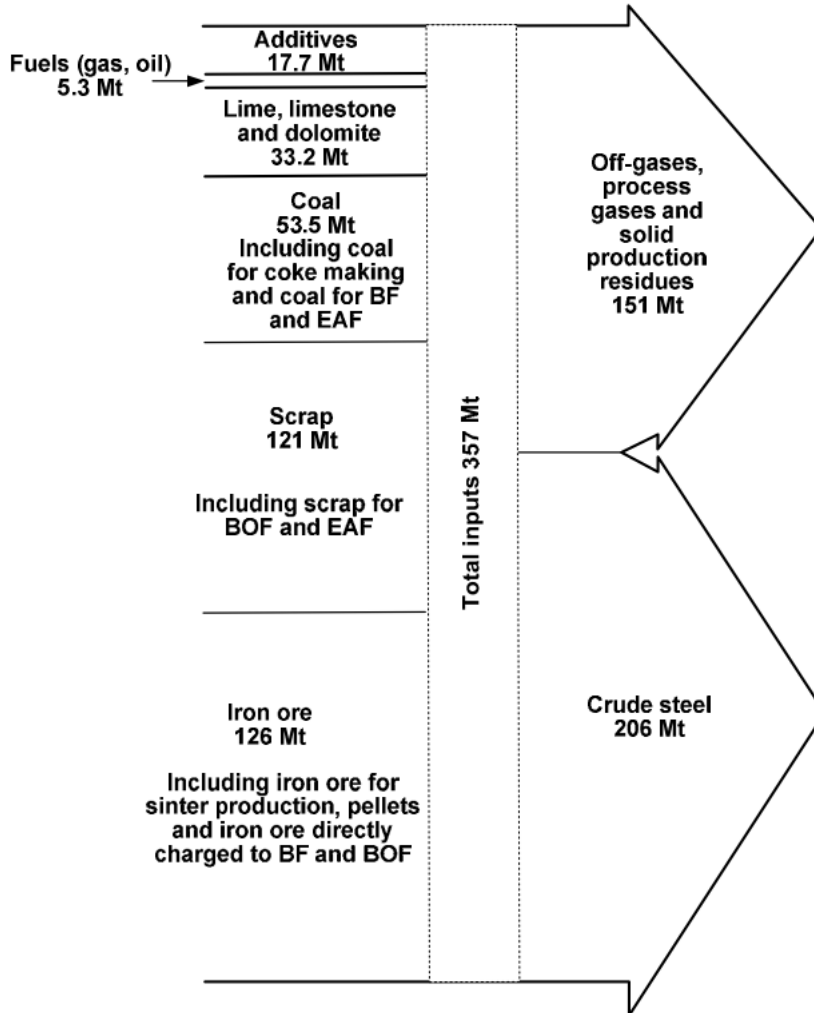
Wyroby odlewane takie, jak wlewki, kęsy płaskie, kęsy lub kęsiska kwadratowe, są następnie przerabiane na walcowniach i liniach wykańczających na wyroby gotowe do sprzedaży.

1.5 Oddziaływanie przemysłu hutniczego na środowisko naturalne

[200, Commission 2001] [240, UKEA 2004] [246, EC 2005] [289, EC 2007] [389, Briggs et al. 2004]

Przemysł hutniczy wykorzystuje w ogromnym stopniu zarówno materiały, jak i energię. Rysunek 1.7 przedstawia uproszczony schemat wejścia/wyjścia, na którym podano główne wejściowe strumienie masy razem z ilością stali surowej wyprodukowanej w 27 państwach członkowskich UE w 2006 roku. Przegląd nie uwzględnia wydobycia surowców, wody ani gazowych materiałów wsadowych innych niż paliwa. Nie są w nim także rozpatrywane działania w zakresie zwracania do obiegu. Na rysunku pokazano, że ponad połowa materiałów wejściowych ostatecznie przekształca się w gazy odlotowe i stałe pozostałości poprodukcyjne.

Input and Output of the Iron and Steel Industry in the EU 27 in 2006
 very rough overview about the most important mass streams (without water and gaseous inputs other than fuels) without consideration of any recycling and raw material mining



Source: [286, Stahl 2008] and Table 3.2, Table 4.1, Table 5.2, Table 6.2, Table 7.3 and Table 8.1

EN	PL
<p>Input and Output of the Iron and Steel Industry in the EU 27 in 2006</p> <p>very rough overview about the most important mass streams (without water and gaseous inputs other than fuels) without consideration of any recycling and raw material mining</p>	<p>Bilans materiałów wsadowych i produktów w przemyśle hutniczym w 27 państwach członkowskich UE w 2006 r.</p> <p>bardzo uproszczony schemat przedstawiający najważniejsze strumienie masy (bez uwzględnienia wody i lotnych materiałów wsadowych innych niż paliwa) bez rozpatrywania jakichkolwiek działań w zakresie zwracania do obiegu ani wydobycia surowców</p>
Additives 17.7 Mt	Dodatki 17,7 Mt

Lime, limestone and dolomite 33.2 Mt	Wapno, wapień i dolomit 33,2 Mt
Coal 53.5 Mt including coal for coke making and coal for BF and EAF	Węgiel 53,5 Mt w tym węgiel do produkcji koksu i węgiel wykorzystywany w wielkich piecach i elektrycznych piecach łukowych
Scrap 121 Mt Including scrap for BOF and EAF	Złom 121 Mt w tym złom wykorzystywany w zasadowych konwertorach tlenowych i w elektrycznych piecach łukowych
Iron ore 126 Mt Including iron ore for sinter production, pellets and iron ore directly charged to BF and BOF	Ruda żelaza 126 Mt w tym ruda żelaza do produkcji spieku, grudki i ruda żelaza ładowana bezpośrednio do wielkiego pieca i zasadowego konwertora tlenowego
Total inputs 357 Mt	Całkowita ilość materiałów wsadowych 357 Mt
Off-gases, process gases and solid production residues 151 Mt	Gazy odlotowe, gazy technologiczne i stałe pozostałości poprodukcyjne 151 Mt
Crude steel 206 Mt	Stal surowa 206 Mt
Source: [286, Stahl 2008] and Table 3.2, Table 4.1, Table 5.2, Table 6.2, Table 7.3 and Table 8.1	Źródło: [286, Stahl 2008] oraz tabela 3.2, tabela 4.1, tabela 5.2, tabela 6.2, tabela 7.3 i tabela 8.1

Rysunek 1.7: Przegląd materiałów wsadowych i produktów w przemyśle hutniczym w 27 państwach członkowskich UE w 2006 r.

W oparciu o dwa najważniejsze sposoby przebiegu procesów produkcji stali zachodzące w spiekalniach/grudkowniach/pieczach koksowniczych/wielkich piecach/konwertorach tlenowych i w elektrycznych piecach łukowych, kluczowe zagadnienia dotyczące ochrony środowiska wymagające podjęcia działań można podsumować w następujący sposób: Spiekalnie

Spiek, będący produktem procesu spiekania materiałów zawierających żelazo, jest głównym składnikiem wsadu do wielkiego pieca. Główne emisje z kominów spiekalni stanowią do 50% całkowitych emisji pyłu z hut zintegrowanych. Pozostałymi istotnymi substancjami zanieczyszczającymi uwalnianymi wraz z emisją gazów odlotowych z taśmy spiekalniczej i chłodni są metale ciężkie, SO₂, HCl, HF, WWA i trwałe zanieczyszczenia organiczne (takie jak PCB i PCDD/F). Innymi poważnymi problemami jest odzysk ciepła jawnego i wykorzystanie odpadów stałych. Proces ten niesie ze sobą korzyści środowiskowe związane z zawracaniem do obiegu zawierających duże ilości żelaza stałych produktów ubocznych procesów następczych i z możliwością odzyskiwania ciepła.

- Grudkownie

Grudkowanie jest kolejnym procesem stosowanym do zbrylania materiałów zawierających żelazo. Głównym problemem środowiskowym związanym z tym procesem są emisje do atmosfery. Wśród innych ważnych kwestii odnoszących się do grudkowni należy wymienić

wykorzystanie ciepła jawnego, oczyszczanie wody odpadowej i wewnętrzne wykorzystanie pozostałości technologicznych.

- Koksownie

Koksownia składa się z jednej lub większej liczby baterii koksowniczych i układu opalania baterii oraz oddziału oczyszczania gazów procesowych, w którym występują największe emisje do atmosfery. Głównym źródłem emisji do atmosfery są spaliny powstające w trakcie opalania. Ponadto znaczącą część emisji stanowią emisje niezorganizowane mające różne źródła np. rozładunek, magazynowanie, transport, rozdrabnianie i uśrednianie (przygotowanie) węgla, wycieki spod pokryw i ram pieca i drzwi piecowych, rury wznosne i otwory do zasypywania węgla oraz wypychanie koksu z komór, i wreszcie gaszenie koksu i sortowanie (kruszenie i przesiewanie), transport, przeładunek i magazynowanie. Baterie koksownicze mogą być źródłem rozproszonych/niezorganizowanych emisji lotnych związków organicznych do atmosfery, podczas gdy zakłady produktów ubocznych są źródłem emisji rozproszonych/niezorganizowanych amoniaku i BTX i mogą być także źródłem nieprzyjemnych zapachów. Problemem są emisje pyłu i SO₂ w koksowniach i innych zakładach, w których wykorzystywany jest gaz koksowniczy. Dlatego też odsiarczanie gazu koksowniczego jest priorytetowym działaniem mającym na celu zminimalizowanie tych emisji. Kolejną istotną kwestią jest utylizacja ścieków koksowniczych. Zoptymalizowane zarządzanie przepływami gazu koksowniczego i wykorzystywanie go w innych procesach zachodzących w hutach zintegrowanych pozwala na zaoszczędzenie energii i zminimalizowanie emisji do atmosfery.

- Zakłady wielkopiecowe

Znaczące emisje do wszystkich komponentów środowiska mają miejsce w przypadku stosowania procesu wielkopiecowego do produkcji surówki z materiałów zawierających żelazo. W związku z wysokim zużyciem reduktorów (głównie koksu i węgla), w procesie tym zużywana jest większość całkowitej energii doprowadzanej do huty zintegrowanej. Odnotowywane są znaczące emisje do wszystkich komponentów środowiska. Zostały one opisane poniżej. Główne problemy środowiskowe są związane z pyłem, ściekami powstałymi podczas oczyszczenia gazu wielkopiecowego, emisje powstające podczas obróbki żużla, takie jak SO₂ i H₂S, które mogą prowadzić do powstawania uciążliwych zapachów, pyłu i osadów, i wreszcie minimalizacja zużycia energii.

- Zakłady działające w oparciu o zasadowe konwertory tlenowe

W przypadku produkcji stali konwertorowej świeżonej tlenem najpoważniejsze problemy środowiskowe powodowane są przez emisje do atmosfery zanieczyszczeń pochodzących z różnych źródeł, np. pierwotnego i wtórnego odpylania, wstępnej obróbki surówki i obróbki pozapiecowej stali oraz różnych stałych osadów technologicznych. Ponadto ścieki powstające podczas mokrego odpylania (gdy jest ono stosowane) i odlewania ciągłego stali. Szczególną uwagę należy zwrócić na emisje rozproszone pyłów, które powstają w przypadku nieoptymalnego działania systemów wychwytywania emisji wtórnych.

- Zakłady działające w oparciu o elektryczne piece łukowe

Bezpośrednie wytapianie materiałów zawierających żelazo (głównie złomu) jest zazwyczaj przeprowadzane w elektrycznych piecach łukowych, które zużywają duże ilości energii elektrycznej i są źródłem znacznych emisji do atmosfery. W wyniku procesów zachodzących w tych piecach powstają znaczne ilości stałych pozostałości technologicznych, takich jak odpady i produkty uboczne (głównie pył osadzony w filtrze i żużel). Na emisje do atmosfery pochodzące z elektrycznych pieców łukowych składa się szereg związków nieorganicznych (pył tlenku żelaza i metale ciężkie) oraz związki organiczne takie jak trwałe zanieczyszczenia organiczne (np. PCB czy PCDD/F).

Zużycie energii

Produkcja żelaza i stali wymaga znacznych nakładów energii. Podczas zużycia energii produkowany jest gaz cieplarniany CO₂. Emisje CO₂ powstają na różnych etapach procesów produkcji żelaza i stali. Ich powstawanie jest uzależnione od trzech głównych czynników, którymi są: a) doprowadzenie do osiągnięcia wystarczającej temperatury niezbędnej do przeprowadzenia koniecznych reakcji chemicznych i obróbki fizycznej, b) dostarczenie do systemu reduktora (głównie CO) w celach redukcji tlenku żelaza, oraz c) dostarczenie energii i pary koniecznej do funkcjonowania huty.

Średnie zużycie energii do produkcji stali w elektrycznych piecach łukowych w Europie wynosi około 1,8 GJ/tonę ciekłej stali. Jednakże uwzględniając efektywność dostaw energii zużycie energii pierwotnej jest znacznie większe. Do przeprowadzenia procesów konieczne jest także dostarczenie energii uzyskanej z paliw kopalnych na średnim poziomie około 0,5 GJ/tonę ciekłej stali (według tabeli 8.1).

W związku z faktem, że CO₂ powstający podczas zużycia energii jest gazem cieplarnianym (GHG), cel w zakresie oszczędności energii został zasadniczo zmieniony. Obecnie oszczędności w tym zakresie są postrzegane jako element rozwiązania problemu globalnego ocieplenia, będącego ogólnoswiatowym problemem środowiskowym.

Jak wspomniano w dokumencie IPCC: „Zmiana klimatu 2007: raport syntetyczny”, nie ma jednej ściśle określonej polityki w zakresie łagodzenia zmian klimatycznych. Rozwiązaniem jest raczej podejmowanie szeregu działań łagodzących w celu stabilizacji stężeń gazów cieplarnianych w atmosferze [40, IPCC 2007].

Jeśli chodzi o produkcję żelaza i stali, emisje CO₂ zależą w dużej mierze od rodzajów i ilości reduktorów (np. koksu, węgla czy oleju) wykorzystywanych w wielkich piecach (patrz część 6.1.3.1 i część 6.2.2.4). Dlatego też przemysł stalowy wdraża aktywnie szereg działań mających na celu zmniejszenie ogólnego zużycia energii i emisji GHG, w szczególności CO₂. Przeprowadzone zostały intensywne działania mające na celu zmniejszenie zapotrzebowania na reduktory do poziomu zbliżonego do minimalnego zapotrzebowania stechiometrycznego (patrz część 6.3). W 1980 r. zapotrzebowanie na energię wynosiło 23 GJ/tonę ciekłej stali i jest od tego czasu systematycznie zmniejszane. W 2004 r. w przypadku nowoczesnych hut zintegrowanych było ono na poziomie ok. 18 GJ/tonę ciekłej stali [35, Dr. Luengen, H.B. 2005].

Zużycie energii jest ciągle zmniejszane przez wprowadzanie do procesów produkcji stali energooszczędnych urządzeń i poprzez poprawę wydajności zakładów konwersji energii, takich jak elektrownie. Energooszczędne urządzenia obejmują urządzenia do odzyskiwania utraconej energii. Kolejnym miernikiem jest optymalizacja zużycia energii i kosztów poprzez wdrożenie systemu zarządzania energią całkowitą. Wszystkie te działania zostały opisane w niniejszym dokumencie.

Redukcja bezpośrednia (DR) może przyczynić się w pewnym stopniu do ograniczenia emisji CO₂ (patrz część 10.1).

Ponadto oprócz działań mających na celu generowanie oszczędności energii i osiągnięcie poprawy w zakresie wydajności, opracowywane są także projekty na rzecz ograniczania emisji dwutlenku węgla poprzez jego wychwytywanie i magazynowanie. Projekty te zostały także opisane w niniejszym dokumencie (patrz część 11.1.1 i część 11.1.2).

Inne zagadnienia

Innymi istotnymi zagadnieniami rozpatrywanymi w niniejszym dokumencie są uciążliwe zapachy i emisje hałasu, które w przypadku pewnych procesów mogą być dość znaczne.

Zagadnieniami istotnymi w odniesieniu do hutnictwa żelaza i stali nieuwzględnionymi w niniejszym dokumencie jest lokalne zanieczyszczenie gleby i zanieczyszczenie wód gruntowych.

Tabele od 1.8 do 1.10 zawierają szczegółowy przegląd źródeł emisji i uwalnianych substancji na różnych etapach procesów produkcji żelaza i stali.

Tabela 1.8: Pierwsza tabela pokazująca możliwe drogi uwalniania określonych substancji i innych substancji mogących powodować szkody dla środowiska

ŹRÓDŁA UWALNIANE SUBSTANCJE	Transport i nrzeladunek	Spiekalnia: oczyszczanie spalin	Spiekalnia emisie wtórne	Grudkowanie	Proszkowanie węgla	Nagrzewnice dmuchu wielkoniecowego	Hala materiałów wsadowych	Oczyszczanie wielkiego pieca z	Hala lejnica	Odsiarczanie	BOF: przedmuchiwanie	BOF: ładowanie/spust	EAF: ładowanie	EAF: stapanie i rozdrabnianie	EAF: spuszczenie płynnej stali i żużla
Tlenki siarki		A		A		A			A	A	A		A	A	
Tlenki azotu		A		A		A							A	A	
Dwutlenek węgla		A		A		A		A		A	A	A	A	A	
Tlenek węgla		A		A		A		A		A	A		A	A	
Chlorowodór		A		A								A	A		
Fluorowodór		A		A										A	
Siarkowodór								A							
Amoniak								w							
Tlenki żelaza	Aw	A	A	A			A	A	A	A	A	A	A	A	A
Metale alkaliczne		A	A	A				A	A	A	A	A			
Metale ziem alkalicznych		A	A	A			A	A	A	A	A	A			
Cząstki stałe tlenków metali	Aw	A	A	A			A	A	A	A	A	A			
Niemetaliczne cząstki stałe	Aw	A	A	A	A		A	A	A	A	A	A			
Żelazo metaliczne												A			
Fluorki nieorganiczne			A	A				A			A	A			
Cyjanowodór								w							
Kadm i tlenek kadmu	W	A		A				A			A	A	A	A	
Cynk, ołów i ich tlenki	w	A		A				A			A	A	A	A	
Inne metale i ich tlenki	Aw		A	A									A	A	A
Związki forforu								wg			Aw				
Siarka										g	A				
Węgiel								A				A			
Inne nieorganiczne substancje chemiczne	A W												A	A	
Oleje i smary	w														
Żużel								Gg			Gg			Gg	Gg

ziemalkalicznych															
Cząstki stałe tlenków metali										Awg	Ag	Awg	wg	Ag	
Niemetaliczne cząstki stałe													wg		
Żelazo metaliczne	Ag								A				wg		
Fluorki nieorganiczne	Ag	A													
Cyjanowodor	AGg	A													
Kadm i tlenek kadmu					Wg	A	g								
Cynk, ołów i ich tlenki					wg	A	g			Awg	Ag	Awg		Ag	
Inne metale i ich tlenki			A	A	wGg	A	Gg		A	Awg		Awg		AGg	
Związki fosforu			A												
Siarka													wg		
Węgiel															
Inne nieorganiczne substancje chemiczne	Ag	AGg	A												
Oleje i smary										w					
Żużel odpadowy	Ag		Gg	AGg	g	Gg		Gg	Gg	Gg	Gg		Gg	Gg	
Osady												wg			
Odpady ogniotrwałe	AGg				g	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg		Gg		
PCDD/F															
Lotne związki organiczne															

Uwaga: — Główne substancje zanieczyszczające: A = Uwalnianie do atmosfery

W = Uwalnianie do wody

G = Uwalnianie do gleby

— Inne substancje: a = Uwalnianie do atmosfery

w = Uwalnianie do wody

g = Uwalnianie do gleby

— Substancje obejmują także ich związki z wyjątkiem sytuacji gdy podane jest oddzielne odniesienie do danego związku. Substancje uwalniane do atmosfery mogą być także uwalniane do gleby i wody, w zależności od stosowanej techniki redukcji, np. poprzez gromadzenie pyłów, osadów czy odpadów ciekłych.

Tabela 1.10: Trzecia tabela pokazująca potencjalne drogi uwalniania określonych substancji i innych substancji mogących powodować szkody dla środowiska

→ ŹRÓDŁA UWALNIANE SUBSTANCJE ↓	Emisje powstające podczas załadunku pieca	Przecieki przez pokrywą	Przecieki przez drzwi	Emisje powstające podczas przegarmiania	Spaliny z pieca koksowniczego (konin baterii)	Odpowietrzanie awaryjne	Podnoszenie w sytuacjach awaryjnych temp. kąpieli metalowej aż do zapalenia się	Spalanie amoniaku – gazy resztkowe	Oczyszczanie ścieków – spust	Oczyszczanie ścieków – szlam	Usuwanie siarki i cieczy ze skrubera oraz odsiarczanie	Dekantatory i odpowietrzniki na zbiornikach magazynowych
Cząstki stałe	A	A	A	A	A	A	A	A				
Dwutlenek siarki				A	A		A	A				
Siarkowodór		A	A	A		A						A
Tlenki azotu				A	A		A	A				
BTX		A	A	A		A					A	A
WWA	a	a	A	A		A						a
LZO	A	A	A	A	a						A	A
Fenole		A	A	A		A					A	A
Metan	A	A	A	A		A						A
Tlenek węgla	A	A	A	A	A	A						
Pary smoły		A	A	A		A	A	A				
Cyjanowodór		A	A	A		A						A
Zawiesiny ciał stałych									w			
Amoniak	A	A	A	A		A			w			
Cyjanek									w			
SCN									w			
Metale									W	g	g	
Siarka											g	

Uwaga: — Główne substancje zanieczyszczające: A = Uwalnianie do atmosfery

W = Uwalnianie do wody

G = Uwalnianie do gleby

— Inne substancje: a = Uwalnianie do atmosfery

w = Uwalnianie do wody

g = Uwalnianie do gleby

— Substancje obejmują także ich związki z wyjątkiem sytuacji gdy podane jest oddzielne odniesienie do danego związku. Substancje uwalniane do atmosfery mogą być także uwalniane do gleby i wody, w zależności od stosowanej techniki redukcji, np. gromadzenie pyłów, osadów czy odpadów ciekłych.

Źródło: [240, UKEA 2004] Uzupełnienia: [110, Brouhon 2008] [318, Eurofer 2007].

Tabela 13.4 w części 13.5 załącznika V zawiera przykład szablonu do opracowania odpowiednich danych środowiskowych w sektorze hutnictwa żelaza i stali.

2STOSOWANE PROCESY I TECHNIKI

Omówienie procesu na rysunku 1.6 przedstawia różne jednostki produkcyjne huty zintegrowanej. Poszczególne jednostki są powiązane zarówno pod względem przepływów produktów i wewnętrznych przepływów pozostałości (zgorzelina walcownicza, pyły z filtrów, szlamy ze scrubbingu gazu BF lub gazu BOF itp.), wody (wspólne oczyszczanie różnych strumieni ścieków, kaskadowe stosowanie wody chłodzącej, itp.) i energii (COG, gaz BF, gaz BOF, para z turbin ciśnieniowych BF lub proces BOF, itp.). Współzależności te przewidziano w celu zarówno minimalizacji emisji i optymalizacji wydajności i zmniejszenia kosztów.

Problemy związane ze współzależnościami w różnych procesach produkcji/jednostkach w odniesieniu do energii, produktów ubocznych/pozostałości, powietrza i wody są omawiane w niniejszym rozdziale.

2.1 Zarządzanie energią w przemyśle stali

[241, Poland 2007] [277, Wiesenberger 2007] [281, Eurofer 2007] [375, IISI 1998]

Kwestie związane z energią zostały omówione w każdym rozdziale dedykowanym danemu procesowi (tj. w rozdziałach 3-8). Jednak niniejsza sekcja ma na celu zademonstrowanie współzależności energetycznych między różnymi procesami w hutach zintegrowanych.

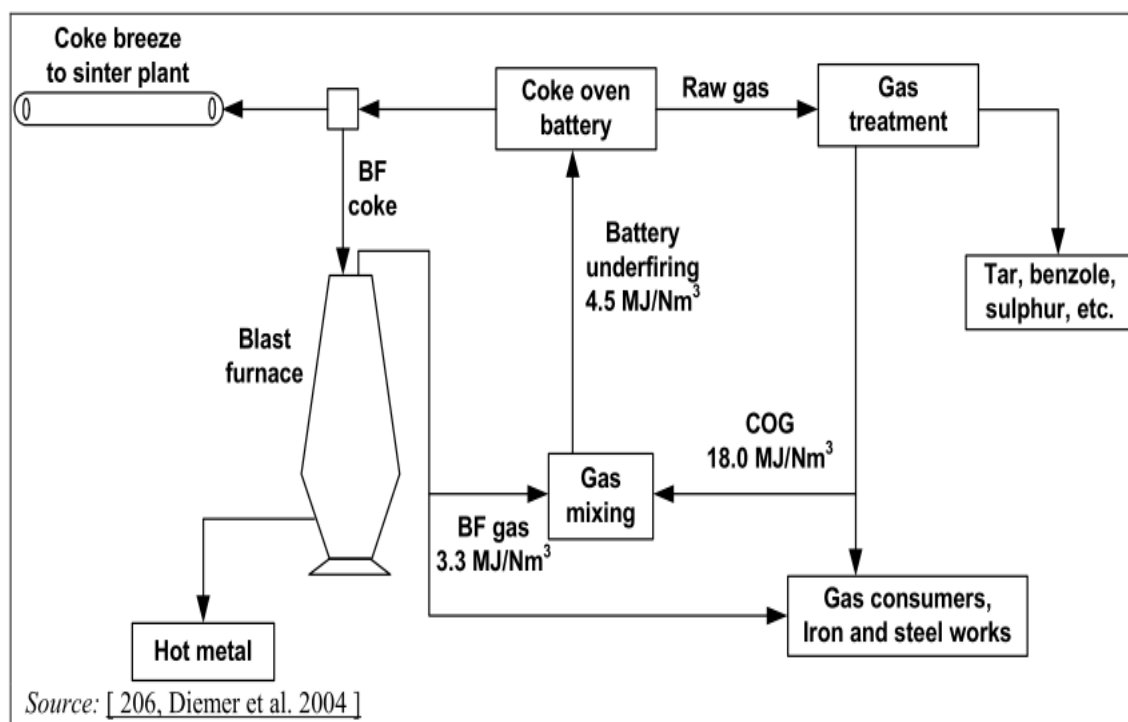
2.1.1 Wykorzystanie przepływu energii i gazu procesowego w hucie zintegrowanej

Współzależności energetyczne w hucie zintegrowanej mogą być skomplikowane. Rysunek 2.2 pokazuje przykład przepływów wejściowych i wyjściowych różnych rodzajów energii i środków redukujących wraz z wewnętrznym przepływem energii huty zintegrowanej.

Dominującymi elementami wejściowymi są węgiel, ciężki olej i w przypadku zewnętrznego zakupu - koks. Elementy wejściowe służą głównie do produkcji koksu w koksowni i jako czynniki redukujące w wielkim piecu. Często stosowane są alternatywne środki redukujące w wielkim piecu, takie jak węgiel, smoła węglowa lub olej, które są wstrzykiwane do wielkiego pieca na poziomie dyszy. Zużyte oleje, tłuszcze, różne gazy (np. gaz koksowniczy) i inne węglowodory, takie jak z odpadów z tworzyw sztucznych, również mogą być wtryskiwane (patrz sekcja 6.3.12).

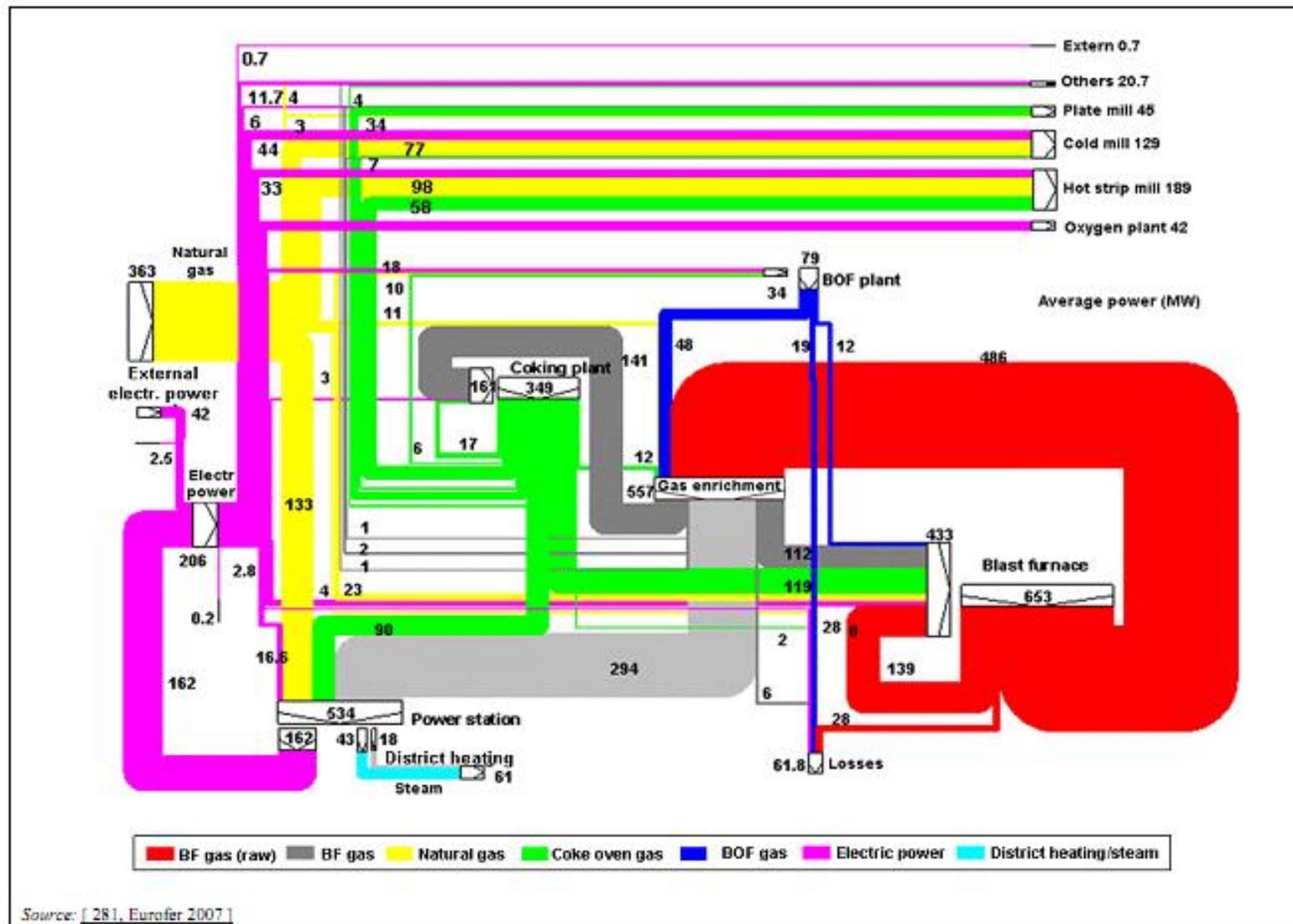
Jakość (wartość opałowa i czystość) i ilość różnych gazów różnią się znacznie i te czynniki mają wpływ na to, gdzie można sensownie wykorzystywać paliwa. Aby zoptymalizować efektywność energetyczną, konieczne jest, aby każdy gaz paliwowy stosowano w najbardziej odpowiednim zakładzie.

Podstawowym zadaniem w zakresie gospodarki energetycznej w przemyśle stalowym jest efektywna dystrybucja i zastosowanie gazów procesowych i zakupionych paliw. Dobra struktura zakładu może dodatkowo ułatwić to zadanie. Gaz koksowniczy (COG), gaz wielkopiecowy (gaz BF) i gaz konwertorowego (gaz BOF) stanowią podstawę systemu energetycznego w hucie zintegrowanej. Większość zapotrzebowania na energię zaspokajają te gazy; pozostała część musi zostać zrównoważona zakupioną energią, normalną energią elektryczną i gazem ziemnym. Aspekty te ilustruje rysunek 2.1 i 2.2.



EN	PL
Coke breeze to sinster plant	Koksik do spiekalni
BF coke	Koks BF
Blast furnace	Wielki piec
Hot metal	Gorący metal
BF gas	Gaz BF
Gas mixing	Mieszanie gazu
Gas consumer	Konsumenci gazu
Iron and steel works	Huta żelaza i stali
Coke oven battery	Akumulator pieca koksowniczego
Raw gas	Surowy gaz
Gas treatment	Przetwarzanie gazu
Tar, benzole, sulphur etc.	Smar, benzol, siarka itp.
Battery underfiring	Akumulator systemu opalania
Source	Źródło

Rysunek 2.1: Schemat przepływu typowego zastosowania gazu w zintegrowanej spiekalni, produkcji koksu i gorącego metalu



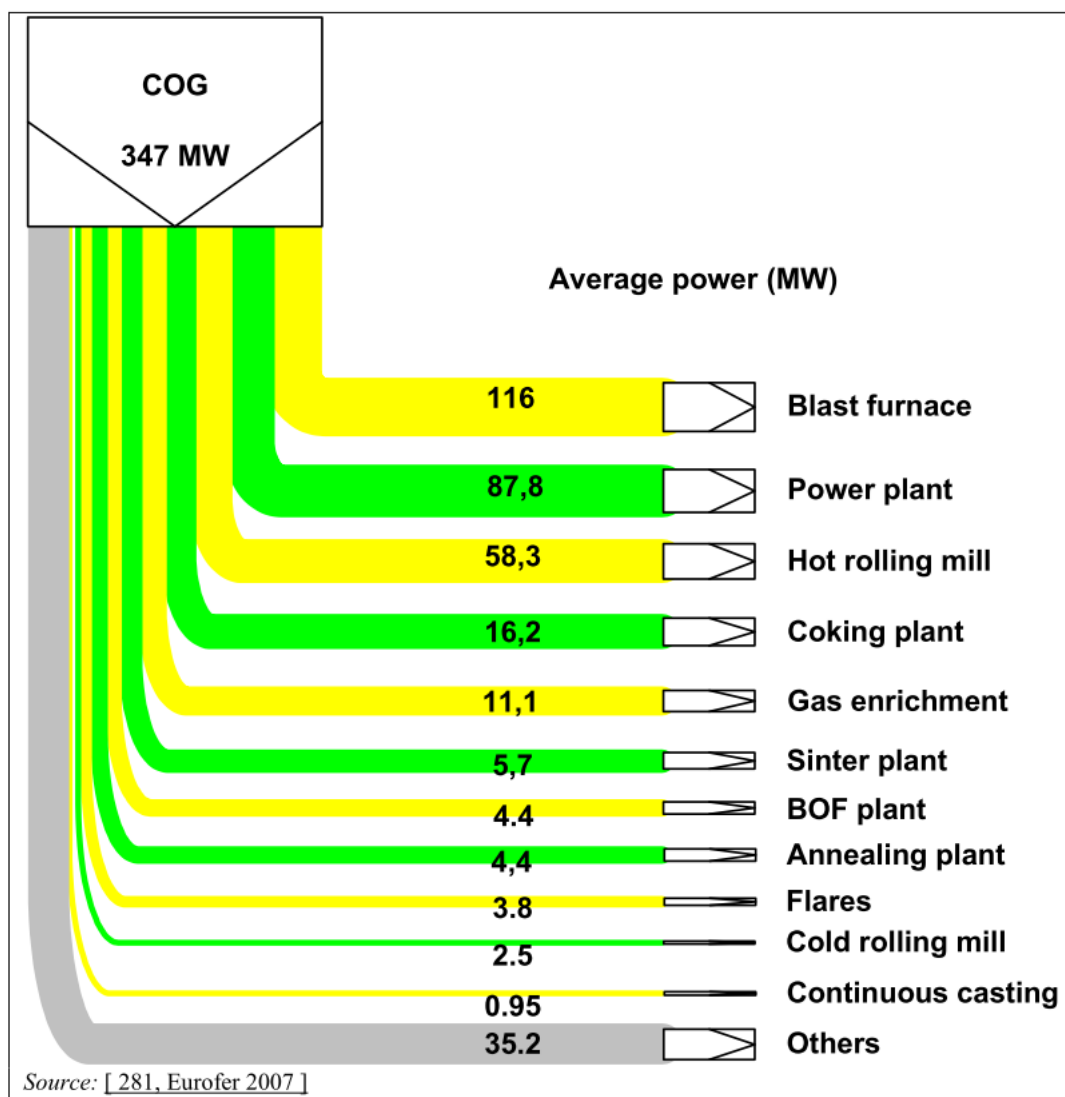
Rysunek 2.2 Przykład przepływu energii w hucie zintegrowanej

EN	PL
BF gas (Raw)	Gaz BF (surowy)
BF gas	Gaz BF
Natural gas	Gaz ziemny
Coke oven gas	Gaz z pieca koksowniczego
GOF gas	Gaz GOF
Electric Power	Energia elektryczna
District heating/steam	Sieć ciepłownicza/para
Source	Źródło
Losses	Straty
Power station	Elektrownia
Blast furnace	Wielki piec
Gas enrichment	Wzbogacanie gazu
Coking plant	Zakład koksowniczy
Average power (MW)	Średnia moc (MW)
External electr Power	Zewnętrzna energia elektryczna
Natural gas	Gaz ziemny
BOF plant	Zakład BOF
Average Power (MW)	Średnia moc (MW)
Oxygen plant	Instalacja tlenowa
Hot strip mill	Piec grzewczy do walcarek
Cold mill	„Zimna” walcownia
Plate mill	Walcownia blach grubych
Others	Inne
Extern. 07	Zewnętrz. 07

Paliwa w hucie zintegrowanej

Gaz koksowniczy (COG)

Gaz koksowniczy COG generowany podczas karbonizacji (koksowania) zwykle jest czyszczony przed jego zastosowaniem jako gazu paliwowego. Czyszczenie obejmuje usuwanie smoły, naftalenu, oleju lekkiego, związków, które zawierają siarkę i usuwanie lub kraking (do wodoru) amoniaku. Jak wskazuje rysunek 2.3 w hucie zintegrowanej jest kilka opcji stosowania COG. Ponieważ ma najwyższą wartość opałową ze wszystkich gazów procesowych, jest zwykle używany do wzbogacenia wartości opałowej innych gazów procesowych do zastosowania w wielkich piecach oraz w piecach grzewczych dla walcarek i innych procesów wysokotemperaturowych lub do spalania w piecach koksowniczych. Nadwyżka COG może zostać wykorzystana w wielkich piecach jako alternatywny czynnik



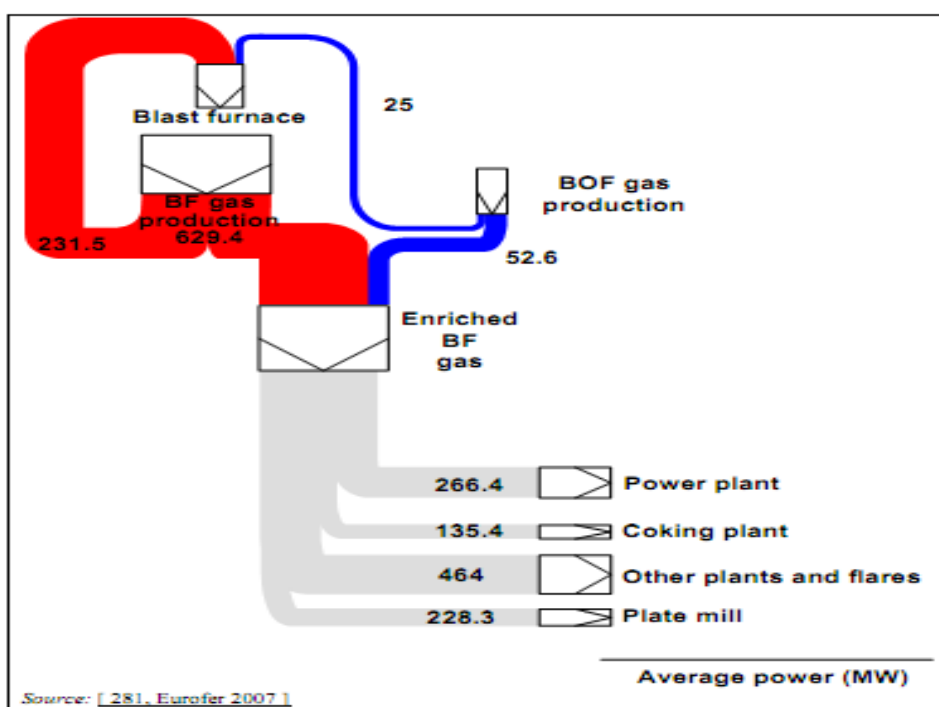
redukujący (patrz sekcja 6.3.12.3), a także wykorzystana w elektrowni. Przedstawiono przykłady zastosowań COG w hucie zintegrowanej na Rysunek2.3.

EN	PL
Others	Inne
Continuous casting	Ciągłe odlewanie
Cold rolling mill	„Zimna walcownia”
Flares	Pochodnie
Annealing plant	Zakład wyżarzania
BOF plant	Zakład BOF
Sinter plant	Spiekalnia
Gas enrichment	Wzbogacanie gazu
Coking plant	Zakład koksowniczy
Hot rolling mill	„Gorąca” walcownia
Power plant	Elektrownia
Blast furnace	Wielki piec
Average power (MW)	Średnia moc (MW)
Source	Źródło

Rysunek 2.3 Przykład zastosowania gazu koksowniczego w hucie zintegrowanej

Gazy wielkopieczowe i konwertorowe (gaz BF i gaz BOF)

Gaz wielkopieczowy jest gazem z najniższą wartością opałową i temperaturą płomienia. W rezultacie, najlepiej go stosować w procesach o niskiej temperaturze takich jak te przebiegające w samym wielkim piecu (piec z gorącym dmuchem) i zakładach z piecami koksowniczymi (dolne opalanie). Nagrzewnice wielkiego pieca można podgrzewać wyłącznie, stosując gaz BF. Wszelki pozostały gaz BF można zastosować w elektrowni do produkcji energii elektrycznej i pary procesowej. Gaz BOF może być stosowany jako gaz wzbogacający w celu poprawy wartości opałowej gazu BF. Przykład przepływu gazów BF i BOF przedstawiono na Rysunek 2.4.



EN	PL
Blast furnace	Wielki piec
BF gas production	Produkcja gazu BF
BOF gas production	Produkcja gazu BOF
Enriched BF gas	Wzbogacony gaz BF
Power plant	Elektrownia
Coking plant	Zakład koksowniczy
Other plants and flares	Inne zakłady/instalacje i pochodnie
Plate mill	Walcownia blach grubych
Average Power (MW)	Średnia moc (MW)
Source	Źródło

Rysunek 2.4 Przykład przepływu gazu BF and BOF w hucie zintegrowanej

Gaz powstający w procesie konwertorowym składa się przede wszystkim z tlenku węgla. Gaz jest czyszczony lub podlega scrubbingowi w zakładzie oczyszczania. Po oczyszczeniu gazu, jest on przekazywany do instalacji odzysku gazu BOF. Instalacja składa się ze stacji chłodzącej, zbiornika pomiarowego i pompowni gazowej. Po zmieszaniu gazu BOF z gazem BF, jest on spalany w walcowni lub zakładach kogeneracyjnych.

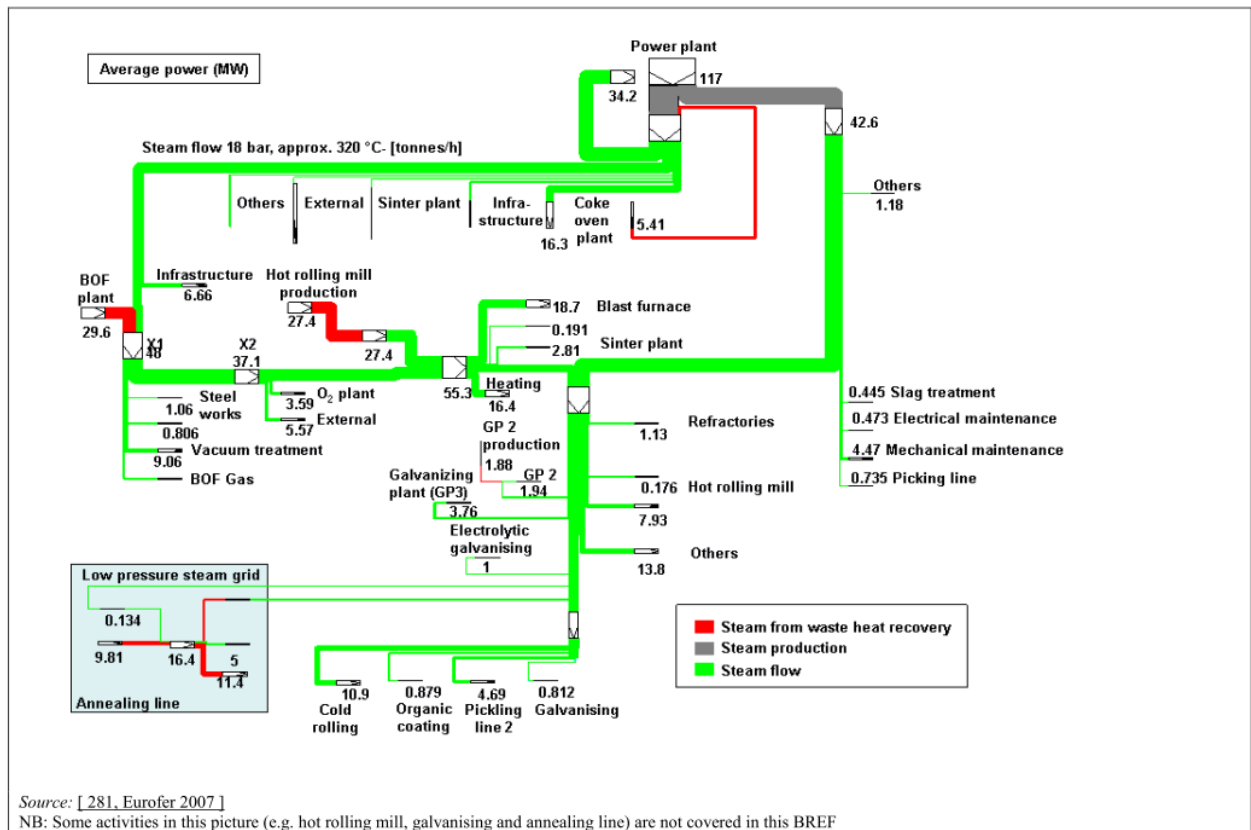
2.1.2 Zarządzanie parą i ciepłem w hucie zintegrowanej

W hucie zintegrowanej istnieje potrzeba z jednej strony stosowania pary do celów grzewczych. Z drugiej strony potrzebna jest para do określonych procesów. Najwięcej pary procesowej zużywają operacje wielkopiecowe, te mające miejsce w koksowni i obróbka próżniowa w zakładzie stali. Inne działania, nieujęte w tym dokumencie, takie jak procesy czyszczenia w zakładach cynkowania i wyżarzania oraz wstępna obróbka w instalacjach wytrawiania również zużywają parę.

W sytuacjach gdy jest to stosowne i możliwe, powinna być możliwa produkcja większości potrzebnej pary przez odzysk ciepła. Istnieje wiele źródeł, takich jak oczyszczanie gazów w koksowni (np. zakład kwasu siarkowego) i tłumione systemy spalania w połączeniu z kotłami ciepła odpadowego w zakładzie BOF. Inne działania takie jak walcowanie na gorąco (np. chłodzenie wyparne w cylindrów piecu o spodzie krocących, kotły w piecach przepychowych) i zastosowanie pieców grzewczych (np. ciągła linia wyżarzania, ciągłe cynkowanie ogniowego), nie są omówione w tym dokumencie, ale są też miejsca, gdzie może powstawać para. Ciepło powinno najlepiej być odzyskiwane jako para w wysokiej temperaturze i ciśnieniu, jeśli to możliwe. Ilość odzyskanego ciepła odpadowego w zasadzie zależy od stałego zapotrzebowania na parę. W niektórych przypadkach dostawa ciepła odpadowego do sieci ciepłowniczych ma pozytywny wpływ na ilość odzyskanego ciepła odpadowego.

W celu zapewnienia odpowiedniej ilości pary, niezbędny jest system zapasowy dla produkcji pary, aby zaspokoić zapotrzebowanie na nią, gdy urządzenia są wyłączone w celu, na przykład, konserwacji. Elektrownia można być często stosowana w tej funkcji, a dodatkowo też do kontroli ciśnienia w sieci parowej.

Ogrzewanie dla biur i zajętych terenów zakładu może zapewniać sieć parowa, eliminująca potrzebę oddzielnego systemu ogrzewania. Przykład produkcji pary i wykorzystania przemysłowego ciepła odpadowego w hucie zintegrowanej przedstawiono na rysunku 2.5.



EN	PL
Average power	Średnia moc
Power plant	Elektrownia
Steam flow, 18 bar 320 C [tonnes/h]	Przepływ pary, 18 barów, 320 stopni [ton/h]
Others	Inne
External	Zewnętrzne
Sinter plant	Spiekalnia
Coke oven plant	Instalacja pieca koksowniczego
BOF plant	Zakład BOF
Infrastructure	Infrastruktura
Hot rolling mill production	Produkcja gorącej walcowni
Steel works	Huta stali
O2 plant	Zakład O2
External	Zewnętrzny
Vacuum treatment	Przetwarzanie próżniowe
BOF plant	Zakład BOF
Heating	Ogrzewanie
GP2 production	Produkcja GP2
Galvanising plant	Zakład cynkowania ogniowego
Electrolytic galvanising	Elektrolityczne cynkowanie
Refractories	Materiały ogniotrwałe
Slag treatment	Przetwarzanie żużła

Electrical maintenance	Serwis elektryczny
Mechanical maintenance	Serwis mechaniczny
Pickling line	Wytrawialnia
Low pressure steam grid	Sieć parowa niskiego ciśnienia
Annealing line	Linia wyżarzania
Cold rolling	Toczenie na zimno
Organic coating	Powlekanie organiczne
Steam from waste heat recovery	Para z odzysku ciepła odpadowego
Steam production	Produkcja pary
Steam flow	Przepływ pary
Galvanising	Cynkowanie ogniowe
Some activities in this picture (e.g. hot rolling mill, galvanising, annealing line) are not covered by this BREF	Niektóre z czynności na tym obrazku (np. „gorąca” walcownia, cynkowanie ogniowe, linia wyżarzania) nie są opisane w niniejszym BREF

Rysunek 2.5. Przykład produkcji pary i wykorzystania przemysłowego ciepła odpadowego w hucie zintegrowanej

2.1.3 Przepływ energii w wytwarzaniu stali w elektrycznych piecach łukowych (EAF)

W zakładach produkcji stali EAF odzysk ciepła mogą być zapewniony w sposób podobny co w przypadku systemów chłodzenia. W zależności od przydatności istniejących systemów i zapotrzebowania, energia ta może być stosowana albo do celów wewnętrznego albo do lokalnego zewnętrznego ogrzewania. Więcej informacji można znaleźć w publikacji BREF Przemysłowe Systemy Chłodzenia (ICS) [41, Komisja Europejska 2001].

2.2 Elektrownie w hutach żelaza i stali

Należy odnieść się do publikacji BREF Duże zakłady spalania (LCP) [282, EC 2006]. BREF LCP zawiera obszerne informacje dotyczące stosowanych technik i środków ograniczających dla dużych instalacji spalania przy użyciu komercyjnych paliw takich jak gaz ziemny.

Elektrownie (rysunek 2.6 pokazuje typową elektrownię zintegrowanej huty) odgrywają ważną rolę w zintegrowanej hucie, ponieważ zużywają nadmiar gazów procesowych i zapewniają niezbędną parę i energię dla wszystkich kluczowych procesów. Paliwa (gaz BF, COG i gaz BOF) są oczywiście również stosowane w innych obszarach zintegrowanych instalacji i w celu uzupełnienia tych paliw większość zintegrowanych hut stali również stosuje zakupione paliwo (ropa naftowa i gaz ziemny na przykład) w elektrowni.

Elektrownia może stosować zarówno gazy o niskiej jak i wysokiej wartości opałowej. W zależności od sytuacji energetycznej zakładu, elektrownia może być nastawiona na produkcję energii elektrycznej, pary i/lub ciepła. Tam gdzie to stosowne i możliwe, dodatkowa energia elektryczna może być produkowana w zakładzie wielkopieczowym z turbiną do gazu gardzielowego (patrz sekcja 6.3.13).



Source: [281, Eurofer 2007]

Source - źródło

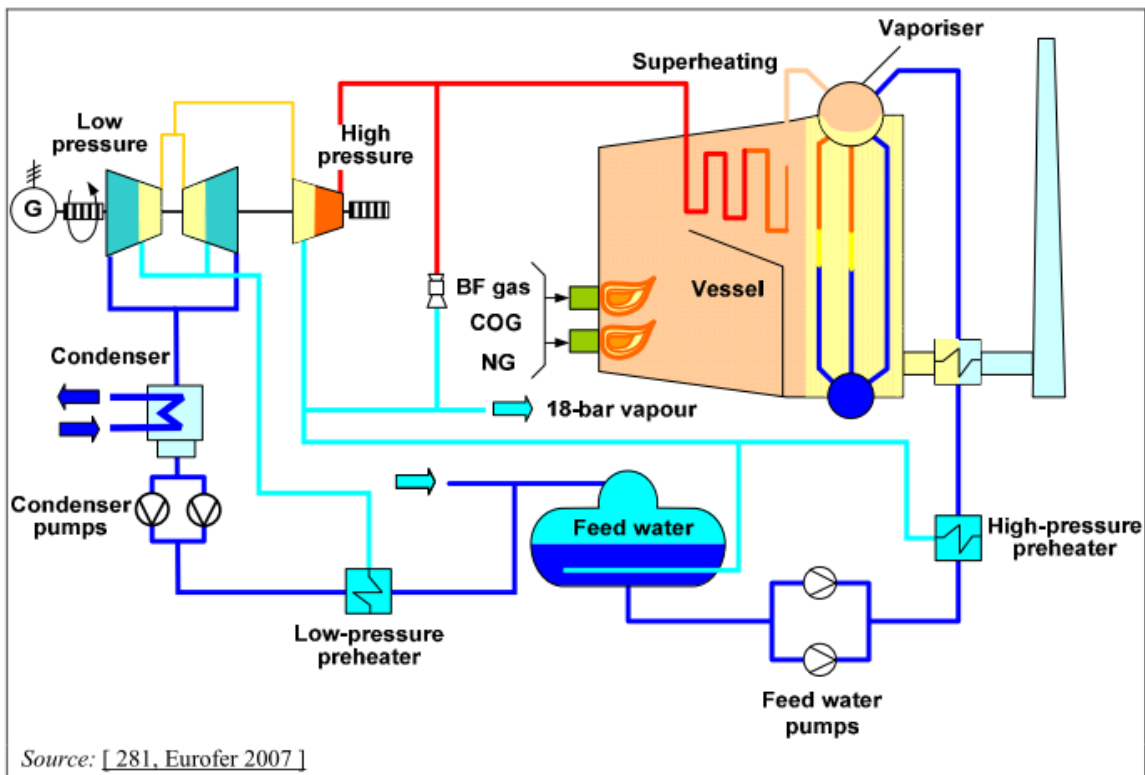
Rysunek 2.6: Wygląd elektrowni w hucie zintegrowanej

2.2.1.1 Stosowane procesy i techniki

W ramach określonych powyżej ograniczeń efektywne wykorzystanie gazów procesowych z hut żelaza i stali w elektrowni w hucie zintegrowanej jest zwykle zapewniane dzięki kotłom opalanym gazem lub turbinom gazowym (w turbinach gazowych cyklu kombinowanego).

Kocioł gazowy

Rysunek 2.7 pokazuje typowy kocioł gazowy /generator z turbiną parową w stalowni.



Rysunek 2.7: Układ kocioł/generator (40 MWe)

Ten stosunkowo prosty układ można zapewnić wysoki poziom dostępności i jest przeznaczony do stosowania gazów procesowych o niskiej wartości opałowej (CV) (głównie gaz BF). Dla tej samej nominalnej mocy cieplnej musi zostać zastosowana większa ilość tego gazu o niskiej wartości CV w porównaniu na przykład do gazu ziemnego i w związku z tym ilość gazów odlotowych będzie odpowiednio wyższa. Dodatkowo stosowanie COG powoduje wyższe temperatury gazów odlotowych. Efektywność energetyczna takiego połączenia jest około 15-20% niższa w porównaniu z komercyjnymi elektrowniami. Tabela 2.1 i 2.2 pokazuje przykładowe wartości dotyczące wydajności przy gazach o niskiej CV.

Tabela 2.1: Wydajność kotłów gazowych przy gazach o niskiej wartości opałowej

Typ zakładu	Wydajność elektryczna (%)		Wykorzystanie paliwa (%)
	Istniejąca instalacja	Nowa instalacja	Nowe i istniejące zakłady
Kocioł gazowy	24 – 41	34 - 44 ⁽¹⁾ 34 - 42 ⁽²⁾	54 - 56 ⁽²⁾

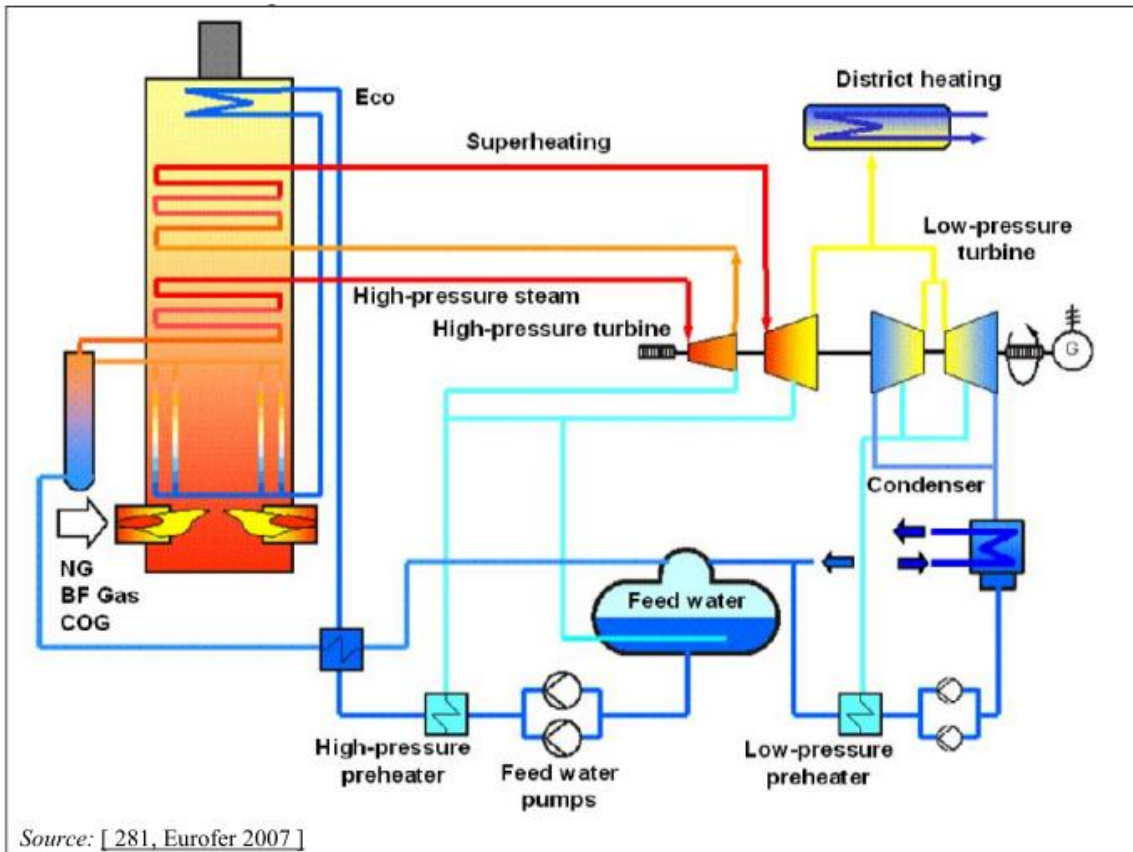
⁽¹⁾ Wyższe wartości wydajności elektrycznej są obserwowane w przypadku zakładów z opalaniem gazem ziemnym przede wszystkim i tylko w przypadku produkcji energii elektrycznej.

⁽²⁾ Przy dodatkowej produkcji ciepła (40 MW), górna wartość wydajności elektrycznej jest zredukowana o około 42%. W tym przypadku wykorzystanie paliwa wynosi około 54-56%.

Źródło: [281, Eurofer 2007].

Większość elektrowni wykorzystujących gazy procesowe działa w trybie skojarzonego wytwarzania ciepła i energii elektrycznej (CHP), zwanym również „kogeneracją”. Wynika to z zastosowania silnika cieplnego lub elektrowni do jednoczesnego generowania energii

elektrycznej i ciepła. Ogólna wydajność paliwowa może zostać zoptymalizowana przez wytwarzanie energii elektrycznej i wydzielanie ciepła do procesów przemysłowych i/lub ogrzewania. Jako że większość hut zintegrowanych posiada nadwyżkę ciepła, często nie ma zapotrzebowania wewnętrznego. Jeśli nie ma konsumentów prywatnych lub komercyjnych, którzy mogliby wykorzystać wydzielone ciepło, elektrownie muszą spalać nadmiar gazów w celu maksymalizacji ilości energii elektrycznej. Rysunek 2.8 przedstawia przykład dużego kotła z funkcją podgrzewania i wydzielania ciepła na potrzeby ogrzewania.



Rysunek 2.8: Przykład układu kocioł/generator z funkcją dogrzewania (85 MW)

EN	PL
Eco	Eko
Superheating	Podgrzewanie
District heating	Sieć ciepłownicza
High pressure steam	Para o wysokim ciśnieniu
High pressure turbine	Turbina o wysokim ciśnieniu
Low pressure turbine	Turbina o niskim ciśnieniu
NG, BF, COG Gas	Gaz NG, BF, COG
High pressure preheater	Podgrzewacz o wysokim ciśnieniu
Feed water pumps	Pompy z wodą zasilającą
Low pressure preheater	Podgrzewacz o niskim ciśnieniu
Condenser	Kondensator
Source:	Źródło
Feed water	Woda zasilająca

Turbiny gazowe

Turbiny gazowe wykorzystujące gazy procesowe nie są zazwyczaj stosowane w Europie z powodu niskiej wartości opałowej gazów. Ponadto istnieją różne problemy z czyszczeniem i eksploatacją w związku z wykorzystaniem takich gazów zasilających.

Więcej informacji na temat tego problemu jest dostępnych w publikacji BREF Duże Zakłady Spalania (LCP) [282, EC 2006].

Gazy procesowe zwykle nie są stosowane dla pojedynczych turbin gazowych. Gaz ziemny jest paliwem wybieranym dla turbin gazowych. W celu poprawy efektywności, turbiny te połączone są z kotłem do odzysku ciepła z dodatkowym spalaniem gazów procesowych.

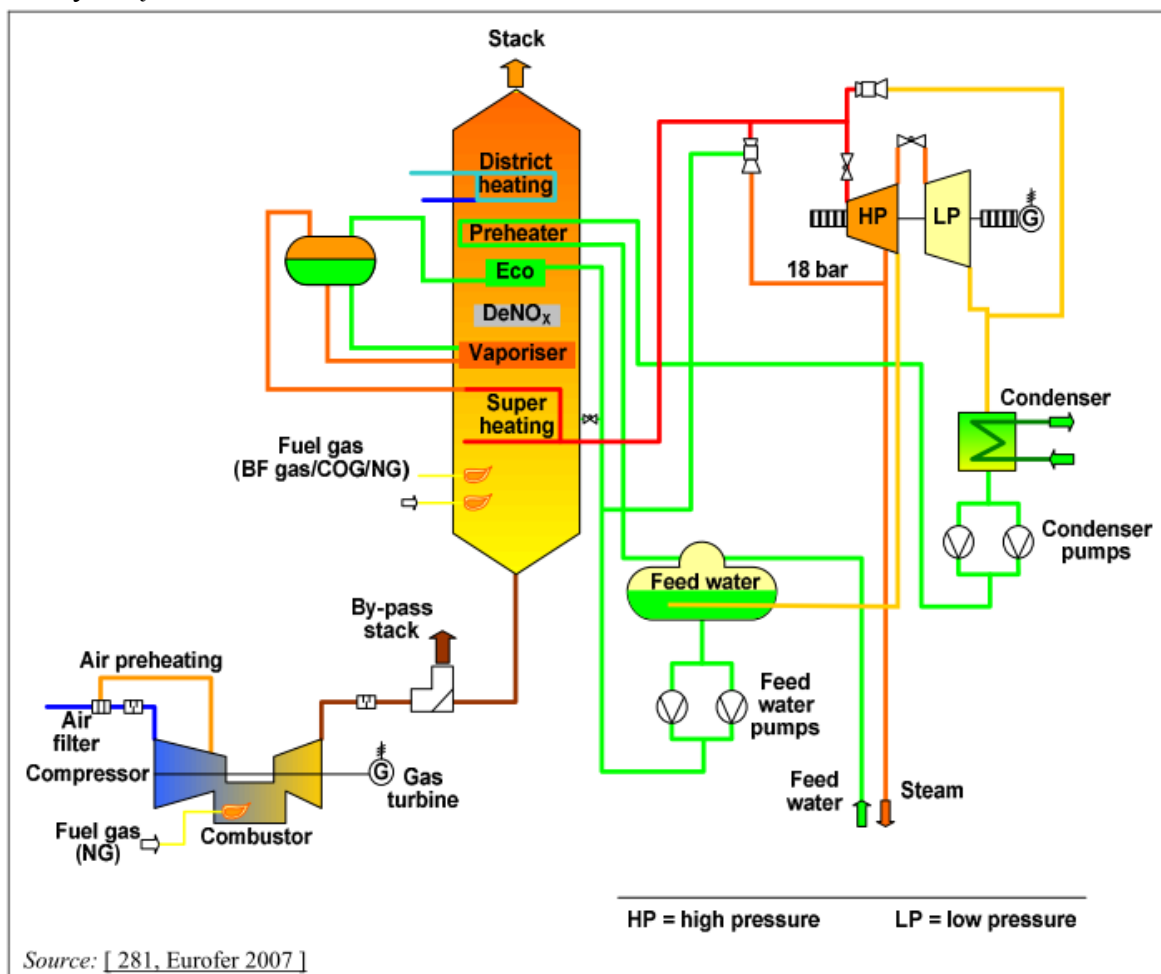
Ciepło jest stosowane, aby para generowała dodatkową energię elektryczną przez turbinę parową. Taki układ jest nazywany elektrownią z cyklem kombinowanym (CCPP) lub turbiną gazową z cyklem kombinowanym (CCGT). Może działać w różnych trybach na potrzeby tylko wytwarzania energii elektrycznej i w trybie CHP. W zakładzie CCPP lub CCGT, generator turbiny gazowej wytwarza energię elektryczną i ten ostatni krok zwiększa wydajność produkcji energii elektrycznej.

Tabela 2.2: Wydajność turbiny gazowej cyklu kombinowanego przy zastosowaniu gazu o niskiej wartości opałowej z hut żelaza i stali.

Typ zakładu	Wydajność elektryczna (%)		Wykorzystanie paliwa (%)
	Istniejąca instalacja	Nowa instalacja	Nowe i istniejące zakłady
CCGT			
Cykl kombinowany tylko dla energii elektrycznej	Nie ma danych	Nie ma danych	Nie ma danych
Cykl kombinowany w trybie CHP	46 ⁽¹⁾	Nie ma danych	45 – 55 60 ⁽²⁾

(¹) Przy maksymalnym zakresie produkowanej energii elektrycznej.
(²) Przy maksymalnym zakresie produkowanej pary.
Źródło: [281, Eurofer 2007].

Rysunek 2.9 pokazuje turbinę gazową z odzyskiem ciepła i kotłem dodatkowego opalania, obsługiwanym w trybie kombinowanym CHP. W tej konfiguracji można uzyskać wydajność elektryczną 46%.



Rysunek 2.9: Przykład turbiny gazowej (38 MWe) i turbiny parowej (30 MWe) w trybie cyklu kombinowanego CHP

EN	PL
Source	Źródło
HP = high pressure	HP = wysokie ciśnienie
LP = low pressure	LP = niskie ciśnienie
Feed water	Woda zasilająca
Steam	Para
Feed water pumps	Pompy z wodą zasilającą
Gas turbine	Turbina gazowa
Combustor	Piec do spalania
Fuel gas (NG)	Gas paliwowy (GZ)
Compressor	Sprężarka
Air filter	Filtr powietrza
Air preheating	Podgrzewanie powietrza
By-pass stack	Układ bocznikujący
Fuel gas (BF gas/COG/NG)	Gaz paliwowy (gazy BF/COG/NG)
Superheating	Podgrzewanie
Vaporiser	Odparowywacz
Eco	Eko
Preheater	Podgrzewacz wstępny
District heating	Sieć ciepłownicza
Stack	Komin
Condenser	Kondensator
Condenser pumps	Pompy kondensatora

2.2.1.2 *Aktualne poziomy emisji i zużycia*

Ogólna sprawność elektrowni w hucie zintegrowanej jest niższa w porównaniu do komercyjnej elektrowni i cechy emisji, np. w odniesieniu do SO_x, NO_x i pyłów, znacznie się różnią. Funkcjonowanie elektrowni w zintegrowanej hucie, która do opalania stosują gaz BF/BOF i/lub COG jest uzależnione od produkcji całego zakładu. W porównaniu z instalacjami komercyjnymi dużych obiektów energetycznego spalania, które są zoptymalizowane w odniesieniu do produkcji energii, należy uwzględnić zmiany w ilości oraz składzie wprowadzanych paliw.

2.2.1.2.1 Emisje do powietrza

Tabela 2.3 ilustruje poziomy emisji dla ponad 20 elektrowni eksploatowanych w zintegrowanych hutach w Europie.

Tabela 2.3: Wartości emisji osiągnięte dla kotłów i turbin opalanych gazem przy użyciu gazów procesowych w hutach żelaza i stali

mg/Nm ³	Średnio w roku			
	NO _x	SO ₂	CO	Pył
Median	87,9	97,7	7,7	6,4
Maks.	190	305	33	3,
Min.	14	1,1	0,8	0,8
Źródło: [220, Eurofer 2008].				

2.2.1.2.1.1 *Redukcja emisji pyłu*

Gazy palne takie jak gaz BF i BOF są zwykle odpylane przed zastosowaniem. COG są przetwarzane w zakładzie produktów ubocznych i również zmniejsza się zawartość pyłu. Czynniki powodujące powstawanie pyłu, takie jak siarka, są redukowane. Zawartość pozostałości pyłu w spalinach po spalaniu jest stosunkowo niska. Bez żadnych później stosowanych technik redukcji osiągnięte zostaną stężenia emisji 0,8 - 31 mg/Nm³ o wartości 3% dla O₂ w przypadku kotłów i 15% w przypadku turbin. Średnio zgłaszana mediana roczna wynosi 6,4 mg/Nm³ (patrz: tabela 2.3).

2.2.1.2.1.2 *Redukcja emisji SO₂*

Zwykle COG zawiera odpowiednie ilości siarki, głównie jako H₂S. Z tego powodu COG powinny zostać odsiarczone przed zastosowaniem jako paliwo. Dzięki odsiarczaniu oksydacyjnemu na mokro, zawartość pozostałości siarki może zostać bardzo skutecznie zmniejszona (patrz sekcja 5.3.12.4). Po spalaniu nie ma miejsca żadna dalsza redukcja emisji spalin.

W porównaniu do spalania gazu ziemnego, wyższe wartości emisji występują dla SO₂. Wartości emisji w austriackich elektrowniach z opalaniem gazem procesowym są w przedziale od 66 - 84 mg/Nm³ (średnie roczne), 120 - 140 mg/Nm³ (półgodzinne wartości średnie, 93. percentyl) lub 120-160 mg/Nm³ (średnia półgodzinna, 97. percentyl). Wszystkie dane są oparte na zawartości O₂ 3% dla kotłów i 15% dla turbiny. Wartości obejmują wszystkie warunki eksploatacji w tym operacje związane z rozruchem i zamknięciem [77, Austrian TWG member 2008].

Dla ponad 20 elektrowni/instalacji z kotłami eksploatowanych w hutach zintegrowanych w Europie, roczne średnie wartości emisji wahają się w przedziale od 1 do około 300 mg/Nm³ (patrz: tabela 2.3).

Tabela 2.4 pokazuje niektóre wartości stężeń emisji SO₂ w spalinach z pięciu jednostek generowania energii elektrycznej opalanych gazem procesowym w Austrii.

Tabela 2.4: Emisje SO₂ dla pięciu jednostek z opalaniem gazem procesowym w Austrii

Urządzenie	SO ₂ (mg/Nm ³)		
	2005	2006	2007
Jednostka generacyjna 3 ⁽¹⁾	81	89	103
Jednostka generacyjna 4 ⁽¹⁾	91	112	114
Jednostka generacyjna 5 ⁽¹⁾	89	95	98
Jednostka generacyjna 6 ⁽¹⁾	92	94	78
Szyny ⁽¹⁾	89	77	85
Turbina parowa i gazowa ⁽²⁾	13	10	21
⁽¹⁾ zawartość referencyjna O ₂ 3%. ⁽²⁾ zawartość referencyjna O ₂ 15%. Uwaga: Średnie w roku. Źródło: [32, Voestalpine Linz 2008].			

2.2.1.2.1.3 Ograniczanie emisji tlenku węgla (CO)

CO zostaje prawie całkowicie spalony w elektrowni i można osiągnąć bardzo niskie emisje w gazach spalinowych bez dalszych pomiarów (patrz: tabela 2.3).

2.2.1.2.1.4 Redukcja emisji NO_x

Wartość NO_x mocno zależy od funkcjonowania zakładu, zawartości azotu w paliwie i zawartości tlenu w gazach odlotowych. Tabela 2.5 pokazuje typowy skład gazów procesowych z huty.

Tabela 2.5: Typowy skład gazów procesowych z huty

Parametr	Jednostki	Gaz BF		COG		Gaz BOF
		Min.	Maks.	Min.	Maks.	Mediana
CO	% obj.	19	27	3,4	5,8	60,9
H ₂	% obj.	1	8	36,1	61,7	4,3
CO ₂	% obj.	16	26	1	5,4	17,2
N ₂	% obj.	44	58	1,5	6	15,5
CH ₄	% obj.			15,7	27	0,1
C _x H _y	% obj.			1,4	2,4	
Niższa wartość opałowa	kJ/Nm ³	2 600	4 000	9 000	19 000	8 184
Zawartość pyłu	mg/Nm ³	0	10			
Siarka ogółem	mg/Nm ³		170	100	800	

Mechanizm budowania (ogólnie)

Tlenek azotu (NO_x) pojawia się podczas procesów spalania w wysokiej temperaturze przez utlenianie azotu, będącego częścią powietrza potrzebnego do spalania, a także przez utlenianie azotu zawartego w gazie paliwowym. Tlenek azotu (NO) powstaje najczęściej, gdy pojawia się dwutlenek azotu (NO₂) po spalaniu i tylko przy wystarczającej ilości tlenu w

gazach odlotowych i atmosferze. Ponieważ wszystkie tlenki azotu ostatecznie przekształca się w NO₂, całkowita emisja NO_x mierzona jest w NO₂ (mg/Nm³).

W zasadzie powstawanie zarówno termicznych i związanych z paliwem NO_x można rozróżnić dzięki parametrom takim jak temperatura i stężenie, czas wymiany i rodzaj paliwa. Powstawanie termicznych NO_x zaczyna się przy 1300 °C i znacznie wzrasta przy podwyższaniu się temperatury.

- **Gaz BF**

Ze względu na porównywalnie niską temperaturę płomienia spalającego gaz BF, nie powstają istotne ilości termicznych NO_x. Ilość paliwowych NO_x otrzymywana ze spalania gazu BF zależy od jego składników azotowych. Paliwowe NO_x prowadzą do powstawania średnich dziennych emisji 40 - 90 mg/Nm³ (3% O₂) w gazach spalinowych (bez żadnych pomiarów redukcji).

- **COG**

Paliwowe NO_x są wynikiem utleniania amoniaku i azotu organicznego zawartych np. w COG. Ze względu na znaczne ilości amoniaku i azotu organicznego w COG, powstają paliwowe NO_x. Przez spalanie COG o wyższej kaloryczności (i gazu ziemnego), powstają znaczne ilości termicznych NO_x ze względu na wyższe temperatury.

Tabela 2.6 pokazuje wzajemne powiązania między elementami azotowymi COG w paliwie gazowym i stężeniami emisji NO_x w spalinach elektrowni bez żadnych środków pierwotnych.

Tabela 2.6: Typowe wartości emisji NO_x dla spalania COG w elektrowni

Parametr	Min.	Maks.	Jednostki
Zawartość N w COG	200	800	mg/Nm ³
Paliwowe NO _x	90	320	mg/Nm ³
Termiczne NO _x	150	120	mg/Nm ³
NO _x Ogółem	240	440	mg/Nm ³
Uwaga: Średnie dobowe Źródło: [140, Eurofer 2009].			

W hucie zintegrowanej COG jest często mieszany z gazem BF i gazem BOF, co doprowadzi do obniżenia emisji z wyżej wymienionych powodów. COG mogą być stosowane w przedziale 0 - 100% i mieszane z gazem BF i BOF.

2.3 Zarządzanie materiałami

[200, Commission 2001][271, Luo 2007][241, Poland 2007][243, Eurofer 2007][260, Germany 2007] [273, Eurofer 2007][274, Eurofer et al. 1999][363, Eurofer 2007][365, Eurofer 2007]

Instalacje huty zintegrowanej stanowią duże kompleksy o bardzo dużym zużyciu materiałów. Zakład produkujący 3 mln - 5 mln ton rocznie stali będzie obsługiwać 8 mln - 12 mln ton surowców takich jak rudy, granulaty, złom, węgiel, wapno, wapień (w niektórych przypadkach również ciężkie oleje i tworzywa sztuczne) i dodatki, środki pomocnicze oraz pozostałości z procesu technologicznego, np.: produkty uboczne i odpady.

Materiały te są zwykle transportowane na teren zakładu przez masowce za pośrednictwem transportu drogowego, kolejowego lub wodnego. Materiały i półprodukty, takie jak koks i spiek, są przechowywane na składowiskach lub w silosach i transportowane do poszczególnych zakładów przetwórczych, zwykle przenośnikiem taśmowym. Rysunek 2.10 przedstawia schemat typowego przepływu materiałów w hucie zintegrowanej.

Huty zintegrowane charakteryzują się wysokim poziomem efektywności zasobów osiągniętym poprzez stosowanie szeregu zaawansowanych technik zarządzania materiałami, o wysokim poziomie organizacji i szczegółowości.

Z punktu widzenia ochrony środowiska, magazynowanie i obsługa dużych ilości materiałów stałych może wiązać się z powstawaniem znaczących ilości pyłu. Część powstającego pyłu jest w postaci drobnej (PM_{10}). W porównaniu do uwolnień ze źródeł punktowych, gdzie udział pyłu PM_{10} w czystym gazie po redukcji wynosi między 90 a 99%, udział PM_{10} w emisji pyłów z masowego magazynowania materiałów i ich obsługi jest zwykle znacznie mniejszy [3, Remus, R. 1998][83, Ehrlich, C. et al 2007].

Były i nadal występują problemy w osiągnięciu unijnego standardu jakości powietrza dla PM_{10} w dzielnicach wokół głównych hut w UE (np. w Niemczech, Holandii, Belgii i Wielkiej Brytanii). Analiza źródeł PM_{10} w dużych zintegrowanych hutach żelaza i stali w Wielkiej Brytanii pozwoliła ustalić, że jeśli chodzi o wpływ na poziom jakości lokalnego powietrza, uwolnienia z wielkich pieców nie odgrywają istotnej roli. Natomiast zanieczyszczenia z rozproszonych niewielkich źródeł zidentyfikowano jako znaczące (w okolicy zintegrowanego zakładu we Flandrii w Belgii). W badaniu uczestniczyło wiele miejsc monitorujących jakość powietrza i obejmowało ono monitorowanie kierunku i siły wiatru wraz z triangulacją i zastosowanie róż napływów zanieczyszczeń [198, Mensink, C. et al 2007][199, Mark et al. 2006].

Głównym celem IS BREF są najważniejsze procesy w produkcji stali i żelaza. Jednak widać, że operacje pomocnicze w takich miejscach są istotnymi dla środowiska źródłami pyłu całkowitego i PM_{10} a zatem operatorzy muszą stosować BAT celem minimalizacji uwolnień z tych niezorganizowanych i rozproszonych źródeł. BREF na temat emisji z magazynowania [283, EC 2006] omawia wiele z tych obszarów szczegółowo i zaleca się, by czytelnik zapoznał się z tym dokumentem, w którym może uzyskać szczegółowe informacje.

W niniejszej sekcji podano ogólne techniki redukcji emisji pyłów z magazynowania materiałów, ich obsługi i transportu. Główne niskopoziomowe źródła niezorganizowanych i rozproszonych uwolnień pyłu i PM_{10} w hucie zintegrowanej mogą obejmować:

Dla surowców

- wyładunek: statki, barki, pociągi lub ciężarówki
- przenośniki
- zapasy
- przygotowanie mieszanek i wsadu
- transport ogólnie
- drogi i ścieżki wokół terenu zakładu

- odkryta ziemia.

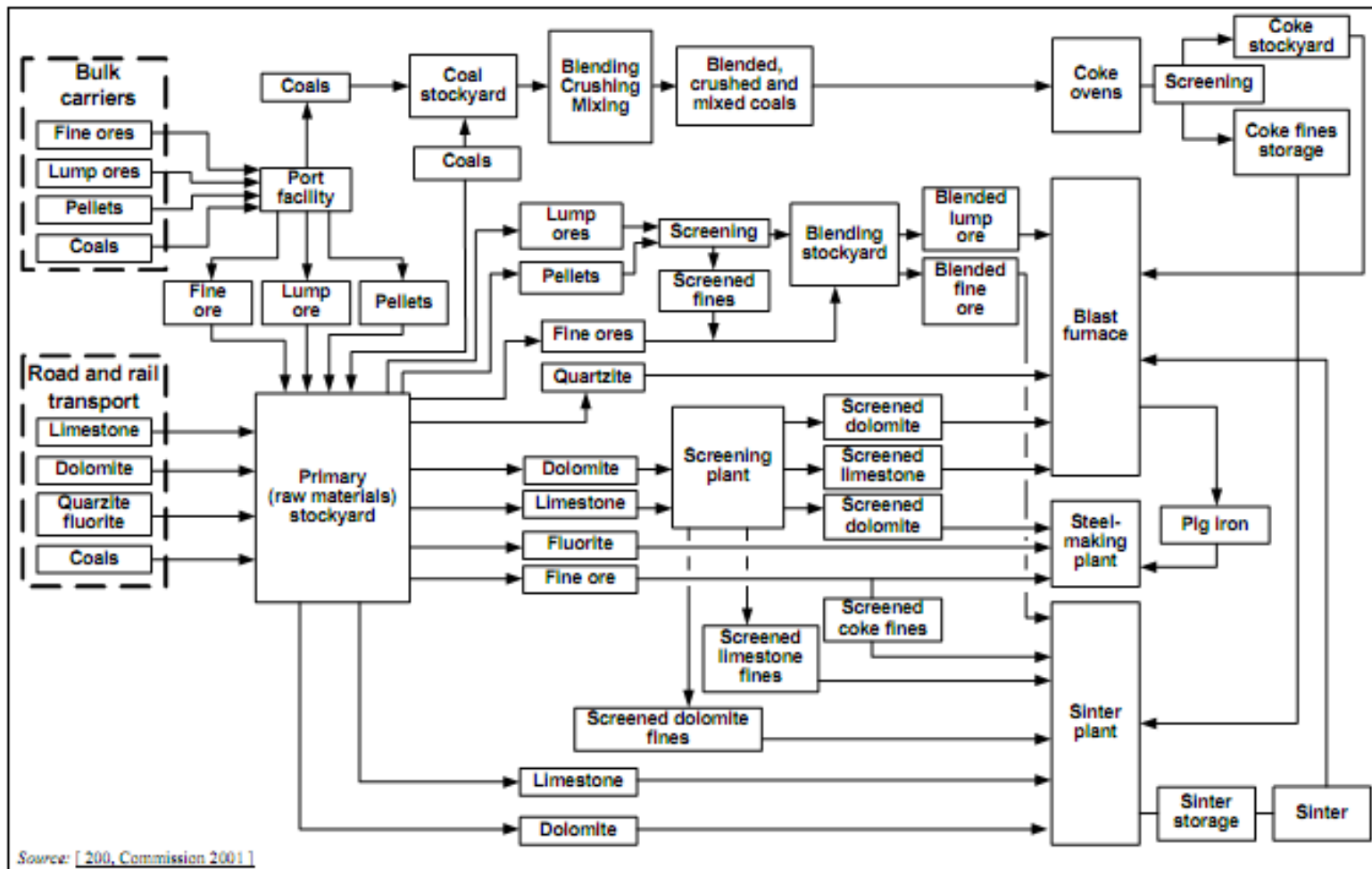
Dla produkowanych materiałów

- przetwarzanie i przenoszenie pozostałości procesowych
- przechowywanie pozostałości z procesu technologicznego
- procedury załadunku: pozostałości procesowe, takie jak odpady i produkty uboczne

Informacje na temat niskopoziomowych źródeł niezorganizowanych i rozproszonych zanieczyszczeń innych niż z magazynowania materiałów, obsługi i transportu - np. z przetwarzania pozostałości na miejscu, emisje uwolnione z niewystarczającej ekstrakcji podczas kruszenia, przesiewu, ładowania, spustu, zazwyczaj określanych jako wtórne gazy - można znaleźć w konkretnych sekcjach.

2.3.1 Magazynowanie i przygotowanie surowców wsadowych

Unoszący się w powietrzu pył ze składowisk i przenośników taśmowych, w tym z punktów transferu, może być znaczącym źródłem emisji. Gdy materiał, w tym wmywane związki i materiały takie jak węglowodory ze zgorzeliny walcowniczej lub złomu są przechowywane na nieutwardzonych placach, również należy zwrócić uwagę na zanieczyszczenia gleby i wód gruntowych oraz na wody odpływowe. W niektórych krajach materiał z wymywalnymi składnikami powinien być przechowywany na terenach z odpowiednią ochroną gleby. Rysunek 2.10 przedstawia schemat typowego przepływu materiałów w hucie zintegrowanej.



Source: [200, Commission 2001]

Rysunek 2.10 przedstawia schemat typowego przepływu materiałów w hucie zintegrowanej.

EN	PL
Bulk carriers	Masowce
Fine ores	Drobne rudy
Lump ores	Gruberudy
Pellets	Granulat
Coals	Węgiel
Road and rail transport	Transport drogowy i kolejowy
Limestone	Wapień
Dolomite	Dolomit
Quartzite fluorite	Kwarcyt, fluoryt
Primary (raw materials) stockyard	Składowisko surowców pierwotnych
Coals stockyard	Składowisko węgla
Blending, crushing, mixing	Mieszanie, kruszenie, przygotowywanie
Blended, crushed and mixed coals	Mieszany, kruszony i przygotowany węgiel
Screening	Przesiew
Screened fines	Przesiany drobny materiał
Blending stockyard	Składowisko mieszania
Blended lump ore	Zmieszane duże rudy
Blended fine ore	Zmieszane drobne rudy
Fluorite	Fluoryt
Screened dolomite	Przesiany dolomit
Screened limestone	Przesiany wapień
Blast furnace	Wielki piec
Steel-making plant	Zakład produkcji stali
Sinter plant	Spiekalnia
Sinter storage	Przechowywanie spieku
Sinter	Spiek
Pig iron	Surówka
Coke fines storage	Przechowywanie drobnego koksu
Coke stockyard	Składowisko koksu
Coke ovens	Piec koksowniczy

Gospodarowanie rudami żelaza

W Europie huty zintegrowane zazwyczaj stosują rudy żelaza z różnych źródeł i znaczne ilości tych rud są importowane do UE masowcami. W przypadku przybrzeżnych hut, rozładunek może bezpośrednio następować do pierwotnych składowisk a dla innych hut, odprowadzanie ma miejsce do pośrednich składowisk celem transportu do huty barkami, koleją lub transportem drogowym. Niektóre huty otrzymują rudy bezpośrednio z kopalni - ponownie przy zastosowaniu barek, kolei lub transportu drogowego. Podejmowane są starania celem zminimalizowania skażenia krzyżowego różnych rud na składowiskach pierwotnych oraz uniknięcia niezamierzonego mieszania rud z topnikami a szczególnie z węglem. W tym przypadku zanieczyszczenie tlenkami żelaza może mieć szkodliwy wpływ na ogniotrwałe piece koksownicze. Należy zachować ostrożność, aby uniknąć powstawania rozproszonych emisji pyłu na tych etapach przygotowania poprzez zastosowanie odpowiedniej kombinacji technik.

Drobne rudy żelaza są następnie albo mieszane z innymi materiałami, takimi jak topniki, koksik, odpady na wtórnych składowiskach albo przekazywane do kontenerów mieszalniczych do mieszania przed spiekalnią lub grudkownią. Mieszanie prowadzi się, aby utrzymać wysoką jakość surowca dla zakładu przetwarzania i ostatecznie dla pieców. Zmieszane zapasy rudy są tworzone i pobierane ze zwałów za pomocą specjalnie zaprojektowanych instalacji i przenośników.

Importowane materiały żelazne bezpośrednio ładowanie dla wielkich pieców (czyli rudy gruzowe i granulaty) są odzyskiwane z pierwotnych składowisk i przesiewane. Duże rudy są przesyłane do bunkrów wielkiego pieca, natomiast niewymiarowe rudy kierowane do wykorzystania w spiekalni. [240, UKEA 2004]

Złomowiska i przygotowanie

Europejskie specyfikacje w zakresie złomu stalowego zostały uzgodnione przez większość komercyjnych przedsiębiorstw z UE-27, zaangażowanych w recykling i przetwarzanie złomu. Specyfikacje klasyfikują złom w sześciu kategoriach: stary złom, nowy niepowlekany złom z niską ilością pozostałości, rozdrobniony złom, skręty stalowe, złom z dużą ilością pozostałości i pofragmentowany złom ze spalania. Specyfikacje te uwzględniają również aspekty środowiskowe, zdrowotne i związane z bezpieczeństwem dotyczące zagadnień takich jak zawartość substancji niebezpiecznych, łatwopalnych i wybuchowych, Cu, Sn, Cr, Ni, Mo, S i P oraz materiałów promieniotwórczych [53, BDSV 2009]. Definicje pozycji na tej liście specyfikacji stosuje się tylko dla złomu z niestopową stalą węglową jako surowcem dla przemysłu stalowego.

Złom jest zwykle przechowywany na zewnątrz na dużym, odsłoniętym i często nieutwardzonym terenie. Złom jest załadowywany do koszy magnesami lub specjalnymi uchwytami. Minimalizowane jest tutaj występowanie wszelkich chropowatych, niemagnetycznych materiałów, takich jak kamienie, drewno lub metale nieżelazne z początku procesu.

Niektóre rodzaje złomu i jego jakość mogą prowadzić do osadzania się materiałów pozostałych na ziemi, jak również osadzania się metali ciężkich i węglowodorów przy przechowywaniu metali i ich przygotowywaniu.

W zależności od typów i jakości przetwarzanego złomu, czynności związane z przygotowywaniem (np. ładowanie, rozładowywanie) mogą również prowadzić do emisji nieorganicznych (pył) i organicznych (np. tłuste odpryski) w niektórych warunkach pogodowych.

Ponadto niektóre rodzaje czynności związanych ze złomem mogą także powodować emisję hałasu.

Gospodarowanie topnikami

Topniki są kruszone, np. przez kruszarki młotkowe i przesiewane do frakcji 0 - 4 mm do użycia w spiekalniach lub pożądana frakcja może zostać zakupiona bezpośrednio.

Zarządzanie materiałami/odpadami ze źródeł zewnętrznych w hucie zintegrowanej

Huta zintegrowana może odbierać odpady z innych sektorów, np. zużyte oleje i smary, wapno, emulsje olejne/wodne, odpady z tworzyw sztucznych, itp. Węgiel i żelazo z tych materiałów można odzyskać w procesach przeprowadzanych w piecach koksowniczych i wielkich piecach. Na przykład można bezpośrednio wprowadzić niektóre czynniki redukujące na poziomie dyszy wielkiego pieca.

Radioaktywność złomu

[51, UN ECE 2006][215, BSS 2007][260, Germany 2007][373, Eurofer 2007]

Kontrola radioaktywności złomu wsadowego jest ważną sprawą, którą szczegółowo zajmuje się grupa ekspertów Europejskiej Komisji Gospodarczej Narodów Zjednoczonych (EKG ONZ). Grupa ekspertów EKG, powstała w 2006 r. zapewnia system zaleceń i przykłady dobrych praktyk, które są oparte, w miarę możliwości, na istniejących krajowych, regionalnych i międzynarodowych instrumentach i standardach oraz doświadczeniach krajowych. Jej prace obejmują następujące elementy:

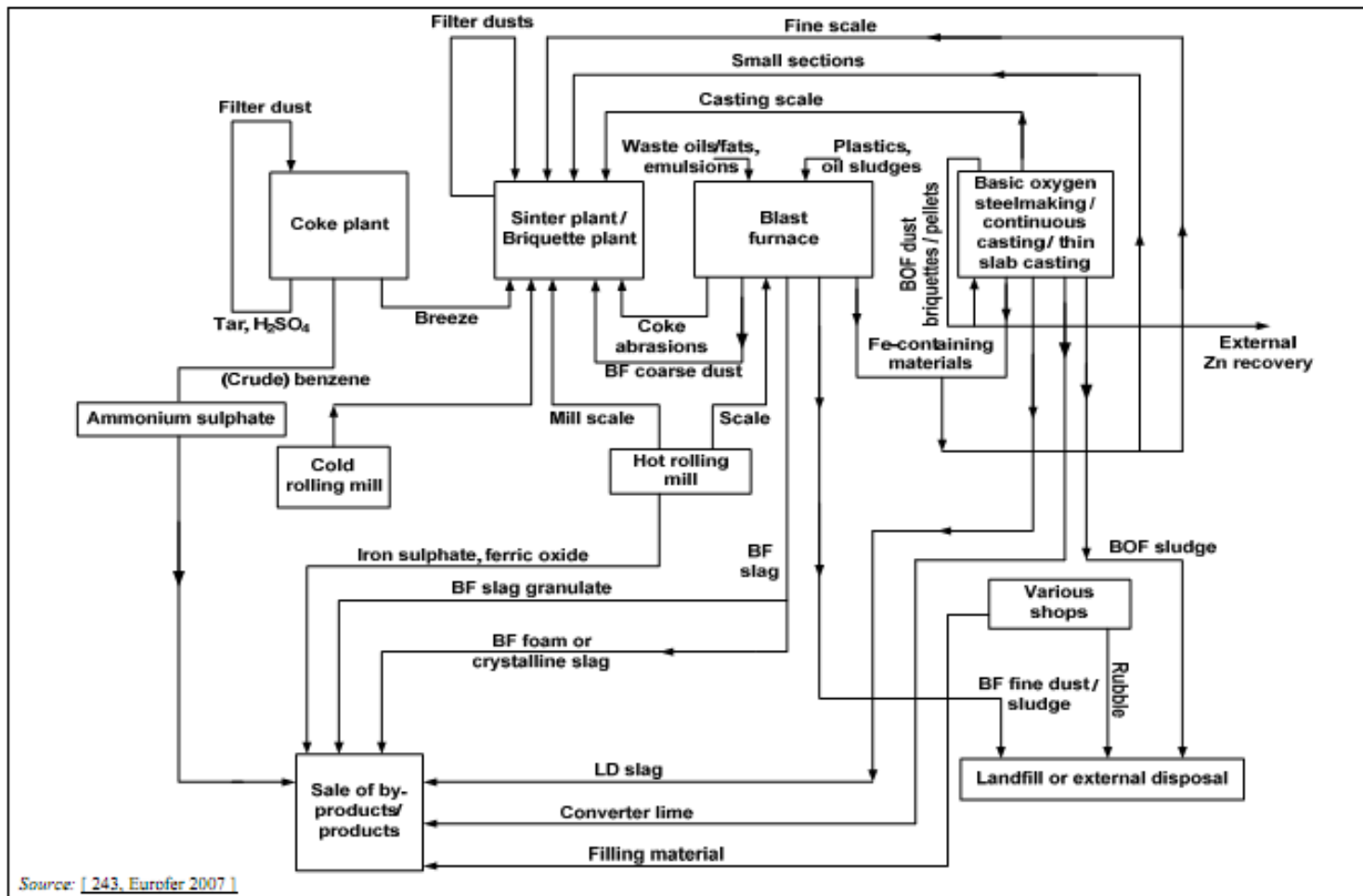
- zalecenia dotyczące procedur monitorowania i procedury reakcji dla radioaktywnego złomu
- międzynarodową strategię w zakresie szkoleń i budowania zaplecza dla procedur monitorowania i reakcji (2007)
- Sprawozdanie w sprawie poprawy zarządzania aspektami ochrony przed promieniowaniem przy recyklingu złomu, ISBN 92-1-116 789-2 (2002). Wytyczne te stanowią literaturę branżową dedykowaną temu problemowi, nie tylko dla producentów stali, ale dla wszystkich zainteresowanych stron - od działów administracji po odzysk i recykling w branży metalowej (www.unece.org/trans/radiation/radiation.html).

2.3.2 Zarządzanie pozostałościami z produkcji

Zintegrowany proces wytwarzania stali zapewnia produkcję szerokiej gamy materiałów, w tym stali jako głównego produktu. Inne wytwarzane materiały pochodzące z procesu produkcji stali to żużel wielkopiecowy i różne żużle stalowe, siarczan amonu, siarka lub kwas siarkowy z zakładu odsiarczania COG, smoła koksownicza, pak smołowy i (nieoczyszczony) benzen z zakładu produktów ubocznych gazu koksowniczego i inne materiały, takie jak złom żelazny.

Niektóre z tych materiałów są często wykorzystywane jako surowiec w innych sektorach. Dzięki optymalizacji procesów, w tym maksymalizacji wewnętrznej recykulacji węgla i pyłów z cząstkami żelaza, pozostałości stanowiące nadwyżkę wobec wymogów procesów produkcji huty zintegrowanej zostają zminimalizowane. Szereg zastosowań, w tym różne procesy odzyskowe, opracowano dla takich materiałów, co skutkuje stosunkowo niewielką całkowitą ilością pozostałości wymagających unieszkodliwienia. Oprócz gospodarowania materiałami powstałymi z tych procesów, huta zintegrowana otrzymuje pozostałości, w tym odpady z innych sektorów i instalacji.

Rysunek 2.11 ilustruje typowy przykład zarządzania pozostałościami z produkcji takimi jak produkty i odpady w hucie zintegrowanej.



EN	PL
Filter dust	Pył filtracyjny
Coke plant	Zakład koksowniczy
Tar	Smoła
Breeze	Koksik
Filter dusts	Pyły filtracyjne
Fine scale	Drobna zgorzelina
Small sections	Niewielkie sekcje
Casting scale	Zgorzelina z odlewu
Waste oils/fats/emulsions	Oleje/tłuszcze/emulsje odpadowe
Plastics/oil sludges	Tworzywa sztuczne/osady olejowe
Coke abrasions	Ścieranie koksu
BF coarse dust	Gruboziarnisty pył BF
Mill scale	Zgorzelina walcownicza
Scale	Zgorzelina
Hot rolling mill	„Gorąca” walcownia
Cold rolling mill	„Zimna” walcownia
BOF dust	Pył BOF
Briquettes/pellets	Brykiet/granulat
Basic oxygen steelmaking	Produkcja stali konwertorowo-tlenowej
Continuous casting	Ciągłe odlewanie
Thin slab casting	Odlewanie cienkich kęsisk
Fe-containing materials	Materiały zawierające żelazo
External zinc recovery	Zewnętrzny odzysk cynku
BF slag	Żużel BF
BF slag granulate	Granulat żużlowy BF
BF foam	Piana BF
Crystalline slag	Żużel krystaliczny
Sale of by-products/products	Sprzedaż produktów ubocznych/produktów
LD slag	Żużel LD
Converter lime	Wapno z konwertera

Filling material	Materiał wypełniający
External zinc recovery	Zewnętrzny odzysk cynku
BOF sludge	Osad BOF
Various shops	Różne sklepy
BF fine dust/sludge	Drobny pył/osad
Rubble	Gruz
Landfill or external disposal	Składowanie lub unieszkodliwianie zewnętrzne
Source	Źródło

Rysunek 2.11 Przykład zarządzania pozostałościami z produkcji takimi jak produkty i odpady w hucie zintegrowanej.

2.3.2.1 *Wewnętrzne zastosowanie pozostałości ze zintegrowanej huty*

Większość pozostałości powstałych w hucie zintegrowanej ma wysoką zawartość żelaza, węgla, wapnia i innych użytecznych składników i może zastąpić podstawowe surowce, takie jak rudy żelaza, węgiel, substancje tworzące żużel, ciężki olej i koks. Zarządzanie pozostałościami w hucie zintegrowanej cechuje się zastosowaniem zaawansowanych zintegrowanych technik przetwarzania mających na celu zachowanie, w miarę możliwości, wszystkich przydatnych elementów zawartych w pozostałościach z procesu produkcji stali.

Identyfikacja i oddzielna zbiórka z podziałem na kategorie materiałów (np. ze względu na skład chemiczny, wielkość cząstek lub zawartość oleju) są wstępnymi warunkami niezbędnymi do zapewnienia właściwego wykorzystania w hutach bez negatywnego wpływu na wydajność produkcji, jakość produktu i ochronę środowiska.

Frakcja żelazna różnych rodzajów surowego żużla, pyłów z cząstkami żelaza i węgla i szlamów z systemów oczyszczania gazów, zużytego oleju, nowego złomu i zgorzeliny może podlegać recykulacji w spiekalniach, grudkowniach, piecach koksowniczych, wielkich piecach i zakładach BOF. Drobnny materiał z reguły jest recykulowany z powrotem do spiekalni, natomiast materiały grubsze coraz częściej wracają do wielkiego pieca lub zakładu BOF. Aby niektóre frakcje mogły wrócić do wielkiego pieca i zakładu BOF, często stosuje się instalacje do brykietowania, w których wszelkiego rodzaju drobne pozostałości łączone są w zimne powiązane cegły/brykiet, które są łatwiejsze w gospodarowaniu i mogą zostać zastosowane gdzie indziej w procesie. W szczególności, pyły i szlamy z zakładu produkcji stali mogą zostać przekształcone w granulaty lub brykiet a potem zastosowane w zakładzie produkcji stali, gdy nieżelaznych elementów nie jest zbyt dużo.

W sekcji 2.5.4.4 opisano specjalistyczne urządzenia do recyklingu pozostałości bogatych w żelazo. Niektóre z tych urządzeń umożliwiają bezpośrednie odzyskiwanie płynnego żelaza; inne służą do etapu wstępnej obróbki mającej na celu zapewnienie ponownego wykorzystania pozostałości w wielkim piecu lub piecach łukowych. Obecność wysokich stężeń niepożądanych związków takich jak zasady, metale ciężkie i olej mineralny powoduje ograniczenia dotyczące recyklingu pozostałości bogatych w żelazo.

Tabela 2.7 zawiera zestawienie różnych zastosowań żużli ze stali w Europie.

Tabela 2.7: Wykorzystanie żużla ze stali w Europie

Wykorzystanie żużla ze stali ⁽¹⁾	%	Ilość
Produkcja cementu	1	152
Budowa dróg	45	6840
Inżynieria hydrauliczna	3	456
Nawóz	3	456
Wewnętrzny recykling	14	2128
Tymczasowe składowanie	17	2584
Ostateczne składowanie	11	1672
Inne	6	912
Ogółem	100	15 200

(¹) "Żużel ze stali" dotyczy żużla z BOF,
metalurgii wtórnej i EAF.

Uwaga: Dane pochodzą z 2004 r. i odnoszą
się do 12 państw członkowskich UE
(AT, BE, DE, DK, ES, FR, FI, LU, NL,
UK, SE, SK).

Źródło: [174, Euroslag 2006].

2.3.2.2 *Zewnętrzne zastosowania pozostałości z huty zintegrowanej*

Bogate w cynk szlamy i pyły powstają podczas oczyszczania gazów konwertorowego i wielkopiecowego. Jednakże zawartość cynku nie jest wystarczająco wysoka, aby zapewnić ekonomiczność ponownego wykorzystania. Tylko niektóre z tych szlamów i pyłów mogą zostać zastosowane, więc prawie wszystkie zakłady żelaza i stali posiadają duże zasoby cynkowych szlamów i odpadów.

Jeśli zawartość metali nieżelaznych w pyłach i szlamach powstających w hucie zintegrowanej jest wystarczająco wysoka, aby zapewnić techniczną i ekonomiczną wykonalność, niektóre metale nieżelazne można odzyskać w zewnętrznej produkcji metali i zakładach recyklingu. Na przykład pyły z produkcji stali wzbogacone cynkiem mogą służyć jako surowiec w sektorze cynku zamiast rud cynku.

2.3.2.3 *Usuwanie pozostałości ze zintegrowanej huty*

Niewielka część ogólnej ilości pozostałości z huty zintegrowanej nie posiada zastosowania ekonomicznego (wewnątrz, czy też w ramach instalacji, zewnętrznie) i pewne działania unieszkodliwiające są nieuniknione. Do materiałów zwykle wymagających unieszkodliwienia należą:

- drobny pył/osad z oczyszczania gazów BF
- ogniotrwały gruz z BF
- drobny pył ze skrubbingu gazu BOF (jeśli jest używany w procesie czyszczenia na mokro)
- w niektórych przypadkach pył, który zawiera duże ilości chlorków alkalicznych i chlorków metali ciężkich z ostatniego pola elektrostatycznych urządzeń do wytrącania, filtrów workowych lub płuczek jest stosowany w celu przetwarzania gazu wylotowego z taśm spiekalniczych.

Wiele hut zintegrowanych posiada własne wewnętrzne, certyfikowane obiekty do składowania, podczas gdy inne firmy stosują zewnętrzne składowiska. We wszystkich przypadkach składowiska muszą być uprawnione do przyjmowania określonych rodzajów odpadów.

2.4 Gospodarka wodna i wodno-ściekowa

[200, Commission 2001][279, IISI 2002][316, Eurofer 2009]

W hutach zintegrowanych stosowana jest woda, np. do bezpośredniego i pośredniego chłodzenia, oczyszczania gazów, łamania zgorzeli i operacji czyszczących, w tym czyszczenia gazów odlotowych z płuczek.

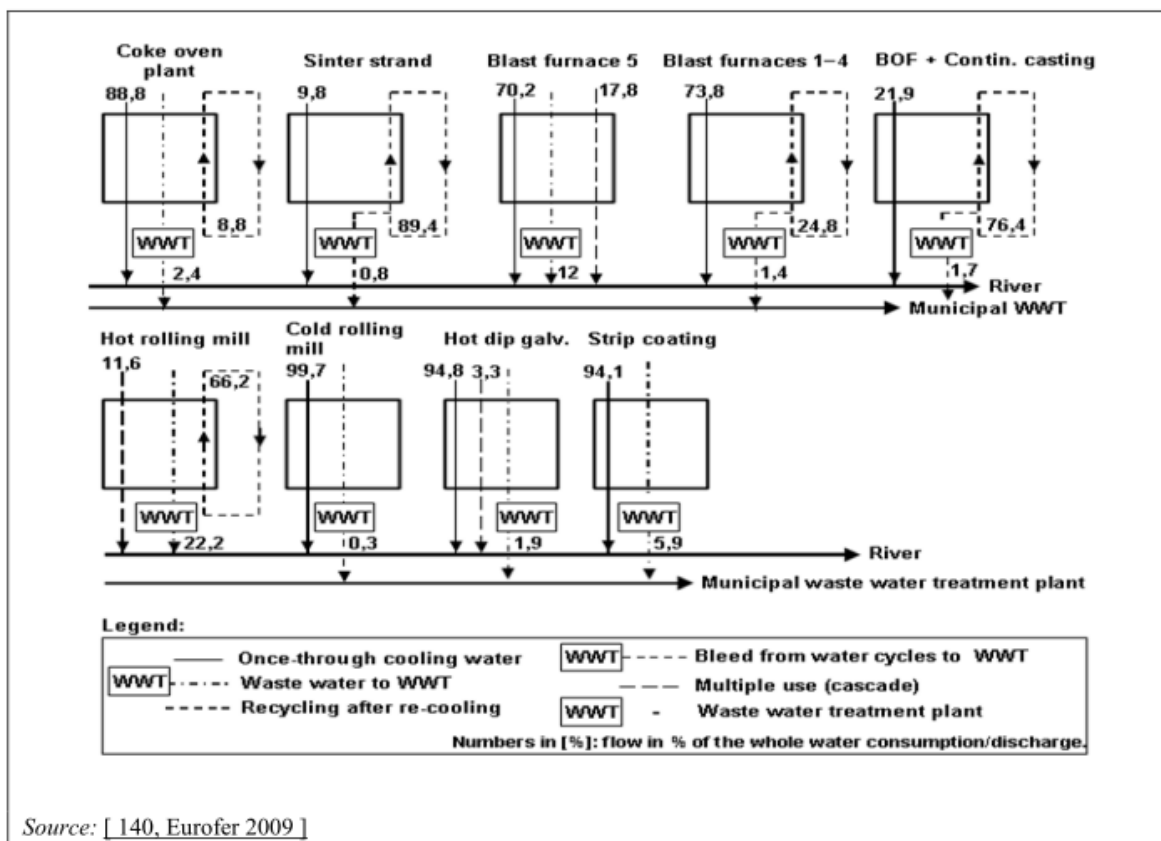
Mogą być stosowane różne systemy wodne: obwody całkowicie zamknięte, na pół zamknięte lub otwarte. Występuje tylko kilka całkowicie zamkniętych pętli. Można stosować zamknięte obwody, np. do obwodów chłodzących z wodą demineralizowaną lub zmiękczoną w specjalnych instalacjach, tj. do form ciągłego odlewu lub kotłów elektrowni, które są zwykle chłodzone wymiennikiem „woda/woda”. W tym przypadku stosowany jest drugi obieg wody jako częściowo zamknięty obwód z wieżą chłodniczą.

Poniżej znajdują się trzy przykłady, gdzie stosowane są systemy pół-zamknięte:

- w wieżach chłodniczych w celu obniżenia temperatury wody. Istnieje potrzeba zapewnienia niewielkiego odpływu celem ograniczenia dużych stężeń soli w wodzie i osadzania się tych soli (tym samym zapobiegania korozji i dalszym możliwym wyciekom)
- do recyklingu ścieków po przetworzeniu dla dalszych zastosowań niewymagających tak wysokiej jakości wody jak przy pierwszym użyciu. Ponieważ mogą osadzać się niektóre niepożądane substancje, niewielka ilość wody musi być odprowadzana i kierowana do oczyszczalni ścieków przed ostatecznym odprowadzeniem. Ilość tę należy uzupełnić wodą bieżącą
- dla wody procesowej, którą można poprowadzić w obwodzie zamkniętym. Ponieważ mogą osadzać się niektóre niepożądane substancje, niewielka ilość wody jest kierowana do oczyszczalni ścieków przed ostatecznym odprowadzeniem. Ilość tę należy uzupełnić wodą bieżącą.

Gospodarka wodna w hucie zintegrowanej przede wszystkim zależy od warunków lokalnych i głównie od dostępności i jakości świeżej wody oraz lokalnych wymogów prawnych.

Rysunek 2.12 przedstawia przykład gospodarki wodnej wraz z informacjami na temat oczyszczania wody w hucie zintegrowanej z prawie nieograniczoną dostępnością świeżej wody. Objasnia on obecność systemów chłodzenia z wodą niepodlegającą recyklingowi. Dzięki temu pobór wody wynosi ponad 100-200 m³/t stali. Jest to ważne dla zakładów w pobliżu dużych zbiorników wodnych, np. dużych rzek.



EN	PL
Coke oven plant	Zakład koksowniczy
Sinter stand	Taśma spiekalnicza
Blast furnace	Wielki piec
Blast furnaces	Wielkie piece
BOF + Cont. Casting	BOF + Ciągłe odlewanie
WWT	Oczyszczalnia ścieków
River	Rzeka
Municipal WWT	Miejskie oczyszczanie ścieków
Hot rolling mill	„Gorąca” walcownia
Cold rolling Mill	„Zimna” walcownia
Hot dip galv.	Cynkowanie ogniowo w kręgach
Strip coating	Powlekanie taśmowe
Once-through cooling water	Chłodząca woda nierecykulowana
Waste water to WWT	Ścieki do oczyszczalni
Recycling after re-cooling	Recykling po ponownym ochłodzeniu
Multiple use (cascade)	Wielokrotne wykorzystanie (kaskadowe)
Waster water treatment plant	Oczyszczalnia ścieków
Numbers in [%]: flow in % of the whole water consumption/discharge	Ilość w %: przepływ w % całego zużycia wody/odprowadzenia
Source	Źródło

Rysunek 2.12: Przykład gospodarki wodnej w hucie zintegrowanej w lokalizacji z dużą nadwyżką dostępności świeżej wody

Głównym powodem stałej poprawy systemu wlotu i wylotu wody są koszty. Koszty oczyszczania ścieków i uwolnień ze względu na przewidziane prawem podatki od

odprowadzania wody do systemu miejskiego mogą być znaczne. Kolejnym czynnikiem kosztowym jest to, że woda pochodząca z wyżej wymienionych zbiorników - w zależności od jakości wody dla różnych zastosowań – powinna zostać poddana kondycjonowaniu przed zastosowaniem. Ponadto pompowanie takich dużych przepływów wody wymaga dużo energii elektrycznej.

Z tych powodów zużycie wody jest stale zmniejszane od 1980 roku.

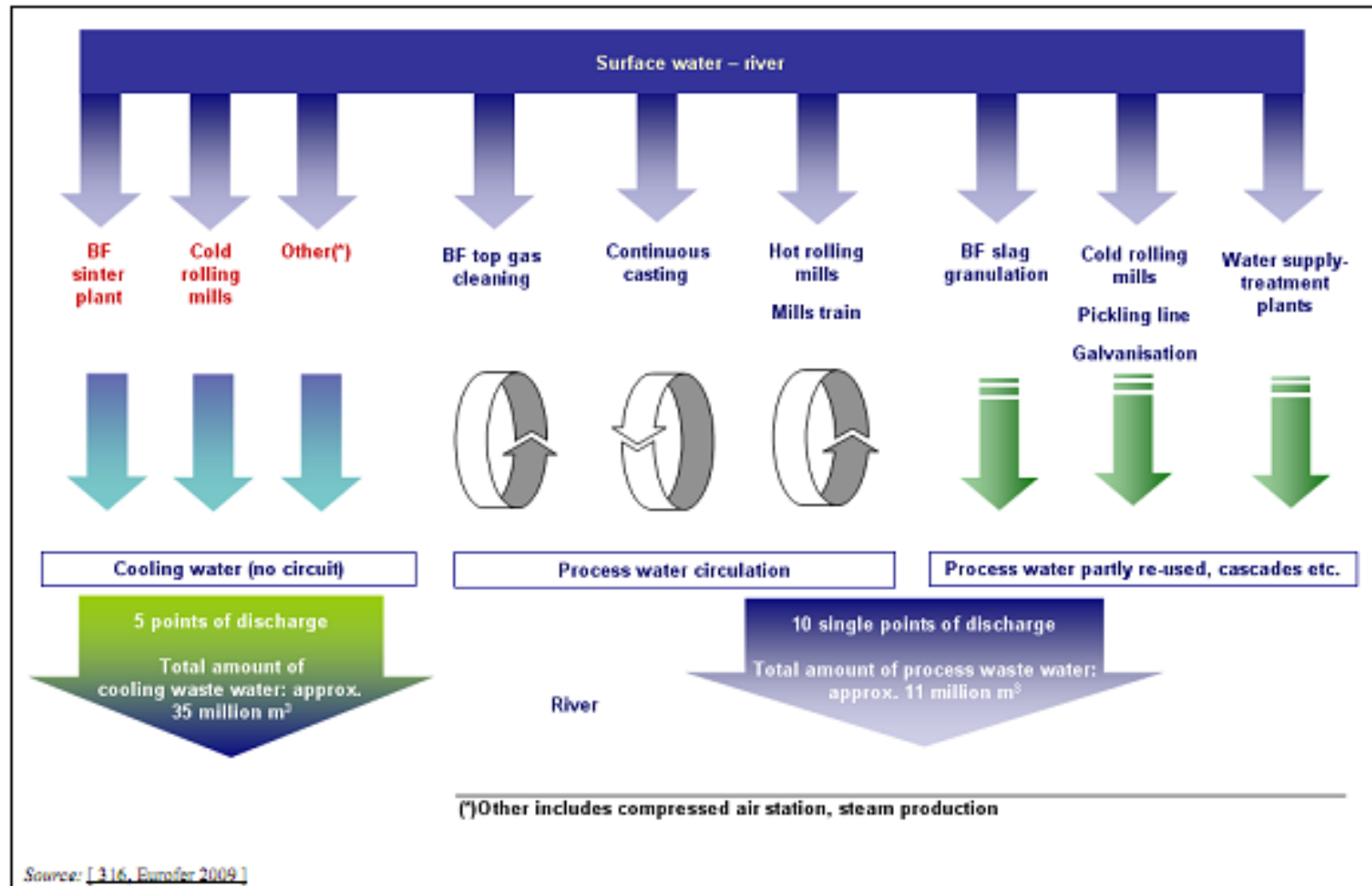
W szczególności w miejscach o bardzo niskiej dostępności świeżej wody, gdzie zapotrzebowanie na wodę powinny zaspokajać wody gruntowe lub woda źródłana, może być konieczność znacznego zmniejszenia zużycia wody. W takich przypadkach zużycie wody może być niższe niż 5 m³/t stali i współzależności mogą mieć znacznie bardziej intensywny charakter.

Tabela 2.8 przedstawia porównanie zużycia wody pomiędzy wymaganiami systemu z wodą niepodlegającą recyklingowi i systemem z intensywną recyrkulacją w typowej hucie zintegrowanej. Intensywna recyrkulacja w pośrednich i bezpośrednich systemach chłodzenia zmniejsza całkowity pobór wody do 2,4% zapotrzebowań systemu bez recyklingu.

Tabela 2.8: Porównanie poboru wody wymaganego dla huty zintegrowanej z systemami bez recyklingu z systemami z intensywną recyrkulacją

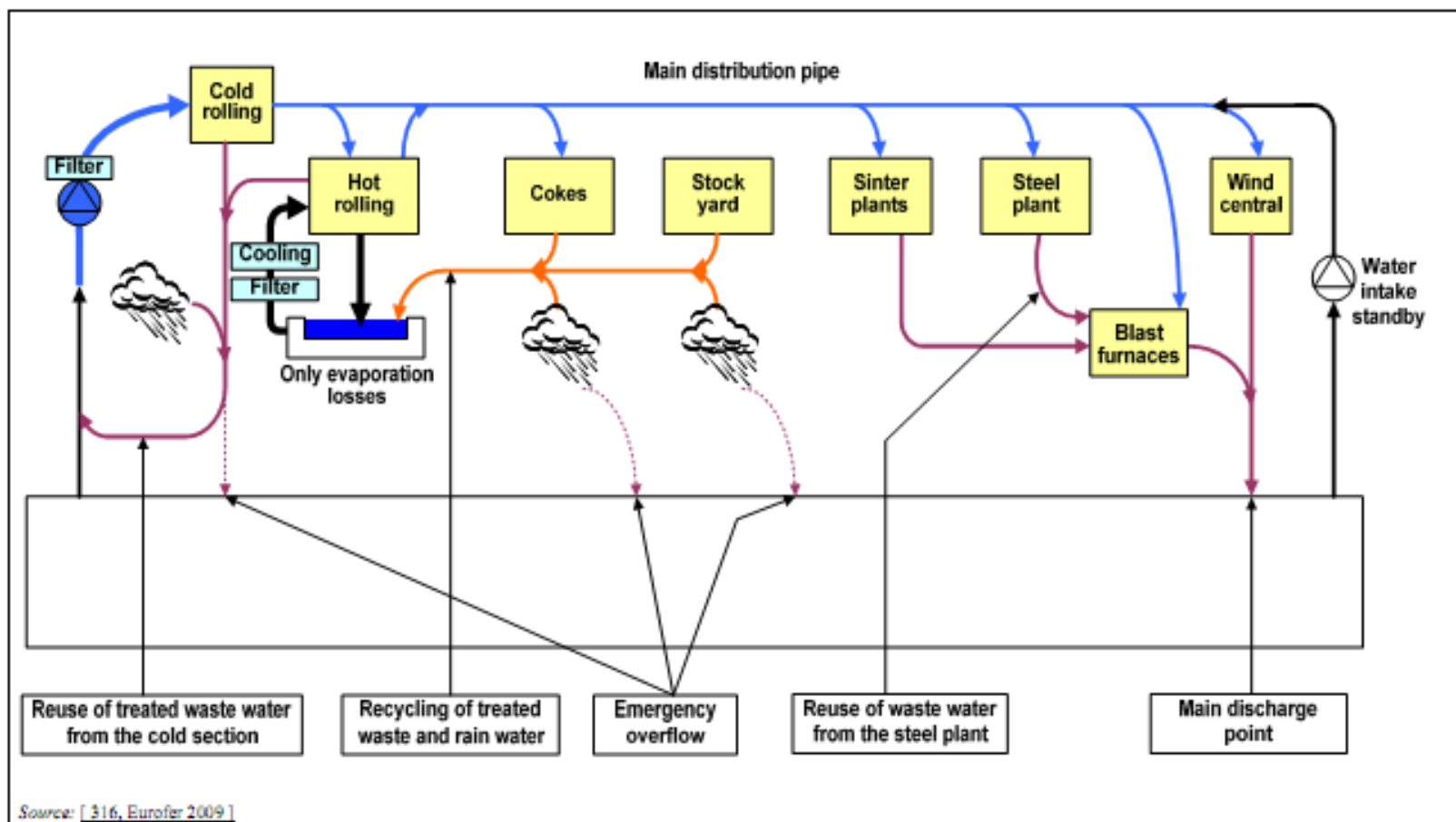
Zużycie wody	Jakość	Pobór wody			
		System z recyklingiem		Intensywna recyrkulacja	
		(m ³ /min)	(% całości)	(m ³ /min)	(% całości)
Niebezpośrednie chłodzenie	Ogólna	675	70,7	7,4	32
Bezpośrednie chłodzenie	Ogólna	265	27,8	6,2	26,8
Woda przemysłowa	Niskiej jakości	7,7	0,8	5,1	22,1
Woda pitna	Wysokiej jakości	1,5	0,2	1,5	6,5
Straty wynikające z parowania		4,8	0,5	2,9	12,6
Ogółem		954	100	23,1	100
Uwaga: Nie wiadomo, czy dane te obejmują również wodę stosowaną w dalszych operacjach (niezawartych w niniejszym dokumencie, np. toczenie).					
Źródło: [279, IISI 2002].					

Dwa rysunki poniżej przedstawiają inne przykłady dwóch różnych systemów globalnych z dwóch hut zintegrowanych z odrębnymi obwodami z uwagi na lokalny projekt zakładu (patrz rysunek 2.13) oraz z systemem kaskadowym o przepływie wstecznym wraz z etapami produkcji stali (od „zimnej” walcowni po wielki piec) (patrz rysunek 2.14).



EN	PL
<p>Surface water –river BF sinter plant Cold rolling mills Other(*) BF top gas cleaning Continuous casting Hot rolling mills Mills train BF slag granulation Cold rolling mills Water supply treatment plants Pickling Line Galvanisation Cooling water (no circuit) Process water circulation 5 points of discharge Total amount of cooling waste water: approx. 35 million m³ River 10 single points of discharge Total amount of process waste water: approx. 11 million m³ (*) Other includes compressed air station, steam production Source</p>	<p>Woda powierzchniowa – rzeka Spiekalnia BF „Zimna” walcownia Inne Usuwanie gazu szczytowego Ciągłe odlewanie „Gorące” walcownie Ciąg walcowniczy Granulat żużłowy BF „Zimne” walcownie Oczyszczalnie zasilające wodą Linia wytrawiania Cynkowanie ogniowe Woda chłodząca (brak obiegu) Obieg wody procesowe 5 pkt. odprowadzania Całkowita ilość chłodzących ścieków: ok. 35 mln m³ Rzeka 10 pojedynczych punktów odprowadzania Całkowita ilość ścieków procesowych: ok. 11 mln m³ (*) „Inne” obejmuje stację sprężonego powietrza, produkcję pary Źródło</p>

Rysunek 2.13: Przykład gospodarki wodnej zintegrowanej huty z odrębnymi obwodami



Rysunek 2.14: Przykład gospodarki wodnej zintegrowanej huty z systemem kaskadowym

EN	PL
Main distribution pipe	Główna rura dystrybucyjna
Cold rolling	Walcowanie na zimno
Hot rolling	Walcowanie na gorąco
Cooling	Chłodzenie
Filter	Filtr
Only evaporation losses	Tylko straty wynikające z parowania
Cokes	Koks
Stock yard	Składowisko
Sinter plants	Spiekalnie
Steel plant	Zakłady stali
Blast furnaces	Wielkie piece
Wind central	Nawiew centralny
Water intake standy	Awaryjny pobór wody
Reuse of treated waste water from the cold section	Wykorzystanie ponowne oczyszczonych ścieków z sekcji zimnej
Recycling of treated waste and rain water	Recykling oczyszczonych ścieków i wody deszczowej
Emergency overflow	Awaryjny odpływ
Reuse of waste water from the steel plant	Ponowne wykorzystanie ścieków z zakładu stali
Main discharge point	Główny punkt odprowadzania

W przykładowym zakładzie przedstawionym na rysunku 2.13, całkowita ilość wody w 2005r. wynosiła prawie 1,2 mld m³/r. Wskaźnik recyrkulacji w tym przypadku wynosił 97,2% i tylko 2,8% należało uzupełnić wodą słodką. Odprowadzane ścieki stanowiły tylko 1,2%, a resztę stanowiły straty wynoszące około 1,6%.

W rezultacie pobór wody wynosił 3,16 m³/t surówki.

Techniki, które doprowadziły do zmniejszonego poboru wody i minimalizacji ilości odprowadzanych ścieków w wyżej wymienionym przypadku obejmują:

- unikanie wykorzystywania wody pitnej na liniach produkcyjnych
- zwiększanie liczby lub wydajności systemów obiegu wody przy budowie nowych lub modernizacji/przeróbce istniejących instalacji
- centralizacja dystrybucji doprowadzanej świeżej wody
- kaskadowe wykorzystywanie wody do momentu, w którym poszczególne parametry osiągną prawne lub techniczne wartości graniczne
- stosowanie wody w innych instalacjach, jeśli zmianie uległy tylko pojedyncze parametry wody i możliwe jest jej dalsze wykorzystanie
- oddzielenie oczyszczanych i nieoczyszczanych ścieków. Takie działanie umożliwia usuwanie ścieków na różne sposoby przy rozsądnych kosztach
- korzystanie z wody deszczowej, gdy tylko to możliwe.

2.5 Ogólne techniki, które należy uwzględnić przy ustalaniu BAT

W niniejszym rozdziale omówiono techniki (lub ich kombinacje), oraz związanego z nimi monitorowania mające potencjał do osiągnięcia wysokiego poziomu ochrony środowiska w działaniach w zakresie niniejszego dokumentu.

Obejmuje on systemy zarządzania środowiskowego, techniki zintegrowane z procesem oraz techniki końca rury. Rozważane są również procedury unikania generowania odpadów oraz zarządzanie nimi, w tym minimalizacja ilości odpadów i ich recykling. Co więcej omawiane są techniki ograniczające zużycie surowców, wody oraz energii.

Informacje zawarte w tym rozdziale będą odnosiły się do kryteriów ustalania najlepszych dostępnych technik (BAT) wymienionych w aneksie III do dyrektywy. Kiedy to tylko możliwe do prezentacji zgromadzonych informacji dotyczących każdej z technik stosowana jest standardowa struktura zawarta w tabeli 2.9 w celu umożliwienia porównania technik i ich oceny w odniesieniu do definicji najlepszych dostępnych technik (BAT) podanej w dyrektywie.

Niniejszy rozdział niekoniecznie przedstawia pełną listę technik, które można zastosować w sektorze. Inne techniki mogą funkcjonować lub zostać opracowane, a następnie uwzględnione przy ustalaniu BAT dla poszczególnych instalacji.

Tabela 2.9: Informacje dla każdej z technik omawianych w niniejszej sekcji

Rodzaj rozważanej informacji	Rodzaj zawartej informacji
Opis	Krótki opis techniczny z zdjęciami, diagramami i grafami, jeśli to właściwe.
Osiągnięte korzyści dla środowiska	Główne potencjalne korzyści dla środowiska możliwe do osiągnięcia dzięki zastosowaniu techniki (w tym oszczędność energii, wody, surowców, jak również zwiększenie produktywności, wydajności energetycznej itp.).
Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)	<p>Potencjalne efekty uboczne dla środowiska i niekorzystne oddziaływanie na inne komponenty związane z zastosowaniem techniki, w tym szczegóły wpływu środowiskowego techniki w porównaniu z innymi (wady i zalety podparte danymi, jeśli są dostępne) w celu dokonania oceny wpływu techniki na środowisko jako całość. Może to obejmować takie kwestie jak:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zużycie surowców i wody, • zużycie energii i przyczynienie się do zmian klimatu, • możliwość kurczenia warstwy ozonu w stratosferze, • możliwość tworzenia ozonu fotochemicznego, • zakwaszanie w związku z emisjami do atmosfery, • pyłki w powietrzu (w tym mikrocząsteczki i metale), • eutrofizacja gleb i wód w związku z emisjami do atmosfery lub wody, • możliwość zmniejszania ilości tlenu w wodzie, • trwałe/toksyczne/bioakumulujące związki z wodzie lub glebie (w tym metale), • tworzenie lub zmniejszanie ilości pozostałości z procesu (odpadów), • możliwość ponownego wykorzystania lub recyklingu pozostałości z procesu (odpadów), • hałas i/lub przykre zapachy, • ryzyko awarii.
Dane operacyjne	Faktyczne dane dotyczące wydajności (w tym warunki odniesienia, okresy i metody monitorowania) oraz poziomów emisji, poziomów zużycia (surowców, wody, energii) oraz ilości wytworzonych odpadów. Wszelkie inne użyteczne informacje dotyczące działania, konserwacji i sterowania daną techniką.
Możliwość zastosowania	Wskazanie na rodzaj zakładów lub procesów, w których dana technika może lub nie może zostać zastosowana, jak również na ograniczenia jej zastosowania w określonych przypadkach, z uwzględnieniem np. wieku zakładu (nowy lub istniejący), czynników związanych z modernizacją (np. dostępność miejsca), rozmiar zakładu (duży lub mały), już zainstalowanych technik oraz rodzaju lub jakości produktu.

Aspekty ekonomiczne	Informacje dotyczące kosztów (inwestycyjnych i operacyjnych) oraz wszelkich możliwych oszczędności (np. ograniczone zużycie surowców lub energii, opłaty za odpady) lub przychodów, w tym szczegółowe informacje dotyczące sposobu ich obliczenia/oszacowania. Podane zostaną informacje gospodarcze związane z nową budową i modernizacją dostosowującą technikę do istniejących instalacji. Powinno to pozwolić na określenie, tam gdzie to możliwe, całkowitego wpływu ekonomicznego techniki.
Motywacja do wdrożenia techniki	Konkretne warunki lokalne, wymagania (np. legislacyjne, środki bezpieczeństwa) lub bodźce nieśrodowiskowe (np. zwiększona produktywność, lepsza jakość produktu), które doprowadzały dotychczas do wdrożenia techniki.
Przykładowe zakłady	Odniesienie do zakładu/zakładów, w których wdrożona została dana technika i z których dane zostały zebrane i wykorzystane do opracowania obecnej sekcji. Wskazanie na rozpowszechnienie danej techniki w Europie i na świecie.
Bibliografia	Literatura przedmiotu lub inne materiały referencyjne (np. książki, raporty, opracowania, strony internetowe) wykorzystane do opracowania sekcji i zawierające bardziej szczegółowe informacje dotyczące techniki.

2.5.1 Systemy zarządzania środowiskowego

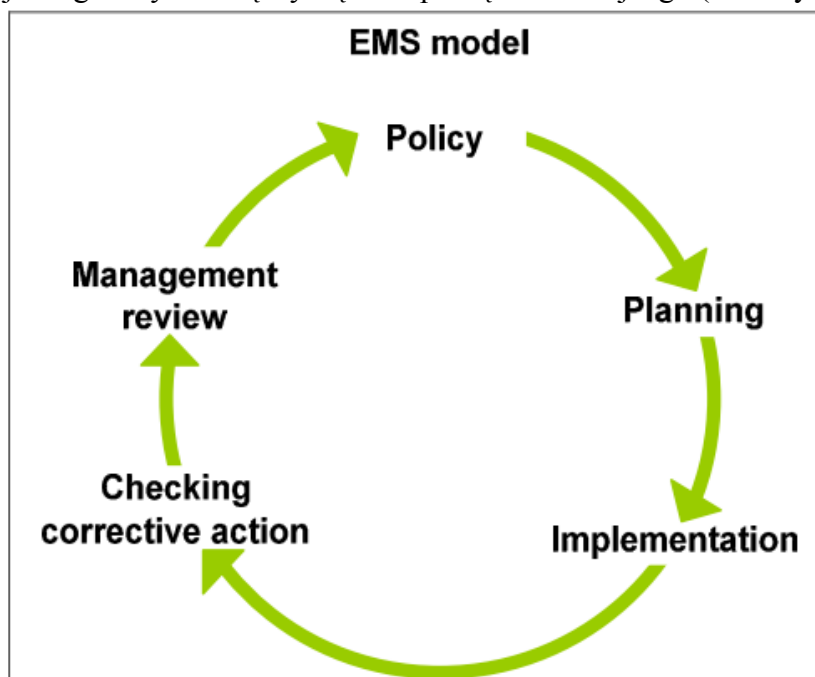
Opis

Dyrektywa definiuje „techniki” (w oparciu o definicję „najlepszych dostępnych technik”) jako „zarówno stosowane technologie, jak i sposób, w jaki dana instalacja jest projektowana, budowana i utrzymywana, eksploatowana i wycofywana z eksploatacji”.

Na tej zasadzie system zarządzania środowiskowego (environmental management system – EMS) stanowi technikę pozwalającą operatorom instalacji na podejmowanie kwestii dotyczących środowiska w sposób systematyczny i widoczny. Systemy te są najbardziej skuteczne i wydajne, gdy stanowią nieodłączny element ogólnego zarządzania i eksploataowania instalacji.

System ten kieruje uwagę operatora na efektywność środowiskową instalacji, szczególnie poprzez zastosowanie przejrzystych procedur eksploatacji dla normalnych, jak również innych niż normalne, warunków eksploatacji oraz poprzez określanie właściwego zakresu odpowiedzialności.

Wszystkie skuteczne systemy uosabiają koncepcję ciągłego doskonalenia instalacji, co oznacza, że zarządzanie środowiskowe jest trwającym procesem, nie zaś projektem o określonym momencie finalizacji. Istnieją różne projekty procesu, jednak większość systemów zarządzania środowiskowego bazuje na cyklu planowanie-wykonanie-kontrola-działanie (znajdującym szerokie zastosowanie w innych kwestiach związanych kierowaniem przedsiębiorstwem). Cykl stanowi iteracyjny, dynamiczny model, w którym zakończenie jednego z cykli łączy się z rozpoczęciem kolejnego (zob. Rysunek 2.15).



EN	PL
EMS model	Model EMS
Policy	Polityka
Management review	Przegląd zarządzania
Checking corrective action	Sprawdzanie działań naprawczych
Planning	Planowanie
Implementation	Wdrożenie

Rysunek 2.15: Ciągłe udoskonalanie w ramach modelu EMS

System zarządzania środowiskowego może przyjąć formę systemu standardowego lub niestandardowego („dostosowanego do potrzeb”). Wdrożenie i przyjęcie stosowanego na świecie znormalizowanego systemu, np. EN ISO 14001:2004, może podnieść wiarygodność EMS, zwłaszcza gdy podlega właściwie dokonywanej weryfikacji zewnętrznej. EMAS zapewnia dodatkową wiarygodność ze względu na interakcję ze społeczeństwem dzięki deklaracji środowiskowej i mechanizmowi zapewniającemu zgodność z właściwym prawodawstwem środowiskowym. Jednakże systemy niestandardowe mogą zasadniczo być równie efektywne, pod warunkiem, że są odpowiednio zaprojektowane i wdrażane.

Podczas gdy zarówno systemy standardowe (EN ISO 14001:2004 lub EMAS), jak i niestandardowe zasadniczo znajdują zastosowanie w **przedsiębiorstwach**, niniejszy dokument stosuje bardziej zawężone podejście i nie uwzględnia całej działalności danego przedsiębiorstwa, np. jeśli chodzi o jej towary i usługi, ponieważ dyrektywa reguluje jedynie kwestie dotyczące **instalacji/obiektów**.

EMS może zawierać następujące elementy:

1. zaangażowanie kierownictwa, w tym kierownictwa wyższego szczebla;
2. określenie polityki środowiskowej, która obejmuje ciągłe udoskonalanie instalacji przez kierownictwo;
3. planowanie i ustalenie niezbędnych procedur, celów i zadań w powiązaniu z planami finansowymi i inwestycjami;
4. wdrożenie procedur ze szczególnym uwzględnieniem:
 - (a) struktury i odpowiedzialności
 - (b) szkoleń, świadomości i kompetencji
 - (c) komunikacji
 - (d) zaangażowania pracowników
 - (e) dokumentacji
 - (f) wydajnej kontroli procesu
 - (g) programu utrzymania ruchu
 - (h) gotowości na sytuacje awaryjne i reagowania na nie
 - (i) zapewnienia zgodności z przepisami dotyczącymi środowiska;
5. sprawdzanie i podejmowanie działań korygujących, ze szczególnym uwzględnieniem:
 - (a) monitorowania i pomiarów (zob. także dokument referencyjny dotyczący ogólnych zasad monitorowania) [42, EC 2003 1]
 - (b) działań korygujących i zapobiegawczych
 - (c) prowadzenia zapisów
 - (d) niezależnego (jeśli jest to możliwe) audytu wewnętrznego i zewnętrznego w celu określenia, czy system zarządzania środowiskowego jest zgodny z zaplanowanymi ustaleniami oraz czy jest właściwie wdrożony i utrzymywany;
6. przegląd systemu zarządzania środowiskowego przeprowadzony przez ściśle kierownictwo pod kątem stałej przydatności systemu, jego prawidłowości i skuteczności;
7. przygotowanie regularnych deklaracji środowiskowych;
8. sprawdzanie przez organ certyfikujący lub zewnętrznego weryfikatora EMS;
9. kontynuacja rozwoju czystszych technologii;
10. uwzględnienie – na etapie projektowania nowego obiektu i przez cały okres jego eksploatacji – skutków dla środowiska wynikających z ostatecznego wycofania instalacji z eksploatacji;

11. regularne stosowanie sektorowej analizy porównawczej.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

EMS promuje i wspiera ciągle udoskonalanie efektywności środowiskowej instalacji. Jeśli zakład już posiada ogólnie dobrą wydajność środowiskową, wtedy system pomaga operatorowi utrzymać wysoki poziom wydajności.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Brak zgłoszonych przypadków. Systematyczna analiza początkowych skutków dla środowiska oraz pola do udoskonalenia w kontekście EMS stanowi podstawę oceny najlepszych rozwiązań dla wszystkich komponentów.

Dane operacyjne

Wszystkimi istotnymi poziomami zużycia (w tym zużycia energii) oraz emisjami w sposób skoordynowany gospodaruje operator dla krótkiego, średniego oraz długiego okresu, w połączeniu z planami finansowymi i cyklami inwestycyjnymi. Oznacza to, że np. realizacja krótkoterminowych rozwiązań technologii „końca rury” w odniesieniu do emisji, może zmusić operatora do wyższego długofalowego zużycia energii oraz do przełożenia inwestycji na czas realizacji ogólnie bardziej korzystnych dla środowiska rozwiązań. Wymaga to wzięcia pod uwagę kwestii skutków przenoszenia zanieczyszczeń pomiędzy komponentami środowiska, zaś stosowne wytyczne, rachunek kosztów i kwestie stosunku kosztów do korzyści zawarto w dokumencie referencyjnym dotyczącym ekonomiki i wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska ("cross-media effects") (ECM) [185, European Commission 2006] oraz w dokumencie referencyjnym dotyczącym efektywności energetycznej [48, EC 2008].

Możliwość zastosowania

Elementy opisane powyżej mogą być zastosowane wobec wszystkich instalacji opisanych w niniejszym dokumencie. Zakres (np. poziom szczegółowości) i rodzaj systemu zarządzania środowiskowego (np. oparty o normy czy nie) będą zasadniczo odnosić się do charakteru, skali i złożoności instalacji oraz do zasięgu oddziaływania takiej instalacji na środowisko.

Aspekty ekonomiczne

Trudno jest określić dokładnie koszty i korzyści ekonomiczne wprowadzenia i utrzymania dobrego EMS. Istnieją również korzyści ekonomiczne, które stanowią rezultat zastosowania EMS i które różnią się istotnie w poszczególnych sektorach.

Koszty zewnętrzne dotyczące weryfikacji systemu mogą być szacowane w oparciu o wytyczne wydane przez Międzynarodowe Forum Akredytacji [Autor: strona internetowa funkcjonuje już w BATIS pod numerem ID 10152; należy ją powiązać z BREF a następnie wstawić odniesienie w tym miejscu].

Koszty zewnętrzne dotyczące weryfikacji systemu mogą być szacowane w oparciu o wytyczne wydane przez Międzynarodowe Forum Akredytacji (<http://www.iaf.nu>).

Przesłanki do wdrożenia

Do podstaw wdrożenia EMS należy:

- lepsza efektywność środowiskowa
- lepsze zrozumienie aspektów środowiskowych przedsiębiorstwa, co może zostać wykorzystane na rzecz spełnienia wymogów środowiskowych klientów, organów regulacyjnych, banków, firm ubezpieczeniowych lub innych zainteresowanych stron (np. osób mieszkających lub pracujących w okolicy instalacji);
- lepsza podstawa procesu decyzyjnego
- lepsza motywacja personelu (np. kierownicy mogą zyskać pewność, że skutki dla środowiska są kontrolowane, a pracownicy mogą poczuć, że pracują dla firmy dbającej o środowisko);

- dodatkowe możliwości redukcji kosztów operacyjnych i poprawy jakości towarów;
- lepszy wizerunek firmy
- ograniczona odpowiedzialność, ubezpieczenie i koszty braku zgodności.

Przykładowe zakłady

EMS są stosowane w szeregu instalacji w UE.

Większość europejskich zakładów produkcji stali posiada certyfikaty EMS, podczas gdy ISO 14001 jest coraz częściej stosowane niż EMAS. Przykłady:

- Buderus Edelstahl GmbH, Wetzlar, Niemcy
- Uddeholm Tooling AB, Hagfors, Szwecja
- Villares Metals SA, Sao Paolo, Brazylia
- Bohler Edelstahl GmbH, Kapfenberg, Austria
- Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria
- Voestalpine Stahl GmbH, Donawitz, Austria
- Rivagroup Taranto, Włochy
- ArcelorMittal Dunkirk, Florange, Fos sur Mer, Francja

Bibliografia

Rozporządzenie EMAS (WE) nr 1221/2009 [396, Reg. 1221/2009

]

Strona internetowa EMAS DG ds. Środowiska. [397, DG

Environment 2010]

EN ISO 14001:2004:

Strona internetowa grupy norm ISO 14000: [398, ISO 2004]

ISO 14000 Komitet Techniczny. [398, ISO 2004]

2.5.2 Zarządzanie energią

2.5.2.1 Techniki w celu poprawy efektywności energetycznej

Opis

Istnieją pewne specjalne i ważne elementy, które powinny być wymienione w przypadku huty zintegrowanej w celu poprawy ogólnej wydajności energetycznej w tym:

- optymalizacja zużycia energii. Zazwyczaj zmiana zasilania jednego procesu w zakładzie produkcji stali wpływa na kilka innych procesów (np. gaz koksowniczy w wielkim piecu może spowodować większą wartość opałową gazu gardzielowego BF). Zoptymalizowane narzędzia, uwzględniające cały zintegrowany zakład mogą być korzystniejsze niż te, które traktują każdy proces jako samodzielną jednostkę
- bieżące monitorowanie. Jest często stosowane dla najważniejszych przepływów energii i procesów spalania w zakładzie. Dane są przechowywane przez długi czas, więc typowe sytuacje mogą być analizowane. Bardzo ważne jest bieżące monitorowanie wszystkich pochodni. Jest podstawową techniką w celu uniknięcia strat energii w procesach spalania i pochodniach. Systemy ciągłego monitorowania dla wszystkich parametrów procesów związanych z energią mogą służyć do optymalizacji procesu kontroli i umożliwić natychmiastową konserwację, tym samym zapewniając nieprzerwaną produkcję
- raportowanie i narzędzia analityczne. Narzędzia do prowadzenia sprawozdawczości są często stosowane w celu sprawdzania średniego zużycia energii dla każdego procesu. Jeśli chodzi o kontrolę kosztów, kontrola energii jest podstawą optymalizacji zużycia energii i obniżenia kosztów. System kontrolowania energii zapewnia możliwość porównania rzeczywistych danych z danymi historycznymi (np. wykresy)

- konkretne poziomy zużycia energii. Dla każdego procesu można zdefiniować konkretne poziomy zużycia energii. Zazwyczaj zgłaszane poziomy energii mogą być stosowane, choć wartości te muszą być koniecznie sprawdzane. Wartości są porównywane w dłuższym okresie
- audyty energetyczne. Audyty te są zdefiniowane w publikacji BREF na temat efektywności energetycznej jako istotne narzędzie do zarządzania energią. Audyty te mogą również umożliwić określenie możliwości w zakresie oszczędzania energii.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Celem zarządzania energią powinno być maksymalnie wydajne wykorzystanie gazów powstających w procesach, tym samym minimalizując konieczność importowania dodatkowych źródeł energii do systemu i optymalizacja zużycia energii w ramach wewnętrznych ograniczeń systemu. Aby osiągnąć ten cel, musi istnieć odpowiedni system odpowiadający możliwościom technicznym i budżetowi z jednej strony oraz organizacji z drugiej strony. Poczyniono wiele prób omówienia kwestii zarządzania energią (np. BREF na temat efektywności energetycznej). W związku z tym szczegóły nie są omówione w niniejszym dokumencie.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Brak dostępnych danych.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Brak dostępnych danych.

Bibliografia

[281, Eurofer 2007]

2.5.2.2 Techniki optymalizacji procesu wykorzystania gazu

Opis

Zintegrowane z procesem technologicznym techniki zwiększające efektywność energetyczną w hucie zintegrowanej dzięki optymalizacji wykorzystania gazów procesowych obejmują:

- użycie zbiorników gazu na wszystkie gazowe produkty uboczne lub innych odpowiednich urządzeń przeznaczonych do krótkotrwałego przechowywania i utrzymywania ciśnienia umożliwiające maksymalizację odzysku gazów procesowych;
- zwiększenie ciśnienia w sieci gazowej, jeśli występują straty energii w pochodniach – w celu wykorzystania większej ilości gazów procesowych, co prowadzi do zwiększenia stopnia wykorzystania;
- wzbogacenie gazu gazami procesowymi i różne wartości opałowe dla różnych konsumentów - procesy wymagają gazów o różnej wartości opałowej celem zapewnienia akceptowalnego poziomu zużycia paliwa. Im wyższa wymagana temperatura procesu, tym większa ilość gazów o wysokiej wartości opałowej
- Piece do podgrzewania z gazem procesowym w celu maksymalnego wykorzystania gazów procesowych i zmniejszenia potrzeby zakupu gazu ziemnego lub energii elektrycznej
- zastosowanie sterowanych komputerowo systemów kontroli wartości opałowej;

- rejestrowanie i wykorzystywanie temperatury koksu i gazów spalinowych;
- odpowiednie zaprojektowanie wielkości instalacji odzysku energii wykorzystujących gazy procesowe, w szczególności w odniesieniu do zmienności parametrów tych gazów.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Stosowanie wyżej wymienionych technik umożliwia zmniejszenie zapotrzebowania na energię w produkcji stali w hucie zintegrowanej.

Efektywność energetyczną można poprawić poprzez dobrą kontrolę spalania i można ostatecznie zmniejszyć zanieczyszczenia do atmosfery.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Faktyczne zużycie energii zależy od zakresu procesu technologicznego, jakości produktu i typu instalacji (np. skali obróbki próżniowej w konwertorze tlenowym, temperatury wyżarzania, grubości produktów itp.). Każda huta zintegrowana i jej komponent cechuje się innym spektrum produktów, konfiguracjami procesu, strategiami w zakresie surowców itp. i dlatego charakteryzuje się indywidualnym zapotrzebowaniem na energię. Warunki klimatyczne powinny być również uwzględniane przy wykorzystaniu energii.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Brak dostępnych danych.

Bibliografia

[242, Caughlin 2007] [281, Eurofer 2007]

2.5.2.3 Techniki w celu zwiększenia odzysku ciepła

Opis

Techniki zintegrowane z procesem technologicznym wykorzystywane w celu zwiększenia efektywności energetycznej w produkcji stali dzięki lepszemu odzyskiwaniu ciepła obejmują:

- Odzysk ciepła odpadowego w wymiennikach ciepła i jego dystrybucja do innych części huty albo do lokalnej sieci ciepłowniczej (jeśli w okolicy są konsumenci);
- instalację kotłów parowych lub odpowiednich systemów w dużych piecach grzewczych (piece mogą pokryć część zapotrzebowania na parę);
- wstępne podgrzewanie powietrza do spalania w piecach lub innych systemach spalania w celu zaoszczędzenia paliwa, z uwzględnieniem niepożądanych efektów, tj. wzrostu zawartości tlenków azotu w gazach odlotowych;
- izolację rur z parą i rur z gorącą wodą;
- odzyskiwanie ciepła z produktów, np. ze spieku; w przypadku gdy stal musi być chłodzona, stosowanie zarówno pomp ciepła, jak i paneli słonecznych;
- stosowanie kotłów ogrzewanych gazami spalinowymi w piecach o wysokich temperaturach;
- parowanie tlenu i schładzanie sprężarek w celu wymiany energii za pośrednictwem standardowych wymienników ciepła;

- zastosowanie szczytowych turbin rozprężnych w celu przekształcania energii kinetycznej gazu wytwarzanego w wielkim piecu na energię elektryczną.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Lokalna sieć ciepłownicza jest metodą bezpiecznego, ekonomicznego ogrzewania, która wymaga od klienta niewielkiej konserwacji.

Stosowanie wyżej wymienionych technik umożliwia zmniejszenie zapotrzebowania na energię w produkcji stali w hucie zintegrowanej. Emisji CO₂ i innych zanieczyszczeń można uniknąć poprzez zastąpienie paliw kopalnych produkcją energii w lokalnych sieciach ciepłowniczych.

Znaczną przewagę systemu lokalnych sieci ciepłowniczych zapewnia czystość i duża różnica temperatury wody obiegowej. W ten sposób można połączyć produkcję ciepła i określone rozwiązania na potrzeby procesu chłodzenia.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

W miejskiej sieci ogrzewania, energia cieplna jest dostarczana za pomocą zamkniętych rury do ogrzewania budynków i innych pomieszczeń i do produkcji ciepłej wody. Konsument zawsze otrzymuje energię cieplną dzięki wymiennikom ciepła. Każdy z budynków ma podobne połączenia, na przykład dla sieci elektrycznych, sieci gazowych, sieci czystej wody i kanalizacji.

Lokalne sieci ciepłownicze są dość powszechnie wykorzystywane w obszarach miejskich krajów skandynawskich i Rosji oraz coraz częściej także w Europie Środkowej. Energia cieplna jest wytwarzana w większych miastach w dużych elektrowniach ze skojarzoną produkcją energii elektrycznej i ciepła (CHP). W niektórych gminach energia cieplna jest wytwarzana za pomocą oddzielnych kotłowni spalających paliwa stałe, ciężkie oleje, gaz ziemny lub biomasę.

Temperatura wody ciepłowniczej jest regulowana i mieści się w przedziale 75-120 °C. Temperatura powracającej wody mieści się w przedziale 40-45 °C.

Szczególną cechą przemysłowych sieci ciepłowniczych jest możliwość optymalizacji i kontroli. Gdy około 90% rocznego zapotrzebowania na ciepło jest wytwarzanego z ciepła odpadowego z wielu różnych procesów, dość skomplikowane jest stałe rozdzielanie optymalnych obciążeń cieplnych i kontrola temperatury i ciśnienia w innych punktach produkcji. W przypadku zapewniania znacznej części ciepła lokalnej sieci ciepłowniczej, może być konieczny system awaryjny.

Możliwość zastosowania

Metoda jest stosowana przede wszystkim we wszystkich hutach, które używają podobnej techniki chłodzenia.

Skojarzone wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej ma zastosowanie do wszystkich hut żelaza i stali położonych blisko terenów zabudowanych z odpowiednim zapotrzebowaniem na ciepło. To samo dotyczy wielu innych branż przemysłowych.

Faktyczne zużycie energii zależy od zakresu procesu technologicznego, jakości produktu i typu instalacji (np. skali obróbki próżniowej w konwertorze tlenowym, temperatury wyżarzania, grubości produktów itp.). Każda huta zintegrowana i jej komponent cechuje się innym spektrum produktów, konfiguracjami procesu, strategiami w zakresie surowców itp. i dlatego charakteryzuje się indywidualnym zapotrzebowaniem na energię. Warunki klimatyczne powinny być również uwzględniane przy analizowaniu wykorzystania energii.

Aspekty ekonomiczne

Sprzedż ciepła odpadowego może być rentowną działalnością.

Budowa lokalnej sieci ciepłowniczej jest bardzo korzystna, gdy stosujemy technologię, która była powszechnie stosowana. Z tego powodu system ten okazał się niezwykle dochodową technologią dla Raahe Steel Works (Raahe, Finlandia), a ponadto zapewnia on bardzo korzystne taryfy dla użytkownika końcowego w mieście Raahe. Na tym obszarze powstała nowa branża, która stosuje lokalne sieci ciepłownicze.

Motywacja do wdrożenia techniki

Powodem wprowadzenia systemu odzysku ciepła są oszczędności dotyczące paliwa pierwotnego i tym samym zmniejszenie emisji CO₂ i innych oddziaływań na środowisko. Powodem wprowadzenia systemu skojarzonej produkcji energii i ciepła są korzyści dla środowiska, poprawa funkcjonowania BF i uniknięcie wysokich kosztów inwestycji.

Przykładowe zakłady

W przykładowym zakładzie Marienhutte w miejscowości Graz w Austrii, około 40 GWh rocznie jest odzyskiwane z EAF (35 ton/ładunek) i przekazywane do lokalnej sieci ciepłowniczej (stan na rok 2005). Sieci ciepłownicze są również stosowane w Ovako Hofors, SSAB, w miejscowości Lulea w Szwecji i spiekalni Ruukki w Finlandii.

Z zakładu skojarzonej produkcji ciepła i energia elektrycznej, ciepło jest wytwarzane w SSAB Lulekraft w miejscowości Lulea w Szwecji. Od początku do końca 2003 r. 12,995 GWh gorącej wody zostały dostarczonej do lokalnej sieci ciepłowniczej. Około 4,5 Mt CO₂ zostałyby wyprodukowane, gdyby taka sama ilość ciepła została wygenerowana przy użyciu ciężkiego oleju opałowego (przy założeniu odzysku 90% i wartości 0,0879 ton CO₂/GJ). Przy tych samych warunkach, ilość SOX i NOX jakiej udało się uniknąć można by obliczyć na około 1800 i 600 ton odpowiednio. Energia elektryczna zaspokaja potrzeby szwedzkiego producenta blachy SSAB Tunnpalat AB, a także daje pewną nadwyżkę energii elektrycznej, którą można wykorzystywać gdzie indziej. Produkcja ciepła pokrywa całkowite potrzeby sieci ciepłowniczej w miejscowości Lulea (22 000 domów). Ponadto lokalny zakład biomasy wykorzystuje nadwyżkę energii z systemu.

Całkowita dostawa energii z systemu dla 2004 r. podana jest w tabeli 2.10.

Tabela 2.10: Przykład zakładu CHP produkującego ciepło i energię elektryczną dla gminy

Paliwo wejściowe (GWh)		Produkcja energii (GWh)	
Gaz	2075	Całkowity eksport energii	1472
Ropa naftowa	82	Gorąca woda do sieci ciepłowniczej	751
		Eksport energii elektrycznej	613
		Eksport pary	27
		Eksport gazu suszającego	81
Źródło: [208, Lindfors et al. 2006].			

Hofors Energi AB w Szwecji dostarcza łącznie około 130 GWh rocznie dla gmin Ovako Hofors i Hofors. Jedna trzecia to para, reszta jest w postaci gorącej wody. Wykorzystanie ciepła odpadowego oznacza oszczędności o dodatkowe 4000 m³ rocznie. W sumie oznacza to zmniejszenie emisji CO₂ o 23 000 ton na rok dla Ovako Hofors.

W wyniku współpracy między Ovako Hofors i Hofors Energi AB, gmina Hofors ma zapewnioną sieć ciepłowniczą, która zmniejsza zużycie oleju w budynkach o dodatkowe 4000 m³ rocznie. Oznacza to zmniejszenie emisji CO₂ o około 11 000 t/rok.

Ogrzewanie komunalne zapewniane Raahen Energia w Finlandii odpowiada 160 000 MWh/rok. Zastosowanie ciężkiego oleju opałowego jest zastąpione o około 18 000 t/r. Podobna ilość energii zastępowana jest przez Raahe Steel Works wewnętrznymi paliwami,

parą i energią elektryczną, która byłaby zastosowana do produkcji ciepła bez lokalnej sieci ciepłowniczej i bez wykorzystania ciepła odpadowego. Ponadto zmniejsza się zużycie energii w hutach, gdy możliwa była sprzedaż ciepła odpadowego Raahen Energia.

Innym przykładem ciepłownictwa komunalnego jest Voestalpine Stahl GmbH, Linz (Austria) - 139 GWh/r.

Bibliografia

[208, Lindfors et al. 2006] [277, Wiesenberger 2007] [281, Eurofer 2007]

2.5.2.4 Pompy i wentylatory z regulacją częstotliwości

Opis

Analiza pomp stosowanych do zasilania ogrzewania komunalnego na obszarze przemysłowym często pokazuje, że wszystkie pompy działają nieprzerwanie przy dużej mocy, mimo że wymagana moc pompowania jest często bardzo niska.

Najbardziej nowoczesne pompy i wentylatory posiadają regulację częstotliwości i dlatego mogą być ustawione na każdą prędkość obrotów (wartość obr/min) celem uzyskania pożądanej wartości dla przepływu. Zastosowanie pomp i wentylatorów z regulacją częstotliwości i napędów o zmiennej prędkości umożliwia lepsze i szybsze dostosowanie natężenia przepływu wody i przepływu gazu odlotowego do potrzeb różnych warunków procesowych. Działania optymalizacyjne dodatkowych systemów obejmują:

- całkowite oddzielenie pomp od głównych dostaw, gdy są one wyłączone
- zastąpienie istniejących pomp mniejszymi, wysoko wydajnymi pompami
- Instalacja silników o wysokiej wydajności.

Maksymalna oszczędność energii możliwa jest do osiągnięcia, kiedy systemy wykorzystujące energię są zoptymalizowane jako całość, a nie biorąc pod uwagę składniki poszczególnych systemów w izolacji. Cykl w związku z tym koncentruje się na analizie systemów; komponenty w systemie pomp obejmują, na przykład, napęd o zmiennej prędkości, silnik elektryczny, skrzynię biegów, pompę i rury oraz urządzenia kontrolno -pomiarowe. Środki mające na celu optymalizację zużycia energii muszą zostać opracowane indywidualnie dla każdego systemu pomp i ocenione z ekonomicznego punktu widzenia. Istotna jest analiza potrzebnych parametrów (ciśnienia, przepływu, poziomu temperatury itp.), istniejących parametrów eksploatacyjnych i komponentów systemów dla każdego systemu indywidualnie. „Precyzyjna korekta” wszystkich elementów i ich wzajemne oddziaływanie również wchodzi w zakres planu optymalizacji. Umożliwia to określenie etapami optymalnej ogólnej sprawności systemu i najbardziej efektywne wykorzystanie energii.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Zmiany powodują znaczne oszczędności w energii elektrycznej, jak również mniejsze koszty utrzymania i mniej zakłóceń produkcji.

Środki zapewniające efektywność również odgrywają znaczną rolę w łagodzeniu zmian klimatu. W SSAB Oxelosund AB, Szwecja, oszczędności w energii elektrycznej w skali rocznej wynoszą 3.2 GWh. Jeśli chodzi o redukcję emisji CO₂, oznacza to około 250 t/r.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Technika może być zastosowana do wody czyszczącej gazy odlotowe, wody chłodzącej okapu i lancy, wentylatorów odsysających gazy odlotowe i podobnych urządzeń, na przykład w procesie LD. W przypadkach, w których niezawodność pomp ma kluczowe znaczenie dla bezpieczeństwa procesu technologicznego, nie można stosować pomp z regulowaną częstotliwością. Jako że technologia systemu pompa jest technologią wielodzielnicową

szeroko stosowaną w przemyśle i produkcji i różnego rodzaju firmy mogą korzystać z doświadczeń innych.

Aspekty ekonomiczne

Optymalizacja systemów często umożliwia zmniejszenie zużycia energii systemu elektromotorycznego o 30% lub więcej. Zmniejszenie kosztów energii oznacza zazwyczaj, że inwestycje przynoszą zwrot w ciągu dwóch do trzech lat i zysk z inwestycji wynosi między 30% i 50%.

Żywotność systemu pomp o zużyciu energii, które zostało zoptymalizowane jest większa i zwiększa się też dostępność zakładu. Mniejsze obciążenie mechaniczne również zmniejsza koszt utrzymania.

Parametry dotyczące oszczędności i efektywności energetycznej dla lokalnej sieci ciepłowniczej w Ulm GmbH, Ulm (w Niemczech):

- oszczędności energii elektrycznej: 64% lub 325 000 kWh/rok
- oszczędności kosztowe: EUR 32 500/rok
- inwestycja: EUR 67 000
- okres zwrotu: 2,1 lat
- zwrot z inwestycji: 48 %.

W SSAB Oxelosund (Szwecja) łączny potencjał oszczędności dla koniecznych zmian przekracza 55 000 EUR rocznie, jeśli chodzi o same oszczędności energii (w cenie EUR 0,033 kWh). W tym przypadku oszczędności mogą być osiągnięte bez inwestycji. Więcej oszczędności energii można uzyskać, ale w tym przypadku tylko po inwestycji.

Motywacja do wdrożenia techniki

Motywacją są głównie względy ekonomiczne.

Przykładowe zakłady

Technika zastosowana w SSAB Oxelosund AB w Szwecji.

Sieć ciepłownicza Ulm GmbH, Ulm w Niemczech prowadzi zakład stosujący odpady do opał i elektrownię szczytową w dolinie Dunaju Ulm i obsługuje obszar mieszkalny Wiblingen w Niemczech.

Bibliografia

[34, dena 2007][208, Lindfors et al. 2006]

2.5.3 Redukcja NO_x w elektrowniach z opalaniem gazem procesowym

W zasadzie w celu zmniejszenia emisji NO_x, mogą być stosowane podstawowe jak i wtórne środki. Wtórne środki mają wpływ zarówno na termiczne jak i paliwowe NO_x.

2.5.3.1 Redukcja NO_x przez środki pierwotne

Opis

Środki pierwotne mogą tylko zmniejszyć termiczne NO_x. Następujące środki pierwotne mogą być stosowane pojedynczo lub w połączeniu:

- wprowadzenie palników o niskiej emisji NO_x
- recyrkulacja gazów spalinowych
- odgórny dmuch powietrza dla spalania pozostałości z palnikami substechiometrycznymi
- wtrysk paliwa redukcyjnego
- stopniowanie powietrza
- stopniowanie paliwa.

Wszystkie z tych środków umożliwiają zmniejszenie temperatury spalania i cząstkowego ciśnienia tlenu. Wynikiem są znacznie obniżone emisje NO_x. Temperatura spalania zależy od wartości opałowej gazu wsadowego. Poprzez zmieszanie większej ilości spalin (bez składników możliwych do spalania) z gazem procesowym, temperatura spada.

Zastosowanie palników o niskiej emisji NO_x i recyrkulacji gazów spalinowych

Jest to jeden z najbardziej skutecznych środków redukcji, który również powinien być stosowany z precyzyjnie dopasowanymi technikami spalania.

Przy użyciu palników o niskiej emisji NO_x i dodatkowej zewnętrznej recyrkulacji spalin, można osiągnąć średnią dzienną wartość 80-90 mg/Nm³ termicznych NO_x. Przy spalaniu COG w połączeniu z gazem ziemnym (bez gazu BF) można osiągnąć średnią dzienną wartość około 90 mg/Nm³.

Poprzez zainstalowanie palników o niskiej emisji NO_x i systemu recyrkulacji spalin, jest możliwa redukcja o około 40%. Przy stosowaniu jednak tylko palników o niskiej emisji NO_x, można osiągnąć 30% NO_x. Z kolei przy użyciu tylko recyrkulacji spalin, osiągamy 15% redukcji NO_x.

Ze względu na dodanie termicznego NO_x i paliwowego NO_x, osiągamy emisje NO_x około 210 mg/Nm³ (średnio dziennie) dzięki podstawowemu środkowi i przy typowych składownikach COG.

Występują także bardziej skomplikowane wpływy na emisje NO_x innych parametrów procesowych takich jak:

- obciążenie obszaru pieca (częściowe obciążenie/pełne obciążenie)
- dodatkowe spalanie gazu BF w tym samym czasie (niższa temperatura spalania)
- odgórny dmuch powietrza.

Odgórny dmuch powietrza jako dodatkowy środek

Odgórny dmuch powietrza służy ponadto w spalaniu pozostałości paliwa przy zastosowaniu palników o niskiej emisji NO_x z recyrkulacją spalin. Jednak w istniejącym zakładzie jest ono mniej efektywne.

Odgórny dmuch powietrza jako środek alternatywny

Jednym z rozwiązań byłoby połączenie palnika z niską emisją NO_x i recyrkulacji spalin. Inną możliwością spalania pozostałości gazów spalinowych jest stosowanie palnika sub-stechiometrycznego i zapewnienie powietrza potrzebnego do późniejszego całkowitego spalania. W porównaniu z pierwszą opcją, redukcja NO_x wynosi tylko jedną trzecią. Ponadto mogą wystąpić problemy techniczne podczas stałego dmuchu powietrza celem całkowitego spalania gazów spalinowych, gdyż zwiększa się ilość CO w pobliżu ścian, co z kolei prowadzi do korozji.

Wtrysk paliwa redukcyjnego

Inną możliwością redukcji NO_x jest wtrysk paliwa redukcyjnego - na przykład mieszaniny gazów spalinowych pochodzących z recyklingu i gazu ziemnego - między ostatnim poziomem palnika i powietrzem odgórnym. Nie jest to jednak efektywny przy zastosowaniu palników o niskiej emisji NO_x w tym samym czasie.

Stopniowanie powietrza

W okolicy płomienia występują pewne strefy spalania o różnej ilości tlenu. Z tego względu obszar spalania jest większy i czas wymiany w płomieniu trwa dłużej. Spalanie etapowe może odbywać się bezpośrednio w palniku lub w obszarze pieca.

Etapowe spalanie paliwa

Tak jak w przypadku stopniowania powietrza, paliwo wprowadza się do obszaru pieca zwykle w dwóch etapach. Wyniki redukcji NO_x są podobne.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Przy tych środkach można osiągnąć skuteczność redukcji NO_x podaną w tabeli 2.11.

Tabela 2.11: Pierwotne środki ograniczania emisji NO_x

Stosowany środek pierwotny	Skuteczność redukcji emisji NO _x (%)
Palnik o niskiej emisji NO _x .	28
Recyrkulacja gazów spalinowych	13
Odgórny dmuchpowietrza dla spalania pozostałości z palnikami substechiometrycznymi	23
Wtrysk paliwa redukcyjnego	13
Palnik o niskiej emisji NO _x plus recyrkulacja spalin	38

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Podstawowe lub zintegrowane z procesem środki, takie jak instalacja systemów palników o niskiej emisji NO_x mogą być stosowane w nowych, całkowicie odnowionych dużych obiektach spalania w przemyśle stali i żelaza.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Przykładowe elektrowni: Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria TKS, Huckingen-Duisburg, Niemcy

Bibliografia

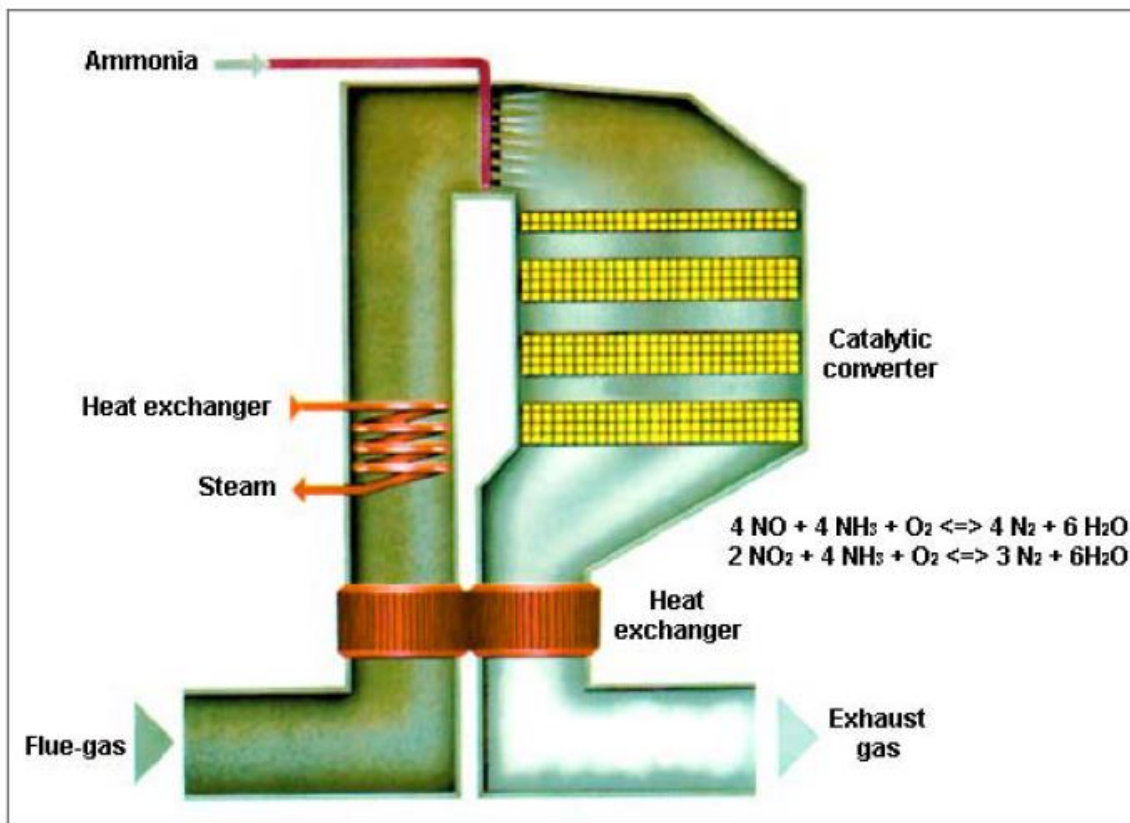
[140, Eurofer 2009] [281, Eurofer 2007] Więcej informacji na temat redukcji NO_x przez środki pierwotne można znaleźć w publikacji BREF na temat dużych zakładów spalania (LCP) [282, WE 2006].

2.5.3.2 Wtórne środki ograniczania emisji NO_x

2.5.3.2.1 Selektowna redukcja katalityczna (SCR) NO_x

Opis

Amoniak jest wtryskiwany do gazów spalinowych i konwertuje NO_x do azotu cząsteczkowego (N₂) i wody (H₂O). Temperatura ponad 320 °C jest niezbędna w celu zapobieżenia wytrącania się soli amoniaku, które blokują konwerter katalityczny. Rysunek 2.16 pokazuje typową konfigurację katalitycznego konwertera NO_x.



EN	PL
Ammonia	Amoniak
Heat Exchange	Wymiennik ciepła
Steam	Para
Flue-gas	Spaliny
Exhaust gas	Gazy odlotowe
Catalytic converter	Konwerter katalityczny

Rysunek 2.16: Konwerter katalityczny NO_x

W zależności od położenia konwertera katalitycznego w zakładzie istnieją trzy warianty:

- technika wysokopyłowa
- technika niskopyłowa
- technika „tail-end”.

W zakładzie wysokopyłowym konwerter katalityczny zbudowany jest między podgrzewaczem wody i podgrzewaczem powietrza. Niezbędna temperatura reakcji katalitycznej mieści się w granicach 300-400 °C. Ze względu na szeroką gamę nakładów operacyjnych i ilość stosowanego gazu, nie jest podana stabilna temperatura w elektrowni huty zintegrowanej.

Zakład wysokopyłowy wymaga dużo miejsca, ponieważ wszystkie spalin muszą być przetwarzane w prawie 350 °C. Spaliny bieżą przez konwerter katalityczny poza obszarem pieca i prowadzone są z powrotem. Zwykle stężenie NO_x (około 100 mg/Nm³) jest niskie i dlatego trudno wymieszać NH₃ ze spalinami bez miksera stacjonarnego. Ponadto w zimnych elementach podgrzewcza powietrza, pojawiająca się siarka zostanie przekształcona w tlenek siarki (SO₃), co może blokować ujście wstępnego podgrzewacza. Kolejną wadą jest wysoka zawartość pyłu.

W zakładach niskopyłowych, a także w instalacjach „tail-end” spaliny opuszczają proces po przejściu przez filtr przeciwpylewy (np. ESP) przy temperaturze tylko 50-130 °C. Gazy spalinowe są praktycznie pozbawione pyłu, ale muszą one zostać podgrzane, zanim dostaną się do konwertera katalitycznego. Można to zrobić przez systemy grzewcze, dodatkowe palniki lub z pomocą pary i rezultatem jest utrata wydajności.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Jak pokazano w tabeli 2.12, dzięki technice SCR, emisje NO_x w spalinach mogą zostać zmniejszone do stężeń poniżej 80 mg/Nm³ (średnia roczna).

Tabela 2.12: Dane dotyczące wydajności dla pięciu urządzeń z opalaniem gazem procesowym przy użyciu techniki SCR

Instalacja	NO _x (mg/Nm ³)		
	2005	2006	2007
Jednostka generacyjna 3	28	21	18
Jednostka generacyjna 4	36	24	25
Jednostka generacyjna 5	29	17	23
Jednostka generacyjna 6	71	76	66
Szyny	69	66	46
Turbina parowa i gazowa ⁽¹⁾	15	16	17
⁽¹⁾ Zawartość referencyjna O ₂ 15 %. Uwaga: - Średnio w roku - Zawartość referencyjna O ₂ : 3 %. <i>Źródło:</i> [32, Voestalpine Linz 2008].			

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

SCR znajduje zastosowanie w nowych i istniejących zakładach. W celu uniknięcia negatywnych efektów typu „cross-media” (zużycie energii i środków chemicznych, dodatkowe koszty inwestycyjne), technice SCR powinny towarzyszyć środki pierwotne.

Środki wtórne do redukcji NO_x mogą być trudne do modernizacji w istniejących zakładach. Wdrożenie instalacji SCR wymaga bowiem na przykład odpowiedniej ilości miejsca.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria

TKS, Duisburg-Hamborn, Niemcy

Bibliografia

[32, Voestalpine Linz 2008] [140, Eurofer 2009] [277, Wiesenberger 2007]

Więcej informacji na temat SCR można znaleźć w publikacji BREF na temat dużych zakładów spalania (LCP) [282, EC 2006], BREF na temat spalania odpadów (WI) [285, EC 2006] i BREF na temat branży produkcji cementu, wapna i tlenku magnezu (CLM) [212, EC CLM BREF 2009].

2.5.3.2.2 Redukcja NO_x poprzez selektywną redukcję niekatalityczną (SNCR)

Opis

Kolejną techniką redukcji emisji NO_x jest selektywna redukcja niekatalityczna (SNCR). Nie wymaga katalizatora, ale wyższego poziomu temperatury - około 900-1000°C. Potrzeby inwestycyjne dla SNCR są zazwyczaj niższe niż dla SCR (zwłaszcza, gdy temperatura gazów odlotowych jest dostatecznie wysoka), ale zużycie środków redukujących (np. wodny roztwór NH₃) jest wyższe z powodu powstawania termicznych NO_x w tym zakresie temperatur. Wtrysk środków redukujących powinien odbywać się na różnych etapach – tam, gdzie jest optymalna temperatura zakresu obciążenia. Może to być trudne do kontrolowania i powinno być dokładnie dopasowane do procesu.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Brak dostępnych danych.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Nie ma informacji o stosowaniu SNCR w elektrowniach z opalaniem gazem procesowym.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Brak dostępnych danych.

Bibliografia

[140, Eurofer 2009]. Informacje na temat SNCR można znaleźć w publikacji BREF na temat dużych zakładów spalania (LCP) [282, EC 2006], BREF na temat spalania odpadów (WI) [285, EC 2006] i BREF dotyczącym branży produkcji cementu, wapna i tlenku magnezu (CLM) [212, EC CLM BREF 2009].

2.5.4 Zarządzanie materiałami

2.5.4.1 *Techniki w celu lepszego wykorzystania złomu*

Opis

Procesy EAF i BOF wymagają różnego rodzaju złomu w zależności od receptur i cech stali. Z tego powodu zakupiony lub wewnętrznie produkowany i odzyskiwany złom powinien być przechowywany oddzielnie. Złom jest klasyfikowany na podstawie wagi, rozmiaru i analizy chemicznej. W terminalu złomowym istnieją oddzielne bunkry dla każdego rodzaju złomu. Istnieje kilka technik, które pomagają operatorom w usunięciu złomu, który nie jest odpowiedni do przetwarzania ze względu na zawartość metali ciężkich lub innych niechcianych lub niebezpiecznych substancji. Niektóre z tych technik mogą pomóc operatorowi w klasyfikacji stosowanego złomu. Precyzja, z jaką przeprowadzana jest klasyfikacja ma zasadnicze znaczenie dla kolejnych operacji (np. EAF, BOF). Brak odpowiedniej kontroli i przestrzegania procedury odbioru może skutkować wystąpieniem nieoczekiwanych profili emisyjnych.

Niektóre techniki dla poprawy wykorzystania złomu:

- określenie kryteriów kwalifikacji dostosowanych do profilu produkcji w zleceniach zakupu złomu;
- dobra znajomość składu złomu dzięki ścisłemu monitorowaniu jego pochodzenia; w wyjątkowych przypadkach badanie poprzez topienie może pomóc w określeniu jego składu;

- posiadanie odpowiednich urządzeń do odbioru i kontrola dostaw;
- posiadanie procedur eliminacji złomu, który nie nadaje się do zastosowania w instalacji;
- przechowywanie złomu według różnych kryteriów (np. wielkość, zawartość stopów, stopień czystości); przechowywanie złomu potencjalnie uwalniającego zanieczyszczenia do gleby na nieprzepuszczalnych powierzchniach z systemem odwadniania i odbioru odcieków; zastosowanie dachu, który może ograniczyć potrzebę użycia takiego systemu;
- umieszczanie razem ładunków złomu do różnych wytopów, uwzględniając znajomość składu, w celu wykorzystania złomu najlepiej nadającego się dla klasy stali, która ma być wyprodukowana (ma to zasadnicze znaczenie w niektórych przypadkach dla uniknięcia obecności niepożądanych składników, a w innych – dla wykorzystania składników stopu, które są obecne w złomie i są niezbędne dla uzyskania gatunku stali, który ma zostać wyprodukowany);
- niezwłoczne zwracanie całego wewnętrznie wytworzonego złomu do magazynu złomu w celu recyklingu;
- posiadanie planu działania i zarządzania;
- sortowanie złomu w celu zminimalizowania ryzyka domieszania niebezpiecznych zanieczyszczeń lub metali nieżelaznych, w szczególności polichlorowanych bifenyli (PCB) i oleju lub smaru. Zazwyczaj zajmuje się tym dostawca złomu, ale operator sprawdza wszystkie ładunki złomu w zaplombowanych kontenerach ze względów bezpieczeństwa. W związku z tym jednocześnie istnieje możliwość kontroli pod kątem zanieczyszczeń (o ile jest to praktykowane). Może być wymagana ocena pod kątem niewielkich ilości tworzyw sztucznych (np. elementy pokryte tworzywami sztucznymi);
- kontrola radioaktywności (patrz sekcja 2.3.1)
- usuwanie elementów, które zawierają rtęć jest wymogiem dyrektywy w sprawie pojazdów wycofanych z eksploatacji (2000/53/WE) i dyrektywa w sprawie zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (WEEE) (2002/96/WE). Jest to zobowiązanie dla przetwórców złomu. Dwa następujące środki mogą przyczynić się do usprawnienia wdrożenia :
 - zastrzeżenie braku rtęci w umowach zakupu złomu;
 - odrzućanie złomu, który zawiera widoczne części i zespoły elektroniczne.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Wiedza na temat jakości złomu zwiększa możliwości w zakresie przewidywania nieoczekiwanych emisji. Eliminacja rtęci zmniejsza emisje rtęci.

Dzięki niektórym z tych technik maksymalna ilość złomu stosowanego w BOF wzrosła z 200 kg/t stali do 250 kg/t stali. Złom o wysokiej jakości w wynikach konwertera BOF zapewnia ogólną poprawę ochrony środowiska i efektywności energetycznej.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Brak dostępnych danych

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych

Możliwość zastosowania

Praktyka ta w zasadzie ma zastosowanie do wszystkich zakładów BOF i EAF, które muszą klasyfikować jakość złomu na podstawie wagi i analiz chemicznych.

Aspekty ekonomiczne

Pełny recykling wewnętrznie produkowanego złomu i wzrost ogólnej ilości złomu wejściowego może zapewnić oszczędności kosztów. Zwiększona produkcja stali oznacza zmniejszoną ilość zakupionych kęsisk i większą rentowność.

Motywacja do wdrożenia techniki

Niektóre techniki wymienione tutaj mogą przyczynić się do zwiększenia produkcji stali, oszczędności w kosztach i zmniejszenia oddziaływania na środowisko, co stanowi powód ewentualnego wdrożenia rozwiązania.

Przykładowe zakłady

Ruukki Production, Raahel Works, Finlandia.

Większość opisanych technik stanowi powszechną praktykę we wszystkich krajach europejskich dla zakładów EAF i BOF.

Bibliografia

[208, Lindfors et al. 2006] [240, UKEA 2004] [278, J-P.Birat et al. 2002] [260, Germany 2007] [273, Eurofer 2007] [280, Aguado-Monsonet 2007] [394, Colletta et al. 2002]

2.5.4.2 Techniki do redukcji emisji niezorganizowanych pochodzących z przechowywania, przeladunku, transportu i mieszania materiałów

Opis

BREF na temat emisji z magazynowania [283, EC 2006] omawia wiele z tych obszarów szczegółowo i zaleca się, by czytelnik zapoznał się z tym dokumentem, gdzie może uzyskać szczegółowe informacje.

W hucie zintegrowanej i w elektrycznych piecach łukowych, podstawowe emisje niezorganizowane mogą wynikać z systemów rozładunku, składowania, przenoszenia i transportu. Wtórne emisje pyłów powstają, np. w wyniku ponownego osadzania się materiałów pyłowych z obszarów składowania lub punktów unieszkodliwiania, osadzania się pyłu z jezdni z uwagi na ruch pojazdów i zanieczyszczenia kół i podwozia pojazdów.

Niezorganizowane emisje również mogą być emitowane z samych procesów produkcji. Informacje na temat niskopoziomowych źródeł zanieczyszczeń innych niż z magazynowania materiałów, obsługi i transportu - np. z przetwarzania pozostałości na miejscu, emisje uwolnione z niewystarczającej ekstrakcji podczas kruszenia, przesiewu, ładowania, spustu, można znaleźć w konkretnych sekcjach. Wspomniane emisje niezorganizowane są zwykle określane jako wtórne gazy odlotowe.

Kluczowe techniki minimalizacji emisji niezorganizowanych pyłu dla hut żelaza i stali pochodzące z wyżej wymienionych źródeł podano poniżej.

Ogólne techniki powinny być następujące:

- eksploatacja huty w ramach systemu zarządzania środowiskowego (EMS). utworzenie w ramach systemu zarządzania środowiskiem huty stali powiązanego z tym systemem planu działania w odniesieniu do niezorganizowanych emisji pyłów;
- rozpatrzenie tymczasowego zaprzestania niektórych operacji, w przypadkach gdy są one określone jako źródło pyłu PM₁₀ powodujące wysokie wskaźniki odczytów w otoczeniu. W tym celu konieczne będzie posiadanie odpowiednich wskaźników kontrolnych PM₁₀, a także monitorowanie kierunku i siły wiatru, aby można było wyznaczyć metodą triangulacji i określić kluczowe źródła drobnych pyłów.

Techniki zapobiegania uwolnieniom pyłu w trakcie obsługi i transportu surowców luzem obejmują:

- usytuowanie długich pryzm wzdłuż przeważającego kierunku wiatru;
- zainstalowanie barier przeciwwietrznych lub wykorzystanie naturalnego terenu jako osłony
- kontrolowanie wilgotności dostarczonego materiału

- staranne przestrzeganie procedur w celu uniknięcia zbędnej obsługi materiałów i nieosłoniętych zrzutów z dużej wysokości
- odpowiednia obudowa bezpieczeństwa na przenośnikach i w lejach samowyładowczych itp.
- wykorzystanie zraszaczy wodnych do ograniczenia pylenia, w stosownych przypadkach z dodatkami takimi jak lateks
- rygorystyczne standardy w zakresie utrzymania sprzętu
- wysokie standardy w zakresie utrzymania porządku, w szczególności czyszczenia i nawilżania dróg
- wykorzystanie przenośnych i stacjonarnych urządzeń odkurzających
- ograniczenie zapylenia lub usuwanie pyłu oraz wykorzystanie instalacji filtrów workowych w celu redukcji emisji ze źródeł wytwarzających duże ilości pyłu
- zastosowanie pojazdów do zmiatania dróg o zmniejszonej emisji do regularnego czyszczenia dróg o twardej nawierzchni.

Techniki w odniesieniu do działalności związanej z dostawami, magazynowaniem i odzyskiwaniem materiałów obejmują:

- całkowite zamknięcie lejów samowyładowczych w budynku wyposażonym w wyciąg z filtrem w przypadku materiałów pyłących lub stosowanie lejów samowyładowczych wyposażonych w przegrody zatrzymujące pył i połączenie krat rozładunkowych z systemem odprowadzania i wychwytywania pyłu
- ograniczenie w miarę możliwości wysokości zrzutu do maksymalnie 0.5 m
- wykorzystanie zraszaczy wodnych (najlepiej z wodą pochodzącą z recyklingu) do ograniczenia pylenia
- w stosownych przypadkach wyposażenie zasobników w urządzenia filtrujące do zatrzymywania pyłu
- wykorzystanie całkowicie obudowanych urządzeń do odbioru z zasobników
- w stosownych przypadkach magazynowanie złomu na osłoniętych obszarach o twardej nawierzchni w celu ograniczenia ryzyka skażenia gruntu (stosowanie dostaw „just in time” w celu ograniczenia do minimum wielkości placu składowego, a tym samym emisji)
- minimalizacja naruszania przyzmi
- ograniczenie wysokości i kontrola ogólnego kształtu przyzmi
- magazynowanie wewnątrz budynków i w pojemnikach, zamiast układania przyzmi na zewnątrz, jeśli skala magazynowania jest odpowiednia
- utworzenie barier przeciwwietrznych z wykorzystaniem naturalnej konfiguracji terenu, wałów ziemnych lub obsadzania wysoką trawą i zimozielonymi drzewami na otwartych obszarach. Ma to nie tylko zalety estetyczne, ale taka roślinność jest w stanie przechwytywać i pochłaniać pył bez długotrwałych szkód
- hydroobsiew składowisk odpadów i hałd żużla;
- wdrożenie zazieleniania terenu poprzez pokrycie niewykorzystanych obszarów warstwą glebową i zasadzenie trawy, krzewów i innej pokrywy roślinnej minimalizującej pylenie z tych obszarów
- nawilżanie powierzchni przy użyciu wytrzymałych substancji wiążących pył
- pokrycie powierzchni impregnowanym brezentem lub powlekanie przyzmi (np. lateksem) celem minimalizacji pylenia

- zastosowanie magazynowania z wykorzystaniem ścian oporowych w celu ograniczenia narażonej powierzchni
- w stosownych przypadkach działanie mogłoby polegać na zastosowaniu nieprzepuszczalnych powierzchni z betonu z odwodnieniem.

Jeżeli paliwo i surowce są dostarczane drogą morską, a ilości uwalnianego pyłu mogą być znaczne, niektóre techniki mogą polegać na następujących działaniach:

- wykorzystanie przez operatora pojemników samowyładowczych lub obudowanych urządzeń wyładowczych o działaniu ciągłym. W innych przypadkach pylenie powodowane przez chwytakowe urządzenia wyładowcze na statkach należy ograniczyć do minimum, zapewniając odpowiednią wilgotność dostarczanego materiału i jednocześnie minimalizując wysokość zrzutu oraz stosując rozpylacze wodne lub mgłę wodną na wylocie urządzenia wyładowczego statku
- unikanie stosowania wody morskiej do zraszania rud lub topników, ponieważ może to prowadzić do zanieczyszczenia chlorkiem sodu filtrów elektrostatycznych spiekalni. Dodatkowa ilość chloru w surowcach może również prowadzić do zwiększenia emisji (np. polichlorowanych dibenzodioxyn/dibenzofuranów (PCDD/F)) i zakłócić recyrkulację pyłu zatrzymywanego na filtrze
- magazynowanie sproszkowanego węgla, wapna i węgla wapnia w szczelnych silosach i ich pneumatyczny transport lub przechowywanie i transport w szczelnie zamkniętych workach – są one bowiem bardzo sypkie i należy przechowywać je w suchym miejscu

Techniki rozładunku pociągów lub ciężarówek obejmują:

- w razie potrzeby, ze względu na występowanie emisji pyłów stosowanie specjalnego sprzętu do wyładunku o zamkniętej budowie.

W przypadku materiałów o wysokiej sypkości, które mogą powodować powstawanie znacznych emisji pyłów, wśród technik można wymienić następujące:

- zastosowanie węzłów przesypowych, sit wibracyjnych, kruszarek, lejów samowyładowczych i innych tego typu urządzeń, które mogą być całkowicie obudowane i połączone z instalacją filtrów workowych
- zastosowanie centralnego lub lokalnego systemu odkurzającego zamiast spłukiwania rozsypanego materiału, ponieważ skutki ograniczają się do jednego czynnika, a recykling rozsypanego materiału jest uproszczony.

Techniki obsługi i obróbki żużla obejmują:

- utrzymywanie granulatu żużla w stanie nawilżonym na potrzeby obsługi i obróbki żużla, ponieważ wysuszony żużel wielkopiecowy lub żużel stalowniczy może powodować pylenie;
- wykorzystanie obudowanego sprzętu do kruszenia żużla, wyposażonego w skuteczny system odpylania i filtry workowe.

Techniki obsługi złomu obejmują:

- magazynowanie złomu pod przykryciem lub na betonowych posadzkach w celu ograniczenia do minimum pylenia wywołanego ruchem pojazdów.

Techniki do rozważenia w trakcie transportu materiałowego obejmują:

- ograniczenie do minimum liczby punktów dostępu z dróg publicznych
- zastosowanie sprzętu do czyszczenia kół, aby zapobiec przenoszeniu błota i pyłu na drogi publiczne

- zastosowanie twardych nawierzchni na drogach transportowych (beton lub asfalt) w celu ograniczenia do minimum wytwarzania chmur pyłu w trakcie transportu materiałów oraz czyszczenia dróg
- ograniczenie ruchu pojazdów do wyznaczonych dróg za pomocą ogrodzeń, rowów lub nasypów z żużla poddanego recyklingowi
- zraszanie pyłących dróg wodą, np. w trakcie obsługi żużla;
- dopilnowanie, by pojazdy do przewozu nie były przepełnione, aby uniknąć rozsypywania zawartości po drodze
- dopilnowanie, by materiał na przewożących je pojazdach był przykryty
- ograniczenie do minimum liczby przewozów
- stosowanie zamkniętych lub obudowanych przenośników
- stosowanie przenośników rurowych tam gdzie to możliwe w celu zminimalizowania strat materiałów w wyniku zmian kierunku na terenie obiektu, wynikających zazwyczaj z przerzucania materiałów z jednej taśmy na drugą
- techniki wynikające z dobrej praktyki w odniesieniu do przenoszenia roztopionego metalu i obsługi kadzi
- odpylanie węzłów przesypowych na przenośnikach.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Korzyścią środowiskową ze stosowania technik redukcji emisji pyłu rozproszonego pochodzącego z magazynowania, obsługi, transportu i mieszania materiałów jest zapobieganie emisji pyłów.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Brak dostępnych danych.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Wszystkie brytyjskie huty żelaza i stali.

Bibliografia

[31, Caughlin, R. 2009] [165, VDI/DIN 1999] [240, UKEA 2004] [283, EC 2006]

2.5.4.3 Techniki ograniczania zanieczyszczeń uwalnianych do wody z obsługi, mieszania i przetwarzania surowców

Opis

Wody opadowe ze wszystkich otwartych przestrzeni, ale w szczególności z miejsc przechowywania rud, węgla i surowców zawierają stałe zawiesiny. Wody opadowe powinny być przechwytywane a zawiesiny usuwane poprzez osadzanie lub inne techniki. Należy przewidzieć rozwiązania na potrzeby monitorowania jakości wody odprowadzanej z obszarów składowania i mieszania, gdzie odprowadzanie ma miejsce w pobliżu potencjalnie wrażliwych receptorów.

Obszary przenoszenia i przechowywania zakupionego złomu są potencjalnymi źródłami zanieczyszczonych ścieków z powodu odcieku oleju i substancji chemicznych z wodą deszczową. Złom powinien być przechowywany na twardych obszarach z nieprzepuszczalną

nawierzchnią i odpowiednim systemem drenażu, w tym z kolektorem ściekowym przed odprowadzeniem, chyba że ryzyko dla środowiska naturalnego okaże się znikome (np. przechowywanie czystego złomu).

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Zmniejszenie emisji zanieczyszczeń do wód jest korzyścią środowiskową tej techniki.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Brak dostępnych danych.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Wszystkie brytyjskie huty żelaza i stali.

Bibliografia

[240, UKEA 2004]

2.5.4.4 *Specjalistyczne zakłady recyklingu dla pozostałości bogatych w żelazo*

2.5.4.4.1 Piec szybowy OxyCup ®

Opis

Zintegrowany zakład OxyCup ® składa się z trzech modularnych części eksploatacyjnych: produkcja cegły, instalacje namiarowania jak również piec szybowy OxyCup ®. Proces rozpoczyna się od produkcji brykietów i kończy się na dostawie gorącego metalu do stalowni. W przypadku produkcji brykietów, osady i pyły z instalacji odpylających, które zawierają węgiel, żelazo i tlenek żelaza powinny zostać skupione razem z innymi (dużych rozmiarów) materiałami zawierającymi żelazo i koks. Brykietowanie jest procesem przebiegającym na zimno, w którym spoiwo i woda jak również koksik są dodawane do elementów drobnych. Następnie są one prasowane do brykietów, suszone i utwardzane. Wiązane na zimno, samo-redukujące się cegły obciąża się w górnej części pieca szybowego. Następnie są one zmniejszane, topione i przekształcane w płynne żelazo. Gorący metal i żużel opuszczają piec jako gotowe produkty.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Zewnętrzna obróbka lub składowanie głównie zastępowane są zintegrowanym recyklingiem w piecu szybowym OxyCup ®. Kolejną zaletą tej metody jest podobieństwo do oryginalnych zakładów produkcyjnych, co pozwala na włączenie gazów procesowych i żużla do infrastruktury zintegrowanego zakładu.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Piec szybowy OxyCup ® w Duisburg-Hamborn w Niemczech produkuje 170 000 ton gorącego metalu rocznie.

Możliwość zastosowania

Piece szybowe OxyCup ® szczególnie nadają się do zintegrowanych hut żelaza i stali. Ten nowy proces jest odpowiedni do obróbki wszystkich materiałów, takich jak dużych rozmiarów skrzepy, ale również droбноziarniste pyły i osad o wystarczającym potencjale recyklingowym pod względem zawartości węgla i żelaza.

Aspekty ekonomiczne

Zakład OxyCup[®] optymalnie łączy ochronę środowiska i opłacalność i zapewnia cenny wkład do zrównoważonego rozwoju, poprawiając efektywność wykorzystania zasobów.

Motywacja do wdrożenia techniki

Wyższa efektywność ekologiczna i ekonomiczna w kontekście gwałtownego wzrostu cen surowców, zewnętrznego przetwarzania, jak również unieszkodliwiania odpadów są powodami wdrożenia rozwiązania.

Przykładowe zakłady

Thyssen Krupp Stahl, Duisburg Hamborn, Niemcy

Bibliografia

[6, Volkhausen, W. 2008] [10, Kessler, K. 2005] [12, VDEh 2006]

2.5.4.4.2 Proces DK

Opis

W procesie DK uczestniczy spiekalnia i wielki piec. Procesy różnią się od typowych procesów wytwarzania żelaza pod względem jakości surowców, więc wymagają one różnej obróbki wstępnej. Ponad 80% surowców wykorzystywanych w procesie DK składa się z pyłów i szlamów z wielkich pieców i BOF jak również walcowni. Ponadto wiele innych pozostałości bogatych w żelazo może być i jest stosowanych.

Pierwszym krokiem do przygotowania surowców jest spiekanie. W tym procesie pyły, szlamy i zgorzelina walcownicza są gromadzone celem przygotowania jako wsadu dla wielkich pieców. W spiekalni, drobny materiał miesza się z wapnem, koksikiem i warstwę kładzie się na obrotową taśmę spikalniczą. Palnik gazowy w piecu zapłonowym zapala koksik w górnej warstwie. Po zapłonie przednia część spalająca (o temperaturze ponad 1300°C) przeciągana jest w dół przez warstwę za pomocą ciśnienia ssania poniżej taśmy. Proces „aglomeracji” jest zakończony, gdy przednia część spalająca sięgnie dolnej warstwy pod koniec taśmy. Następnie aglomeraty są usuwane i transportowane do chłodnicy.

Następnie spiek wraz z koksem jako reduktorem jest przetwarzany na specjalną surówkę odlewniczą w piecu. Płynne żelazo jest odlewane na odlewniku do surówki i sprzedawane do odlewni na całym świecie. Ze względu na wysoką zawartość cynku w surówce wykorzystywanej w procesie DK (średnio 2-3%) oczyszczony osad z gaz wielkopieczowego odzyskiwany jest jako koncentrat czystego cynku, który jest używany w przemyśle cynkowym.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Proces DK jest stosowany od początku lat osiemdziesiątych, kiedy obiekty dostosowano do przetwarzania pozostałości stalowych. Od tego czasu ponad 5 mln ton odpadów zostało przetworzonych, co wniosło znaczący wkład w ochronę środowiska i efektywność wykorzystania zasobów. Dowodem na wysoką wartość procesu jest fakt, że mniej niż 4% wykorzystywanych materiałów odpadowych kończy jako odpad, który musi być składowany.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Warunki metalurgiczne etapu aglomeracyjnego mogą spowodować emisje PCDD/F w gazach odlotowych. W związku z tym gazy odlotowe są przetwarzane w kilku etapach.

Cynk, ołów i zasady mają niekorzystny wpływ na operacje wielkopieczowe i w związku z tym należy zwrócić na nie szczególną uwagę. Prowadzą one do wyższego zużycia koksu, powstawania naleciałości i większego zużywania się materiałów ogniotrwałych.

Dane operacyjne

- przetwarzanie pozostałości z odpadów: 500, 000 ton/rok
- produkcja surówki: 300,000 ton/rok
- produkcja żuźla wielkopieczowego: 120,000 ton/rok

- produkcja koncentratu cynku: 20,000 ton/rok.

Możliwość zastosowania

Proces DK może być stosowany w przetwarzaniu pyłów i szlamów z BOF i wielkich pieców. Ponadto można wykorzystać zgorzelinę walcowniczą i inne pozostałości bogate w żelazo. Zawartość cynku może wynosić do 10% (średnio 2-3%).

Aspekty ekonomiczne

Wykorzystanie surówki w przemyśle odlewniczym, a także koncentratu cynku w branży cynkowej gwarantuje jakościowo wysoką wartość i długotrwałe stosowanie tworzonych produktów. Składowanie odpadów jest zastąpione przez recykling w procesie DK.

Motywacja do wdrożenia techniki

Unikanie składowania materiałów odpadowych i promowanie recyklingu pozostałości żelaza i cynku są powodem wdrożenia rozwiązania.

Przykładowe zakłady

DK Recycling und Roheisen GmbH, Duisburg, Niemcy

Bibliografia

[8, Endemann, G. 2008] [12, VDEh 2006] [17, Hillman, C. and Sassen, K.-J. 2006]

2.5.4.4.3 Procesy wytopu redukcyjnego

Opis techniki

Pirometalurgiczna redukcja metali przez wytapianie z pozostałości zawierających tlen wymaga redukcji właściwych tlenków (zwykle z wykorzystaniem węgla jako reduktora) a następnie topienia w celu oddzielenia metali od innych składników żużlotwórczych.

Poniżej opisane zostały dwa stosowane obecnie procesy (technika Primus[®] i proces Redsmelt[®]).

Dwuetałowa technika Primus[®] łączy piec półkowy (multiple hearth furnace – MHF) (Wydział Przedredukcyjny Primus[®]), mający na celu suszenie, podgrzewanie i rozpoczęcie redukcji, z elektrycznym piecem łukowym (electronic arc furnace – EAF) (Wydział Topienia Primus[®]) prowadzący do całkowitej redukcji żelaza i zapewniający ciekłą surówkę, żużel oraz zakończenie redukcji cynku. Technika ta umożliwia oczyszczanie wszystkich typowych pozostałości z procesu wytwarzania żelaza i stali, które nie mogą zostać poddane recyklingowi w istniejącym zakładzie, takich jak pył z elektrycznego pieca łukowego, osad wielkopiecowy, osad hutniczy i zatłuszczona zgorzelina walcownicza.

W MHF mieszanina pozostałości (zbitych wcześniej w grudki, jeśli są bardzo drobne) i węgla ładowana jest od góry. Obrótowe ramiona mieszają i transportują wsad, który upuszczany jest z jednej półki na drugą w czasie suszenia, wstępnego podgrzewania i wstępnej redukcji przez biegnący w przeciwną stronę strumień gazu.

Węgiel potrzebny do redukcji i energia wymagana do procesu są w całości dostarczane przez lotne związki węgla.

Kolejny wydział topienia (specjalnie zaprojektowany elektryczny piec łukowy) jest załadowywany w sposób ciągły przez zsył pomiędzy elektrodami. W tym elektrycznym piecu do wytapiania odbywa się całkowita redukcja, topienie żelaza i żużła oraz pełne odcynkowanie. Cynk i ołów transportowane są do układu gazów odlotowych i odzyskiwane jako gotowe na sprzedaż koncentraty tlenku cynku. Żelazo zawarte we wsadzie jest odzyskiwane jako płynna surówka lub spuszczone w maszynie rozlewniczej. Otrzymany w ten sposób żużel, podobny do żużła wielkopiecowego, może zostać wykorzystany do budowy dróg.

W procesie Redsmelt[®] pozostałości są formowane w grudki wraz z węglowym reduktorem (antracytem lub węglem o niedużej zawartości części lotnych), wstępnie redukowane w pojedynczym piecu karuzelowym (rotary hearth furnace – RHF), a następnie ładowane do elektrycznego pieca w celu ich stopienia.

Grudki rozprawdane są równomiernie, tworząc cienką warstwę na dnie pieca karuzelowego, a następnie przetwarzane są w ciągu jednego obrotu pieca z wykorzystaniem palników gazowych jako źródeł energii. Za piecem do wstępnej redukcji stosowany jest elektryczny piec do wytapiania.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Dzięki temu procesowi możliwy jest całkowity odzysk żelaza, cynku i ołowiu oraz żużla, który może zostać wykorzystany do budowy dróg, co zapobiega składowaniu tych pozostałości procesowych.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Dwa rodzaje pieców do wstępnej redukcji (MHF i RHF) cechują różne możliwości.

Piece półkowe mogą przetwarzać materiały mokre i tłuste, jak również materiały o dużej zawartości cynku i wymagają prostszego przygotowania materiałów, co prowadzi do zużycia mniejszej ilości energii. W czasie obróbki w piecu półkowym intensywne mieszanie materiałów wsadowych wspomaga ich szybkie podgrzanie i maksymalizuje wydajność procesu. Tlenki metali są wstępnie zredukowane przez CO i H₂. Energia potrzebna do procesu wstępnej redukcji dostarczana jest zasadniczo przez spalanie lotnego węgla i dopalanie CO powstałego w czasie wstępnej redukcji. W tabeli 2.13 zaprezentowane zostały niektóre dane operacyjne dla zakładu Primus® w Differdange w Luksemburgu.

Tabela 2.13: Dane operacyjne dla zakładu Primus® w Differdange zaprojektowanego, by przetwarzał 10 ton materiału na godzinę

	Dane	Jednostka
Piec półkowy (wydział wstępnej redukcji)		
Wewnętrzna średnica półki	7,7	m
Liczba półek	8	–
Temperatura pracy	800–1000	°C
Zużycie węgla	300	kg/t
Elektryczny piec łukowy (wydział topienia)		
Wewnętrzna średnica naczynia	3,5	m
Moc elektryczna	10	MW _e
Temperatura pracy	1500	°C
Zużycie węgla	800–900	kWh/t
<i>Źródło: [140, Eurofer 2009].</i>		

Zakład Primus® spółki Primorec S.A, w miejscowości Differdange w Luksemburgu posiada 8-półkowy MHF i 3-fazowy elektryczny piec łukowy AC do topienia, wyposażony w system do całkowitego oczyszczania gazu odlotowego z odzyskiwaniem cynku. Gazy odlotowe z pieca półkowego i elektrycznego pieca łukowego są łączone i odpylane w filtrze workowym. Lotne metale są wyciągane z wydziałów topienia i wstępnej redukcji i odzyskiwane w filtrze workowym. Po wdmuchaniu wapna i węgla aktywnego zachodzi drugi etap oczyszczania, zanim emisje zostaną uwolnione przez komin. W tabeli 2.14 zaprezentowane zostały stężenia uzyskane w czystym gazie dla głównego strumienia skierowanych gazów odlotowych.

Tabela 2.14 Stężenia uzyskane w czystym gazie w skierowanych gazach odlotowych z procesu Primus® (MHF i EAF)

Parametr	Jednostka ⁽¹⁾	Średnia wartość ⁽²⁾
Przepływ	m ³ /h	113000
HCl	mg/m ³	1,30

HF	mg/m ³	0,09
CO	mg/m ³	295
NO _x as NO ₂	mg/m ³	85
SO ₂	mg/m ³	10
TOC	mg/m ³	6
Pył	mg/m ³	0,3
As	mg/m ³	<0,0027
Pb	mg/m ³	<0,0064
Cd	mg/m ³	<0,0008
Cr	mg/m ³	<0,0047
Co	mg/m ³	<0,0017
Cu	mg/m ³	<0,0108
Mn	mg/m ³	<0,0035
Ni	mg/m ³	<0,0019
Hg	mg/m ³	0,0621
V	mg/m ³	<0,0021
Zn	mg/m ³	<0,0567
Metale ciężkie razem	mg/m ³	0,1534
PCDD/F (I-TEQ)	ng/m ³	0,0001
WWA (EPA)	μg/m ₃	0,829
PCB razem ⁽³⁾	μg/m ³	0,07
⁽¹⁾ W stosunku do objętości gazów odlotowych w warunkach normalnych (273 K, 1013 mbar). ⁽²⁾ Średnia z trzech półgodzinnych przeciętnych wartości. ⁽³⁾ Suma PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB153, PCB138, PCB180. Uwaga: Pomiary z listopada 2007 roku. Źródło: [139, GfAMünster-Roxel 2008].		

W tabeli 2.15 zaprezentowane zostały osiągnięte stężenia emisji w czystym gazie dla emisji gazów odlotowych w osłonach pieca półkowego i elektrycznego pieca łukowego po oczyszczeniu w filtrze workowym. Oczyszczone gazy odlotowe uwalniane są przez komin razem ze skierowanym oczyszczonym gazem odlotowym.

Tabela 2.15: Stężenia uzyskane w czystym gazie w gazach odlotowych z procesu Primus® w osłonie (MHF i EAF)

Parametr	Jednostka ⁽¹⁾	Średnia wartość ⁽²⁾
Przepływ	m ³ /h	50 000
HCl	mg/m ³	1,06
HF	mg/m ³	0,02
CO	mg/m ³	37
NO _x as NO ₂	mg/m ³	<4
SO ₂	mg/m ³	9
TOC	mg/m ³	6
Pył	mg/m ³	<0,1
As	mg/m ³	<0,0060
Pb	mg/m ³	<0,0074
Cd	mg/m ³	<0,0007
Cr	mg/m ³	<0,0040
Co	mg/m ³	<0,0018
Cu	mg/m ³	<0,0111

Mn	mg/m ³	<0,24
Ni	mg/m ³	<0,0028
Hg	mg/m ³	0,0005
V	mg/m ³	<0,0028
Zn	mg/m ³	<0,044
Metale ciężkie razem	mg/m ³	0,32
PCDD/F (I-TEQ)	ng/m ³	<0,00013
WWA (EPA)	µg/m ³	43,8
PCB razem ⁽³⁾	µg/m ³	<0,07
<p>⁽¹⁾ W stosunku do objętości gazów odlotowych w warunkach normalnych (273 K, 1013 mbar).</p> <p>⁽²⁾ Średnia z trzech półgodzinnych przeciętnych wartości.</p> <p>⁽³⁾ Suma PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB153, PCB138, PCB180.</p> <p>Uwaga: Pomiary z listopada 2007 roku.</p> <p>Źródło: [139, GfA Münster-Roxel 2008].</p>		

Piec karuzelowy może pracować w wyższej temperaturze (gdyż problem przyklejania się materiałów nie powstaje, jeśli nie są one mieszane), co umożliwia wyższy stopień metalizacji. Ponadto może mieć bardzo dużą średnicę, a więc i wydajność pojedynczego pieca może być znacznie większa.

Możliwości zastosowania

Proces Primus[®] pozwala na oczyszczanie wszystkich typowych pozostałości z procesu wytwarzania żelaza i stali oraz, dodatkowo, na oczyszczanie pozostałości w postaci metali kolorowych. Może być stosowany w mini-walcowni oraz przez operatorów hut zintegrowanych, którzy chcą ograniczyć koszty usuwania odpadów i poddawać pozostałości skutecznemu recyklingowi.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Motywacją do wdrożenia tej techniki jest uniknięcie składowania odpadów oraz lepszy recykling pozostałości z żelaza i cynku.

Przykładowe zakłady

- Zakład Primus[®] spółki Primorec S.A, w Differdange w Luksemburgu przetwarzający 60 000 ton pyłu z elektrycznego pieca łukowego i 15 000 ton szlamu z walcowni rocznie
- Firma Dragon Steel Corporation Taiwan postanowiła wdrożyć zakład Primus[®] przetwarzający 100 000 ton rocznie w celu oczyszczania pyłu z elektrycznego pieca łukowego, szlamu wielkopieczowego i zgorzeliny walcowniczej. Zakład został oddany do użytku w kwietniu 2009 r.
- Kilka instalacji pieca karuzelowego funkcjonuje w Japonii.
- Pierwszy zakład europejski instalowany jest w hucie Lucchini w Piombino we Włoszech, gdzie będzie przetwarzał 60 000 ton szlamu z huty zintegrowanej rocznie. Instalacja rozpocznie pracę latem 2009 r. W tym przypadku topienie będzie się odbywało w wielkim piecu huty Lucchini.

[139, GfA Münster-Roxel 2008] [140, Eurofer 2009]

Bibliografia

[12, VDEh 2006][15, Both, I. et al 2008][139, GfA Münster-Roxel 2008][140, Eurofer 2009]

2.5.4.4.4 Grudkowanie/brykietowanie na zimno

Opis techniki

W niektórych europejskich hutach zintegrowanych wsad wielkiego pieca składa się głównie z grudek dostarczonych spoza zakładu, natomiast spiek nie jest używany. W tych warunkach w operacji przenoszenia i przesiewania może powstać ruda drobna, która w większym nagromadzeniu może zostać zawrócony do procesu produkcji żelaza. Jednym ze sposobów zawrócenia mialu rudnego do procesu produkcji żelaza wraz z innymi materiałami zawierającymi Fe lub węgiel wytworzonymi w hucie jest łączenie go na zimno.

Zwykle zakład grudkowania/brykietowania na zimno zawiera następujące wydziały:

- przeładunku materiału wejściowego, magazynowania w silosach i koszach oraz ochronnego przesiewania,
- wstępnego suszenia placków filtracyjnych,
- mieszania i dozowania substancji wiążących,
- prasy lub maszyny do formowania bloków w procesie grudkowania/brykietowania,
- przesiewania mialu,
- komory utwardzającej i magazynowania prasówki do użytku wewnętrznego.

Pozostałości z huty produkującej stal i żelazo powinny być przechowywane oddzielnie, by umożliwić uzyskanie kontrolowanej mieszaniny prasówki.

W zależności od rodzajów grudek połączonych na zimno wykorzystywane są różne pozostałości. Czasami grudki tworzone są z materiałów zawierających węgiel, takich jak mial koksowy i pył z wielkopieczowego gazu odlotowego. Inne rodzaje brykietów powstają z materiałów zawierających głównie żelazo, takich jak mial, drobno zmielony złom, zgorzelina walcownicza i inne pozostałości, takie jak szlam konwertorowy, pyły konwertorowe/wielkopieczowe i drobno zmielony żużel konwertorowy.

Pozostałości są mieszane, mogą zostać dodane elementy stopowe i a spajane, wapno hydratyzowane i melasamogą zostać zastosowane jako substancja wiążąca. Jednolita masa ładowana jest do prasy brykietowej lub maszyny formującej bloki, a wyprodukowane prasówki są przesiewane z wykorzystaniem sita wibracyjnego. Następnie prasówki przenoszone są do komory utwardzania. Utwardzanie trwa 24 godziny. Brykiety muszą być przechowywane przez ponad trzy tygodnie w zacienionym i zadaszonym miejscu.

Produkcję i stosowanie łączonych spojonych prasówek rozpoczęto około roku 1975, natomiast od roku 1993 prasówki stały się ważnym składnikiem wsadu wielkopieczowego (ok. 40–50 kg/t ciekłego metalu w Szwecji w 2004 r.). Ilość stosowanej prasówki zależy w dużej mierze od dostępności materiałów na miejscu, ale zdarzało się już, że przekraczała ona 100 kg/t ciekłego metalu we wsadzie. Pierwsza maszyna formująca bloki rozpoczęła pracę w 1993 r. w SSAB Tunnsplåt, a w 1996 kolejna w SSAB Oxelosund [208, Lindfors et al. 2006].

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Materiały zawierające żelazo poddawane są recyklingowi, co ogranicza ilość materiału składowanego na składowiskach, prowadzi do oszczędności pierwotnego surowca i pomaga uniknąć kosztu usuwania lub przetwarzania odpadów. Grudkowanie/brykietowanie na zimno nie może całkowicie zastąpić tradycyjnie wytwarzanych spieków.

Przy zastosowaniu technik łączenia na zimno nie dochodzi do emisji SO_x ani NO_x.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Zawracanie mialu z terenu zakładu do procesu ogranicza ewentualną konieczność składowania na składowiskach oraz wykorzystanie nowego materiału. Pył oddzielony w czasie brykietowania podlega recyklingowi w brykietowni.

Dane operacyjne

W przypadku huty ILVA Steelworks grupy Rivagroup w miejscowości Taranto we Włoszech emisje z brykietowania odpylane są za pomocą filtra workowego. Możliwe jest osiągnięcie stężenia pyłu w gazach odlotowych po ich ograniczeniu na poziomie 10–20 mg/Nm³.

Możliwości zastosowania

Brykietowanie na zimno można stosować w nowopowstałych i już istniejących zakładach. Techniki te mogą być stosowane w jakimkolwiek zakładzie zintegrowanym, ale najlepiej sprawdzają się w hutach bez spiekalni. Brykietowanie to technika konwencjonalna, a stosowanie brykietów we wsadzie wielkopieczowym lub w zasadowym konwertorze tlenowym jest dobrze ugruntowane.

Aspekty ekonomiczne

Odzysk cennego żelaza i uniknięcie kosztów związanych z usuwaniem odpadów stanowią silną motywację ekonomiczną.

Całkowity koszt inwestycji w zakład brykietowania na zimno w hucie ILVA Steelworks grupy Rivagroup w miejscowości Taranto we Włoszech dla zasadowego konwertora tlenowego o wydajności 150 000 ton rocznie to około 7–8 mln euro.

Motywacja do wdrożenia techniki

Motywacją do wdrożenia techniki są korzyści środowiskowe oraz oszczędność miejsca i uniknięcie kosztów składowania na wysypisku, a także kosztu spiekalni.

Przykładowe zakłady

W celu zawracania materiałów do wielkiego pieca lub, w przypadku huty ILVA Steelworks grupy Rivagroup w miejscowości Taranto we Włoszech, do zasadowego konwertora tlenowego brykietowanie na zimno stosują obecnie następujące trzy huty:

- SSAB Tunnpłat AB, Lulea w Szwecji,
- SSAB Oxelosund AB w Szwecji,
- ILVA Steelworks, Rivagroup, Tarantowe Włoszech.

Bibliografia

[29, WE Spiek/Wielki piec 1995] [208, Lindfors et al. 2006] [276, Włochy 2007] [319, Eurofer 2007] [363, Eurofer 2007]

2.5.5 Monitorowanie w zakładach produkcji żelaza i stali

[277, Wiesenberger 2007]

2.5.5.1 Ciągłe monitorowanie parametrów i emisji do atmosfery

Opis techniki

W nowoczesnych hutach większość procesów jest monitorowanych i kontrolowanych ze sterowni z wykorzystaniem nowoczesnych systemów komputerowych. W celu optymalizacji procesu, zwiększenia wydajności energetycznej i zmaksymalizowania produktywności istotne parametry muszą być określane i dostosowywane na bieżąco on-line.

Dodatkowe ciągłe monitorowanie emisji z istotnych źródeł pozwala na dokładne określenie ilości emisji oraz, w przypadku słabej wydajności systemów ograniczania emisji, na podjęcie natychmiastowych działań.

Do ważnych parametrów, które powinny być ciągle monitorowane, należą:

- ciśnienie,
- temperatura,
- zawartość O₂,
- CO,
- przepływ materiału wejściowego,
- przepływ materiału wyjściowego.

Dodatkowe informacje dotyczące opisu systemów ciągłego monitorowania dostępne są w dokumencie referencyjnym w sprawie ogólnych zasad monitorowania (MON) [42, WE 2003].

Osiągnięte korzyści dla środowiska

W przypadku słabych wyników systemów ograniczania emisji mogą zostać podjęte natychmiastowe działania. Mogą też zostać ograniczone emisje ogółem. Ciągłe monitorowanie pozwala na dokładne określenie ilości emisji z istotnych źródeł.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Ciągłe monitorowanie pozwala na optymalizację procesu produkcji w celu zminimalizowania zapotrzebowania na energię i zmaksymalizowania produkcji.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwości zastosowania

Główne substancje zanieczyszczające z istotnych źródeł emisji są zwykle monitorowane w sposób ciągły. W celu ustalenia, które źródła emisji są istotne, w załączniku IV w podrozdziale 13.4 podane zostały przykładowe progi stężenia masowego przepływów emisji.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Przykłady ciągle monitorowanych emisji do atmosfery w spółce Voestalpine Stahl GmbH w miejscowości Linz w Austrii zostały zaprezentowane w tabeli 2.16. W tym przypadku dane przekazywane są władzom lokalnym przez internet [26, Oberosterreichische Landesregierung 2004]. Również i w niemieckich zakładach produkcji żelaza i stali istotne parametry emisji są ciągle monitorowane, a wyniki pomiarów (dziennie lub półgodzinne średnie zgodnie z wymogiem zawartym w pozwoleniu) przekazywane są przez internet właściwym organom lokalnym [175, Eurofer 2009].

Tabela 2.16: Przykłady ciągle monitorowanych emisji do atmosfery w spółce Voestalpine Stahl, Linz w Austrii

Zakład	Źródło potencjalnych emisji	Istotne substancje zanieczyszczające						Punkt odniesienia O ₂
		Pył	NO _x	SO ₂	CO	H ₂ S	HF	
		mg/Nm ³						
Piec koksowniczy	H ₂ S w gazie z pieca koksowniczego					X ⁽¹⁾		
	Zakład kwasu siarkowego			X				
Spiekalnia ⁽²⁾	Taśma spiekalnicza	X	X	X			X	
	Odpylanie budynku	X						
Wielkie piece	Odpylanie hali lejniczej przy wielkim piecu 5 i 6	X						
	Odpylanie hali lejniczej przy wielkim piecu A	X						
Zakład zasadowego konwertora tlenowego	Wydział odpylania 1	X		X ⁽³⁾				
	Odpylanie wtórne 2.1	X						
	Odpylanie wtórne 2.2	X						
Elektrownia	Wydział 3		X	X	X		3%	
	Wydział 4		X	X	X		3%	
	Wydział 5		X	X	X		3%	
	Turbina gazowo-parowa		X	X	X		15%	
	Wydział 6		X	X			3%	

(¹) Średnia wartość godzinowa.
(²) Zgodnie z pozwoleniem rtęć musi być ciągle monitorowana ze względu na specyfikę lokalną (wysokie stężenie rtęci w rudzie). Próby wciąż trwają.
(³) W czerwcu 2007 r. bieżąca wartość graniczna emisji podlegała weryfikacji. Emisje SO₂ powinny być ciągle monitorowane.
Uwaga: — Stan z czerwca 2007 roku. Emisje mierzone w sposób nieciągły nie zostały uwzględnione w tabeli. Warunki pozwoleń mogą ulec zmianie w wyniku faktycznej oceny oddziaływania na środowisko „Voestalpine L6”.
– Tam, gdzie ustanowione zostały wartości graniczne, zostały one oznaczone za pomocą X (w oparciu o średnie wartości 30-minutowe).

W Wielkiej Brytanii emisje pyłu z opalania pieców koksowniczych są ciągle monitorowane przez mierniki zaciemnienia. Stale monitorowane są również emisje pyłu w spiekalniach. W wielkich piecach istotne jest monitorowanie strumienia wody chłodzącej. Monitorowane są SO_x, NO_x, pył i CO w emisjach z nagrzewnic dmuchu wielkopiecowego. Monitorowane są także emisje pyłu z hali lejniczej przy wielkim piecu.

Bibliografia

[26, Oberosterreichische Landesregierung 2004][242, Caughlin 2007][277, Wiesenberger 2007]

2.5.5.2 Przykłady ciągłego monitorowania zorganizowanych emisji do atmosfery

2.5.5.2.1 Ciągłe monitorowanie emisji pyłów z wtórnych układów odpylania w zasadowych konwertorach tlenowych

Opis techniki

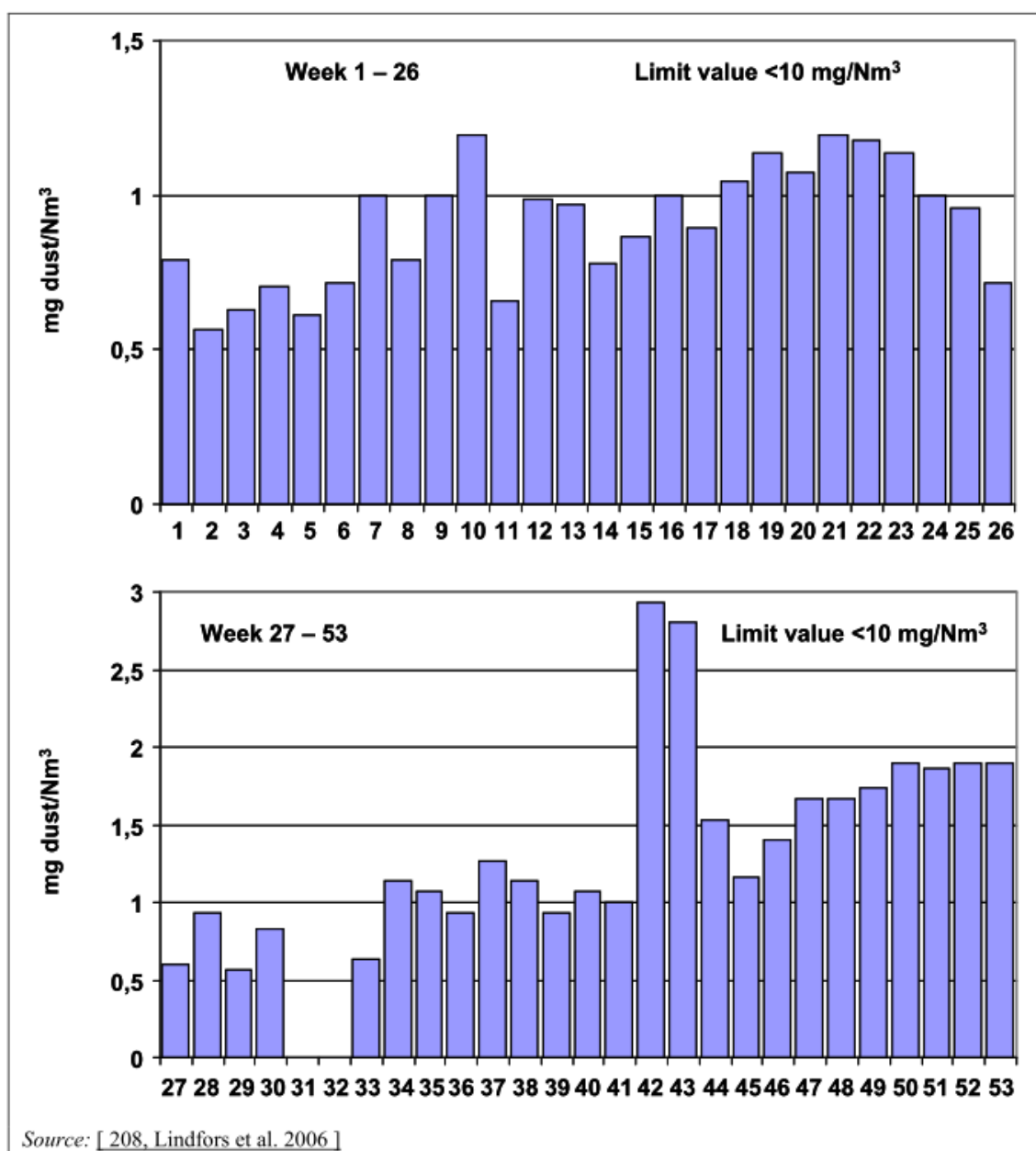
System monitorowania w SSAB Oxelosund AB w Szwecji pozwala na ciągłą kontrolę pracy filtra workowego. Wyniki pomiarów są odnotowywane dziennie, tygodniowo i miesięcznie. Praca zasadowego konwertora tlenowego (ładowanie, wydmuchiwanie, spuszczenie) jest bardzo dokładnie kontrolowana.

System ciągłych pomiarów ilości pyłu zainstalowany jest w układzie wywiewania gazu za wtórnym odpylaczem. Do pomiaru emisji pyłu w przewodach za wtórnym odpylaczem stosowane są dwa urządzenia, a kolejne dwa stosowane są w otworach w suficie. Ilość pyłu mierzona jest grawimetrycznie (mg/Nm^3). Sprzęt kalibrowany jest raz do roku przez firmę zewnętrzną. Zgromadzone dane zapisywane są we własnej bazie danych SSAB. Kontrolę pracy filtrów workowych przeprowadzają operatorzy SSAB. Raz do roku dokonywany jest przegląd. Do wykrywania wycieków stosowana jest metoda fluorescencyjna.

Emisje pyłu z pieca LD (BOF) (z wyłączeniem pierwotnych gazów odlotowych) są również uważnie monitorowane. Emisje odnotowywane są w czasie trzech oddzielnych faz procesu: ładowania, wydmuchiwania i w innych momentach.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

W przypadku słabych wyników systemu odpylania wtórnego mogą zostać podjęte natychmiastowe działania. Mogą też zostać ograniczone emisje ogółem. Na rysunku 2.17 zaprezentowane zostały tygodniowe średnie osiągnięte przy zastosowaniu wyżej wspomnianego systemu monitorowania w ciągu jednego roku.



Source: [208, Lindfors et al. 2006]

Rysunek 2.17: Ilości pyłów z układu wtórnego odpylania jako średnie tygodniowe

EN	PL
Week	Tydzień
Limit value	Wartość graniczna
mg dust/Nm ³	mg pyłu/Nm ³

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Kalibracja systemu zgodnie ze zmierzonymi wartościami odbywa się raz do roku. Kalibracja trwa dwa dni.

Możliwości zastosowania

Technikę tę można stosować tak w nowych, jak i w istniejących zakładach produkcji stali.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

SSAB Oxelosund AB w Szwecji

Bibliografia

[208, Lindfors et al. 2006]

2.5.5.2.2 Ciągłe monitorowanie filtrów workowych za elektrycznym piecem łukowym

[208, Lindfors et al. 2006]

Opis techniki

Huta z elektrycznym piecem łukowym Ovako Imatra w Finlandii stosuje oczyszczanie powietrza z całego budynku oraz oddzielne odsysanie pyłów z samego elektrycznego pieca łukowego. Instalacja filtra wyposażona jest w wydajny zatrzymywacz iskier oraz cyklony, z których pył (>5 mikronów, 30% całości) zawracany jest do elektrycznego pieca łukowego razem ze złomem. Możliwa jest kontrola prędkości obrotów wentylatorów głównych (średnio 620 000 Nm³/h). Osłona ma tradycyjne (duże) rozmiary (9 400 m²), a worki filtrów wykonane są ze zwykłego filcu igłowanego pokrytego politetrafluoretylenem. Worki filtra czyszczone są skompresowanym powietrzem.

Ciągłe monitorowanie i uważna konserwacja stacji filtrów działa w następujący sposób:

- emisje pyłu są monitorowane bez faktycznej kalibracji. Ważne jest, żeby wykryte zostały wszelkie zmiany w poziomie emisji (przeciek w jednym worku może być wykryty natychmiast)
- ciągłe monitorowanie odbywa się przy zastosowaniu dwóch oddzielnych narzędzi:
 - trybometrycznego systemu pomiarowego – SINTROL[®]
 - optycznego systemu pomiarowego – SICK[®] [360, Sick-Maihak 2006]
- co drugi tydzień wszystkie worki są sprawdzane wzrokowo pod kątem wypalonych dziur i intensywności przez jednego pracownika przez trzy godziny. Niezabrudzona strona worków powinna być utrzymana w całkowitej czystości. Dziury o średnicy 1 mm mogą zostać wykryte bez problemu, więc nie jest konieczna metoda fluorescencyjna.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

W przypadku słabych wyników systemu filtra workowego mogą zostać podjęte natychmiastowe działania. Mogą też zostać ograniczone emisje ogółem.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Rozwiązanie to zapewnia również czystość otoczenia wewnątrz i na zewnątrz huty.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwości zastosowania

System monitorowania może być stosowany zarówno w nowych jak i już istniejących zakładach i powinien być stosowany w dużych zakładach z elektrycznymi piecami łukowymi. W celu ustalenia definicji „dużego elektrycznego pieca łukowego” jako istotnego źródła emisji przykładowe progowe wartości stężenia masowego przepływów zostały podane w załączniku IV.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Motywacją do wdrożenia techniki są związane z nią korzyści środowiskowe.

Przykładowe zakłady

Ovako Imatra w Finlandii

Bibliografia

[208, Lindfors et al. 2006] [242, Caughlin 2007]

2.5.5.3 Monitorowanie gazów wytwarzanych w procesie technologicznym

Opis techniki

W hucie spółki Voestalpine Stahl GmbH, w miejscowości Linz w Austrii wymóg monitorowania gazów wytwarzanych w procesie technologicznym zawarty jest w ocenie oddziaływania na środowisko potrzebnej do wydania zezwolenia. W tabeli 2.17 zaprezentowane zostały warunki wydania pozwolenia. Dane są regularnie przekazywane władzom lokalnym.

Tabela 2.17: Przykładowe zawarte w zezwoleniu warunki monitorowania gazów wytwarzanych w procesie technologicznym w Voestalpine Stahl, Linz w Austrii

Pomiary	Gaz wielkopieczowy (¹)		Gaz koksowniczy (¹)		Gaz konwertorowy (¹)	
	Ciągłe (²)	Nieciągłe	Ciągłe (²)	Nieciągłe	Ciągłe (²)	Nieciągłe
H ₂	x		x		x	
CO	x		x		x	
CO ₂	x		x		x	
Węglowodory			x(³)			
N (związ. chem.)			x(³)			
Cl (całkowity)	x(³)					
S (całkowity)	x(³)		x(³)		x(³)	
Hg		x (⁴)		x(⁴)		
Pb		x (⁴)		x(⁴)		x(⁴)
Cr		x (⁴)		x(⁴)		x(⁴)
Cd		x (⁴)		x(⁴)		x(⁴)
Ni		x (⁴)		x(⁴)		x(⁴)
F (całkowity)		x(⁴)				
Pył (całkowity)		x (¹)(⁵)		x(⁴)		x(⁴)

- (¹) Brak wyznaczonych wartości granicznych (w czerwcu 2007 r.).
- (²) Ciągłe monitorowanie powinno być prowadzone pod warunkiem, że na rynku dostępne będą zatwierdzone narzędzia (w czerwcu 2007 r.) [26, Oberösterreichische Landesregierung 2004].
- (³) W czerwcu 2007 r. nie były dostępne żadne narzędzia do ciągłych pomiarów Cl (całkowity) i N (związ. chem.). Jeśli zaś chodzi o węglowodory, CH₄ i wyższe były mierzone w sposób nieciągły. Metody ciągłego pomiaru siarki (całkowitej) są wciąż na etapie oceny. Pomiary nieciągłe przeprowadzane są w przedziałach czasowych uzależnionych od parametru, zwykle miesięcznych; Voestalpine Stahl GmbH, Linz w Austrii [26, Oberösterreichische Landesregierung 2004].
- (⁴) Zawartość metali ciężkich (Hg, Pb, Cr, Cd, Ni), pyłu i fluorków musi być mierzona w sposób nieciągły, zwykle cztery razy do roku (stan na czerwiec 2007 r.).
- (⁵) W przypadku dodawania tworzywa sztucznego, jak to ma miejsce w jednym wielkim piecu, emisje pyłu muszą być mierzone w sposób ciągły. Próby wciąż trwają.
- Źródło: [26, Oberösterreichische Landesregierung 2004] [277, Wiesnerberger 2007].

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Monitorowanie gazów wytwarzanych w procesie technologicznym pozwala uzyskać informacje na temat składu tych gazów i pośrednich emisji powstających w wyniku ich spalania, takich jak emisje pyłów, metali ciężkich i SO₂.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Jakość (wartość kaloryczna i czystość) oraz ilość różnych gazów wytwarzanych w procesie technologicznym różnią się znacznie, a czynniki te wpływają na to, gdzie mogą one zostać efektywnie wykorzystane. W celu zoptymalizowania wydajności energetycznej każdy rodzaj gazu opałowego musi zostać wykorzystany w najbardziej do tego właściwym zakładzie. Z tego właśnie powodu gazy powinny być badane w sposób ciągły.

Możliwości zastosowania

Uważa się, że technikę ta może być powszechnie stosowana.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Voestalpine Stahl GmbH, Linz w Austrii.

Bibliografia

[277, Wiesnerberger 2007]

2.5.5.4 Nieciągłe monitorowanie skanalizowanych emisji do atmosfery

Opis techniki

Regularne, okresowe nieciągłe pomiary przy istotnych, ukierunkowanych źródłach prowadzone są dla następujących substancji zanieczyszczających (niektóre z nich liczy się łącznie oraz dla odpowiednich stopni utleniania):

- pył
- SO₂
- NO_x
- CO
- metale ciężkie takie jak Hg, Tl, Cd, As, Co, Ni, Se, Te, Pb, Cr, Cu, Mn, V, Sn
- TOC
- VOC
- NMVOC
- BTX
- H₂S
- HCl
- HF

- CN
- NH₃
- PCDD/F
- WWA (np. EPA 16, Borneff 6)
- PCB (e.g. Ballschmiter PCB, WHO-TEF, PCB razem).

Możliwe jest jednak również ciągłe mierzenie i monitorowanie całkowitego węgla organicznego, NH₃, HCL i HF oraz ciągłe pobieranie próbek PCDD/F i PCB do analizy od 1 do 30 dni.

Częstotliwość dokonywania pomiarów różni się znacznie pomiędzy państwami członkowskimi. Wielkość emisji powinna być rozumiana jako średnia z okresu pobierania próbek, który trwa zwykle co najmniej pół godziny. W przypadku PCDD/F okres pobierania próbki wynosi zwykle od 6 do 8 godzin.

W tabeli 2.18 zaprezentowane zostały przykłady istotnych metod pomiaru dla nieciągłego monitorowania emisji.

Tabela 2.18: Przykłady istotnych metod pomiaru dla nieciągłego monitorowania emisji

Składnik spalin	Metoda pomiaru
Pył	EN 13284-1 (<50 mg/m ³) lub ISO 9096 (>20 mg/m ³) VDI 2066 część 1 dla niskich i wysokich stężeń O-NORM M 5861 NF X 44-052
SO ₂	EN 14791 identyczna jak VDI 2462 część 3 VDI 2462 część 1
NO _x jako NO ₂	EN 14972 VDI 2456, metoda manualna
CO	EN 15058 VDI 2459, metoda manualna
Metale (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Tl, V, Zn)	EN 14385 identyczna jak VDI 3868 część 1
TOC	EN 12619 dla niskich stężeń, EN 13526 dla wysokich stężeń, VDI 3481 część 1, metoda manualna
Hg	EN 13211
H ₂ S	VDI 3486 US EPA metoda 11
HCl	EN 1911
HF	VDI 2470 część 1 ISO 15713
NH ₃	VDI 3496, na podstawie EN 14791
PCDD/F i PCB	EN 1948 VDI 3499, dodatkowo dla wyższych stężeń
WWA	VDI 3873 część 1 ISO 11338
<i>Źródło: [200, Komisja Europejska 2001] [277, Wiesnerberger 2007].</i>	

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Brak dostępnych danych.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwości zastosowania

Pomiary nieciągłe oraz ich metody są uznawane za możliwe do powszechnego stosowania.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Technika stosowana jest w wielu zakładach, np. w Voestalpine Stahl GmbH, Linz w Austrii oraz w niemieckich zakładach produkcji żelaza i stali.

W brytyjskich spiekalniach ilości NOX oraz SOX są monitorowane kwartalnie. Monitorowanie dioksyn odbywa się od dwóch do czterech razy w roku.

Bibliografia

[242, Caughlin 2007][277, Wiesenberger 2007]

2.5.5.5 Monitorowanie PCDD/F

Opis techniki

[209, WE 2005]

Istnieją różne metody ustalania zawartości dioksyn i dioksyno-podobnych polichlorowanych bifenyli (PCB) w spalinach. Warunki pobierania próbek oraz metoda analizy zależą od istniejących procesów i parametrów gazów spalinowych. Do istotnych parametrów należą:

- stężenie dioksyn,
- zawartość pyłu w spalinach,
- temperatura,
- ilość cząsteczek węgla w spalinach,
- zmienność procesu tj. czy proces jest ciągły czy odbywa się partiami, czy praca jest stabilna,
- możliwość wystąpienia efektu pamięci.

W przypadku ręcznego pobierania próbek obowiązującą normą jest EN 1948. Norma opisuje sposób ustalania stężenia masowego dioksyn i dioksyno-podobnych PCB ze źródeł stacjonarnych. Norma została opracowana i zatwierdzona dla spalarni odpadów w celu weryfikacji zgodności z graniczną wartością emisji wynoszącą 0,1 ng I-TEQ/Nm³. W wielu krajach europejskich EN 1948 jest podstawą krajowych norm służących do określania emisji dioksyn (np. CSN EN 1948; DIN EN 1948 oraz VDI z 3499, itp.). VDI 3499 części 1–3 to niemiecka norma służąca do pomiaru emisji dioksyn ze źródeł stacjonarnych. W normie opisane zostały dwie procedury pomiaru:

- Część A zawiera przykład zastosowania DIN EN 1948 do emisji PCDD/F na poziomie ok 0,1 ng I-TEQ/Nm³.
- W części B metoda pomiaru jest zmodyfikowana na potrzeby stężeń PCDD/F przekraczających 0,1 ng I-TEQ/Nm³. Atestowany jest jak na razie tylko sposób ustalania zawartości PCDD/F w spalinach. Ustalanie ilości innych zanieczyszczeń organicznych (np. PCB) jest również możliwe, ale nie zostało jeszcze atestowane.

Oprócz EN 1948 istnieją jeszcze inne standaryzowane metody pobierania próbek stosowane w UE. Dla przykładu EPA 23 A, czyli metoda ręcznego pobierania próbek zatwierdzona w USA, została opracowana w celu ustalania ilości dioksyn ze źródeł stacjonarnych w spalarniach odpadów.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

W przypadku rosnących emisji przekraczających określone dopuszczalne wielkości możliwe jest podjęcie natychmiastowych działań w celu zidentyfikowania przyczyn i ograniczenia ich poziomu.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

W przypadku PCDD/F okres pobierania próby wynosi zwykle od 6 do 8 godzin.

Możliwości zastosowania

W praktyce stosowane są manualne (nieciągłe) standardowe i zatwierdzone metody pomiaru (np. EN 1948). Metody pomiaru opracowane na potrzeby spalarni śmieci mogą być i są stosowane w przemyśle metalurgicznym. Na ogół stosuje się regularne, okresowe pomiary nieciągłe przy istotnych źródłach emisji.

Aspekty ekonomiczne

W tabeli 2.19 podane zostały koszty pobierania próbek i analizowania zawartości PCDD/F i dioksy-no-podobnych PCB.

Tabela 2.19: Całkowity koszt pomiaru PCDD/F zgodnie z EN 1948

Metoda	Koszt (EUR)
Manualne pobieranie próbek zgodne z EN 1948 – analiza PCDD/F z jednej próbki (jednego dnia) bez kosztów podróży	1800–3500
Manualne pobieranie próbek zgodne z EN 1948 – analiza PCDD/F z trzech próbek (trzech dni) bez kosztów podróży	4000–6500
analiza PCDD/F (EN 1948)	450–800
Dioksy-no-podobne PCB – WHO PCB (EN 1948)	110–600

Motywacja do wdrożenia techniki

Motywacją do wdrożenia techniki jest ograniczenie niepewności co do obecnego stężenia emisji dioksyn w przemyśle produkcji żelaza i stali oraz zapewnienie odpowiedniego poziomu świadomości i monitorowania emisji dioksyn przez właściwe organy na poziomie krajowym, regionalnym i lokalnym.

Przykładowe zakłady

W tabeli 2.20 zaprezentowane zostały wymogi względem monitorowania dioksyn w różnych państwach członkowskich [209, WE 2005].

Tabela 2.20: Częstotliwość monitorowania PCDD/F w przemyśle metalurgicznym w różnych państwach członkowskich

PC	Częstotliwość monitorowania
Austria	Co trzy lata w zakładach produkcji żelaza i stali, w nowych spiekalniach raz na trzy lata (raz na sześć lat, jeśli emisje są niewielkie); w istniejących spiekalniach zgodnie z indywidualnymi ustaleniami
Belgia	Trzy razy w roku zgodnie z prawem, raz w miesiącu w spiekalniach, sześć razy w roku w zakładach z EAF
Francja	Co najmniej raz w roku
Niemcy	Od raz w roku do raz na trzy lata
Luksemburg	Raz lub dwa razy w roku oraz jeden do dwóch dodatkowych pomiarów
Holandia	Brak informacji; kryterium: nieoczyszczony gaz >2 g I-TEQ/rok

Słowenia	Raz w roku
Wielka Brytania	Monitorowanie dioksyn odbywa się od dwóch do czterech razy w roku.
<i>Źródło:</i> [209, WE 2005] [242, Caughlin 2007] [277, Wiesenberger 2007]	

Bibliografia

[209, EC 2005][242, Caughlin 2007][277, Wiesenberger 2007]

2.5.5.6 Monitorowanie emisji niezorganizowanych i rozproszonych

[252, Francja 2007]

Emisje niezorganizowane mogą zostać oszacowane następującymi sposobami [56, Dr. Gaertner, A. 2004]:

- metody pomiaru bezpośredniego polegające na pomiarze emisji w samym źródle. W tym przypadku można zmierzyć lub określić stężenie masowe strumienia emisji;
- metody pośredniego pomiaru, w przypadku gdy wielkość emisji określana jest w pewnej odległości od źródła i nie ma możliwości bezpośredniego pomiaru stężenia masowego strumienia emisji;
- obliczenia z wykorzystaniem współczynników emisji.

2.5.5.6.1 Pomiary bezpośrednie lub quasi-bezpośrednie

Przykładami pomiarów bezpośrednich są pomiary w tunelach aerodynamicznych, pod wyciągami lub inne metody jak pomiar quasi-emisji np. na dachu instalacji przemysłowej. W tym ostatnim przypadku mierzy się prędkość wiatru i powierzchnię odpowietrznika na dachu i oblicza się wskaźnik przepływu. Przekrój płaszczyzny pomiaru odpowietrznika dachowego jest podzielony na sektory o identycznej powierzchni (pomiar siatkowy). Sprzęt do pobierania próbek musi być przystosowany do kontroli nieskończonego ssania. Poprzez wybór różnych średnic sondy do pobierania próbek można dostosować natężenie strumienia próby do dominującej prędkości gazów odlotowych. Pył w strumieniach gazu wychwytywany jest na filtry, a jego ilość określana jest metodami grawimetrycznymi. Wraz z oceną ilości gazów odlotowych można określić stężenie pyłu i stężenie masowe strumienia pyłów [56, Dr. Gaertner, A. 2004]. Przy zastosowaniu impaktora kaskadowego można określić ilości frakcji o różnych rozmiarach. Jeśli jest to możliwe, preferuje się pomiary bezpośrednie.

W dwóch zakładach z elektrycznymi piecami łukowymi do pomiaru emisji niezorganizowanych wzdłuż stacji filtrów oraz w przypadku oczyszczania powietrza z całego budynku stosowane były cztery metody:

- impaktor kaskadowy DEKATI[®] w oparciu o wewnętrzną klasyfikację,
- spektrometr DSI[®] w oparciu o niezorganizowaną i wewnętrzną klasyfikację,
- dyfraktometr laserowy w oparciu o klasyfikację optyczną,
- ELPI[®] (elektryczny impaktor niskociśnieniowy) w oparciu o elektryczną i wewnętrzną klasyfikację.

Każda z tych metod podaje dystrybucję rozmiarów i stężenie pyłu (cząsteczki $0,1$, cząsteczki 1 , cząsteczki $2,5$ i cząsteczki 10), co również dowodzi, że nadają się one do oceny jakości powietrza. Zastosowanie jednej z tych metod w sposób pośredni pozwala na lepszą kontrolę emisji niezorganizowanych [252, Francja 2007].

W [56, Dr. Gaertner, A. 2004] pomiary w zakładzie produkcji stali nierdzewnej dokonywane były przed i za układem wychwytywania emisji przy konwertorze, który:

- był nowy,
- został zoptymalizowany poprzez większe okapy i zwiększone ilości wywiewanych gazów,

- zamiast płuczki Venturiego miał filtr workowy.

Pomiary pyłu zostały wykonane zgodnie z normą VDI 2463 częścią 1 „Pomiar cząsteczek stałych – grawimetryczne określenie stężenia masowego zawieszonych cząsteczek stałych w powietrzu w pomieszczeniu – zasady ogólne”. Wyniki pokazały, że niezorganizowane emisje pyłu zostały ograniczone o 50%; cząstki stałe $_{10}$ stanowią ok. 70% całości pyłu; ilość Cr i Ni została również odpowiednio ograniczona, a pary metali są wychwytywane znacznie lepiej niż wcześniej.

2.5.5.6.2 Pomiary pośrednie

Przykłady pomiarów pośrednich obejmują wykorzystanie gazów wskaźnikowych, metody odwróconego modelowania dyspersji (RDM) oraz metodę bilansu masowego.

Metody z wykorzystaniem gazu wskaźnikowego obejmują:

- uwalnianie znanej ilości gazu nieemitowanego przez badane źródło,
- pomiar stężenia z nawietrznej strony źródła,
- dobre oddanie geometrii źródła.

Metoda odwróconego modelowania dyspersji (RDM) obejmuje:

- integralne lub selektywne pomiary stężenia,
- obliczenie rozprzestrzeniania się z fikcyjną siłą źródła,
- pomiar warunków meteorologicznych koniecznych w czasie pomiaru,
- odwrócenie obliczeń,
- potwierdzenie RDM za pomocą badań emisji uwalnianych gazów.

Jako gaz wskaźnikowy w metodzie z wykorzystaniem gazu wskaźnikowego oraz w metodzie RDM stosowany jest często SF₆. Pomiary stężenia mogą być prowadzone np. przez pomiary atmosferyczne na odległość przy podłożu za pomocą spektroskopii w podczerwieni z transformatą Fouriera (FTIR).

W [56, Dr. Gaertner, A. 2004] podane zostały dwa przykłady wykorzystania metody RDM do oceny emisji benzo(a)pirenu (BaP) z koksowni. W jednym przypadku ocena oparta jest na pomiarze stężenia BaP w odległości 750 m. RDM oparte jest o model Gauss-Lagrange i nie uwzględnia wpływu budynków ani geometrii zakładu na modelowanie dyspersji. W innym przypadku ocena oparta jest na pomiarze stężenia BaP w odległości 200 m. RDM oparte jest o model Euler i uwzględnia wpływ budynków oraz geometrii zakładu na modelowanie dyspersji. W obu przypadkach średnia dzienna wartość natężenia emisji została oszacowana na od 5 do 35 mg BaP/t koksu. Wykorzystując standardowe współczynniki emisji można obliczyć jej natężenie na od 10 do 25 mg BaP/t koksu (zob. pkt. 5.2.2.1).

Metoda bilansu masowego obejmuje:

- ustalenie obszaru odniesienia i obszaru badanego po stronie zawietrznej i nawietrznej badanego zakładu,
- pomiar stężenia w kilku warstwach na tych obszarach,
- obliczenie lub pomiar prędkości i kierunków wiatru w miejscach pomiaru,
- obliczenie lokalnego przepływu masy przez pomnożenie stężenia i prędkości prostopadle do płaszczyzn pomiaru,
- zintegrowanie przepływów masy nad obszarem odniesienia i obszarem badanym,
- ustalenie natężenia emisji przez obliczenie różnicy pomiędzy zintegrowanymi przepływami masy.

Light detection and ranging (LIDAR) to technologia polegająca na mierzeniu właściwości rozproszonego światła w celu ustalenia zasięgu lub innych informacji dotyczących odległego celu.

Krótkie impulsy laserowe wysyłane są do atmosfery, a rozproszone promieniowanie wsteczne jest odnotowywane i oceniane. Pomiar w płaszczyźnie pionowej i poziomej pozwalają na ustalenie zarówno rozmiaru chmury zanieczyszczeń, jak również dystrybucji stężenia substancji w chmurze. Pomiar na odległość techniką LIDAR są często stosowane do pomiaru stężenia emisji w różnych płaszczyznach (zob. kropka druga).

Siła emisji gazowych ze źródła będącego obszarem oraz z mniejszych trójwymiarowych źródeł może zostać określona za pomocą optycznych procedur pomiaru na odległość z możliwością błędu wynoszącą ok. 30%. Metoda wykorzystująca gaz wskaźnikowy oraz odwrotne modelowanie dyspersji pokazują podobne wyniki. Ilość emisji niezorganizowanych z dużych trójwymiarowych źródeł może zostać określona za pomocą pomiaru na odległość techniką LIDAR oraz za pomocą metody bilansu masowego.

Bibliografia

[20, VDI/DIN 1999] [25, VDI/DIN 2005][56, Dr. Gaertner, A. 2004][96, VDI/DIN 2000]

2.5.5.6.3 Obliczanie wielkości emisji za pomocą wskaźników emisji

Metody szacowania niezorganizowanych emisji pyłów ze składowania, przeładunku i transportu materiałów sypkich

VDI 3790 część 1 opisuje „Emisje gazów, zapachów i pyłów ze źródeł rozproszonych – kwestie podstawowe”. Norma oparta jest o obliczenia z wykorzystaniem współczynników emisji. Obejmuje ona charakterystykę rozproszonych źródeł emisji, tworzenie się emisji niezorganizowanych, definicję siły źródła i zwykłych współczynników emisji, pomiar techniczny i ustalanie niezorganizowanych emisji pyłu ze składowania i transportu materiałów sypkich [18, VDI/DIN 2005].

Norma VDI 3790 część 3 Meteorologia środowiska – „Emisja gazów, zapachów i pyłów ze źródeł rozproszonych – składowanie, przeładunek i transport materiałów sypkich” [165, VDI/DIN 1999] zawiera charakterystykę źródeł rozproszonych, definicję takich terminów jak natężenie emisji i emisji. Główna część tej normy opisuje sposób, w jaki sposób można oceniać współczynniki emisji pyłu ze składowania i przeładunku materiałów sypkich oraz z podrywania się pyłu z nawierzchni w związku z ruchem drogowym, uwzględniając charakterystykę miejsca, w tym urządzenia załadunkowe i wyładawcze, prędkość wiatru, skłonność przeładowywanych materiałów od podrywania się w powietrze itp. Norma podaje również ogólne współczynniki emisji dla składowania i przeładunku.

Inna metoda stosowana do hut zintegrowanych została zaproponowana przez Agencję Ochrony Środowiska w USA [176, EPA 2009]. Metoda ta jest oparta o współczynniki emisji i uwzględnia we właściwy sposób narażenie na działanie wiatru dzięki wykorzystaniu prędkości powierzchniowej odzwierciedlającej prędkość tarcia wiatru. Metoda ta została przyjęta we Francji. Pozwala ona na właściwe określenie ilości niezorganizowanej emisji pyłów ze źródeł na otwartej przestrzeni. Uwzględnia ona zwłaszcza wpływ narażenia sypkiego materiału na warunki pogodowe, wilgotność i wiatr [175, Eurofer 2009][393, Turpin et al. 2009][395, Badr et al. 2007].

Dodatkowe informacje dostępne są w Dokumencie referencyjnym dotyczącym najlepszych dostępnych technik (BAT) w zakresie emisji ze składowania (EFS) [283, WE 2006]. Stanowczo zaleca się, aby czytelnik zapoznał się z tym dokumentem.

Metoda szacowania emisji niezorganizowanych z pieców koksowniczych

Emisje z rury wznosnej oraz z uszczelek otworu załadawczego, a także z drzwi pieca i uszczelek ramy w czasie koksowania. Stosowane są różne metody szacowania ucieczek emisji z pieców koksowniczych, z których wszystkie mają jedną cechę wspólną: doświadczeni lub certyfikowani obserwatorzy ustalają ilość emisji wzrokowo.

Na podstawie tych wyników otrzymane poziomy emisji wyrażane są jako procent przeciekających rur wznosnych i otworów załadawczych z wyraźnymi wyciekami lub jako

masa/czas w zależności od sposobu monitorowania. Na przykład metoda Agencji Ochrony Środowiska (EPA) (<http://www.epa.gov/ttn/emc/methods/method303.html>) umożliwia wyrażenie wyników procesu obserwacji jako procent wycieków.

Metodologia DMT (Deutsche Montan Technologie GmbH), w dużej mierze zbieżna z metodą EPA, pozwala na obliczenie dziennych emisji w oparciu o podstawowe pomiary przez przydzielenie emisjom jednego z czterech stopni siły i uwzględnienie okresu, kiedy emisje są widoczne podczas obserwacji. Inna metoda została opracowana przez BCRA (British Carbonisation Research Association). W odróżnieniu od metody DMT widocznym emisjom przydziela się jeden z pięciu stopni siły. Inna metoda stosowana w Corus IJmuiden w Holandii została opisana w pkt. 5.3.3.

Jedną z metod opisu procedur pomiaru niezorganizowanych emisji lotnych związków organicznych jest metoda 21 EPA. Całościowa metodologia pełnej inwentaryzacji wycieków oraz dalszego zarządzania ulotnymi emisjami została opisana w [216, sniffers et al. 2006].

2.5.5.7 Monitorowanie odprowadzania ścieków

Monitorowanie odpływowej odprowadzania ścieków obejmuje pobieranie reprezentatywnych próbek ścieków i ich analizę. Istnieje szereg standardowych procedur pobierania próbek i analizowania wody i ścieków.

Pobieranie próbek może przyjąć formę:

- losowej próby, która jest pojedynczą próbą pobraną ze strumienia ścieków;
- złożonej próby, która jest próbą pobieraną w sposób ciągły przez pewien okres lub próbą składającą się z kilku próbek pobieranych w sposób ciągły lub nieciągły przez pewien okres, a następnie wymieszanych ze sobą;
- kwalifikowanej próby losowej, która jest próbą złożoną z co najmniej pięciu losowych próbek pobranych w maksymalnym okresie dwóch godzin w odstępach nie krótszych niż dwie minuty, a następnie wymieszanych.

Stężenie zanieczyszczeń w ściekach, które zostało zgłoszone w odniesieniu do różnych procesów w niniejszym dokumencie, zostało odnotowane albo za pomocą kwalifikowanych prób losowych, albo za pomocą 24-godzinnych prób złożonych. Tak więc powiązane dokumenty BAT-AEL również powstały na podstawie prób losowych lub złożonych prób 24-godzinnych.

2.5.6 Redukcja hałasu

Wiele procesów w produkcji żelaza i stali generuje znaczące emisje hałasu. Do ogólnych technik budowlanych i operacyjnych mających na celu zapobieganie emisjom hałasu lub ich minimalizację w okolicy hut należą:

- wdrożenie strategii ograniczenia hałasu;
- obudowanie hałaśliwych operacji/urządzeń;
- izolacja przeciwwibracyjna operacji/urządzeń;
- wewnętrzne i zewnętrzne wyłożenia z materiałów pochłaniających energię uderzenia;
- izolacja dźwiękoszczelna budynków w celu odizolowania hałaśliwych operacji z wykorzystaniem urządzeń do przeróbki materiałów;
- budowa przegród akustycznych, np. wznoszenie budynków lub naturalnych barier, takich jak drzewa i krzewy pomiędzy chronionym obszarem a hałaśliwą działalnością;
- tłumiki na wylotach kominów;
- izolowane kanały i końcowe wentylatory umieszczone w dźwiękoszczelnych budynkach;
- zamykanie drzwi i okien w budynkach.

3SPIEKALNIE

3.1 Stosowane procesy i techniki

3.1.1 Cel procesu spiekania

Nowoczesne wielkie piece o wysokiej wydajności osiągają lepsze wyniki dzięki wcześniejszemu fizycznemu i metalurgicznemu przygotowaniu wsadu, co poprawia przepuszczalność i podatność na redukcję. Przygotowanie to wymaga aglomerowania wsadu poprzez spiekanie lub grudkowanie (patrz rozdział 4). Wsad dla procesu spiekania składa się z mieszaniny drobnych rud, dodatków (np. wapno, oliwin) i żelazonośnych zużytych materiałów z procesu wielkopieczowego, stalowniczego i walcowniczego (w tym, ale nie tylko, gruboziarnisty pył i szlam z oczyszczania gazu wielkopieczowego, zgorzeliny), do których dodaje się koksik umożliwiający jego zapłon. W Europie stosowane jest wyłącznie spiekanie o opadowym kierunku przepływu na ciągłym ruchomym ruszcie taśmowym (patrz Rysunek 3.1 i Rysunek 3.2).



Rysunek 3.1: Zdjęcie taśmy spiekalniczej z urządzeniem załadunkowym (bębny lub rury zasypowe) i okapem zapłonowym na końcu wejściowym

3.1.2 Mieszanie surowców

[267, Kawaguchi et al. 2002] [300, Eurofer 2007]

Przed rozpoczęciem procesu spiekania surowce muszą być odpowiednio wymieszane. Sprowadza się to zasadniczo do warstwowego ułożenia materiałów, w dokładnie odmierzonych ilościach wymaganych przez proces spiekania, na przygotowanych powierzchniach. W tej fazie można również dodać topnik oraz materiał odzyskany w procesach wymienionych powyżej. Dla zabezpieczenia przed zwiewaniem przez wiatr złoża rudy są zwykle pokrywane warstwą materiału gruboziarnistego. Na początku procesu spiekania mieszanka rudy jest transportowana ze zwałowisk do zasobników zlokalizowanych na początku spiekalni.

Inne dodatki takie, jak wapno, oliwin, zebrany pył i zendra walcownicza, pyły (i w znacznie mniejszym zakresie szlamy) pochodzące z oczyszczania gazu z wielkich pieców oraz spiek odzyskiwany z przesiewania spieku (ziarno w zakresie <5 mm) (rysunek 3.2) mogą być dodawane do mieszanki rudy żelaza na etapie mieszania. Dodatki, topniki i pozostałości inne niż tu wymienione również mogą być dodawane do mieszanki.

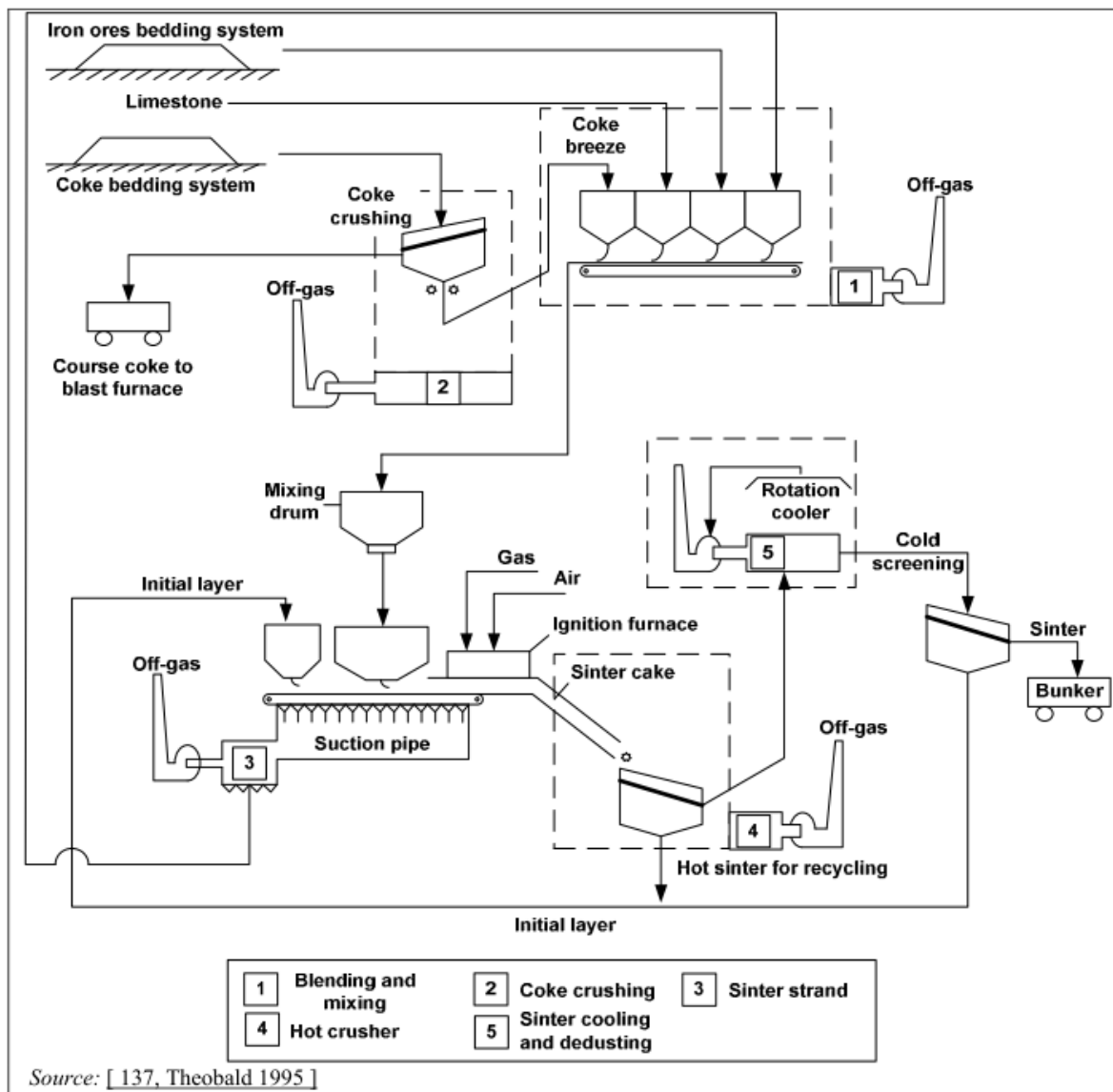
Koksik (koks drobnoziarnisty o wielkości ziaren <5 mm) jest najczęściej stosowanym paliwem w procesie spiekania. Jest on zwykle produkowany bezpośrednio przez zakłady koksownicze na miejscu jako koksik lub w wyniku kruszenia koksu dostarczonego z zewnątrz. Zintegrowane huty o niewystarczającej zdolności produkcyjnej koksu, aby pokryć zapotrzebowanie swojego zakładu spiekalniczego, zaopatrują się u zewnętrznych dostawców paliw. W tej sytuacji, antracyt może stanowić ekonomiczną alternatywę do koksiku i może być z powodzeniem stosowany pod warunkiem właściwego doboru materiału o niskiej zawartości substancji lotnych, aby zapobiec zwiększonej emisji węglowodorów. Tabela 3.1 przedstawia niektóre cechy koksiku stosowanego w niektórych spiekalniach.

Tabela 3.1: Przykładowe cechy koksiku stosowanego w spiekalniach

Parametr		wt-%
<0.25 mm cząstki stałe węglowe		0,1 - 7,2
		81,3 - 86,6
Substancje lotne		0,8 - 2,4
Analiza elementarna	C	82,0 - 88,1
	H	0,55 - 1,03
	S	0,42 - 1
	N	1,06 - 1,23
	Cl	0,0050 - 0,0235
	Popiół	10 - 15
Popiół Skład chemiczny	SiO ₂	44,3 - 55,5
	Al ₂ O ₃	22,1 - 27,7
	Fe ₂ O ₃	4,0 - 17,4
	CaO	1,28 - 3,27
	TiO ₂	0,93 - 1,31
	P ₂ O ₅	0,87 - 1,51
	K	0,56 - 1,12
	Na	0,27 - 0,52
	S	0,05 - 0,09
	Cu	0,008 - 0,020
<i>Źródło:</i> [220, Eurofer 2008] [267, Kawaauchi et al. 2002]		

Mieszanka rudy i koksiku jest ważona na przenośnikach taśmowych i ładowana do bębna mieszalnego. Tutaj jest ona całkowicie przygotowywana a powstała mieszanka jest nawilżana w celu intensyfikacji procesu tworzenia się mikro-grudek, które poprawiają przepuszczalność złoża spieku (patrz Rysunek 3.2).

W przypadku zastosowania bunkrowego sporządzania i mieszania, emisje są obniżone poprzez usuwanie pyłów, a następnie oczyszczanie zbieranego gazu.



Iron ores bedding system	układ uśredniania warstwowego rud żelaza
limestone	kamień wapienny
Coke bedding system	układ uśredniania warstwowego koksu
Coke crushing	kruszenie koksu
Off-gas	gaz odlotowy
Course coke to blast furnace	koks gruboziarnisty do wielkiego pieca
Coke breeze	koksik
Mixing drum	bęben mieszalny
Initial layer	warstwa początkowa
Suction pipe	rura ssawna
gas	gaz
air	powietrze
rotation cooler	chłodnia obrotowa
cold screening	sortowanie na zimno
sinter	spiek
bunker	zasobnik
ignition furnace	piec zapłonowy

sinter cake	spiek
hot sinter for recycling	gorący spiek do recyklingu
blending and mixing	mieszanie
hot crusher	kruszenie na gorąco
sinter cooling and dedusting	chłodzenie i odpylanie spieku
sinter strand	taśma spiekalnicza

Rysunek 3.2: Schematyczny wykres spiekalni przedstawiający główne punkty emisji

Inne konstrukcje są również stosowane; rysunek odnosi się do zakładów stosujących kruszenie i mieszanie bunkrowe koksu; kominy na rysunku wskazują źródła emisji; w rzeczywistości liczba kominów byłaby mniejsza, ponieważ do każdego komina może być podłączony więcej niż jeden strumień gazu odlotowego.

3.1.3 Działanie taśmy spiekalniczej

[7, Bothe 1993] [29, EC Sinter/BF 1995] [93, Matzke 1987] [145, UBA Comments 1997]

Maszyna spiekalnicza składa się z dużego, ruchomego rusztu wykonanego z żeliwa o wysokiej odporności cieplnej (rysunek 3.1). Materiał przeznaczony do spiekania jest umieszczony na warstwie odzyskiwanego spieku o grubości 30 - 50 mm. Ta dolna warstwa zapobiega przechodzeniu mieszanki przez szczeliny rusztu i zabezpiecza ruszt przed bezpośrednim ciepłem spalanej mieszanki.

W nowoczesnych spiekalniach grubość warstwy materiałów przeznaczonych do spiekania wynosi około 400 - 600 mm, ale mniejsze warstwy są powszechnie stosowane w spiekalniach starszego typu. Na początku rusztu palniki gazowe zapalają koksik w mieszance. W procesie z przepływem gazów z góry na dół wentylator o dużej mocy zasysa powietrze technologiczne na całej długości warstwy spieku do komór rozdzielczych znajdujących się pod rusztem, zwanych skrzyniami powietrznymi. Przepływ gazów odlotowych ze spiekalni wynosi od 330 000 do 1 600 000 Nm³/godzinę, w zależności od wielkości zakładu i warunków eksploatacyjnych. Zwykle jednostkowy przepływ gazów odlotowych wynosi od 1 500 do 2 500 Nm³/t sortowanego spieku. Większość spiekalni o dużych powierzchniach odciągowych (więcej niż 250 m² i/lub szerokości rusztu powyżej 3 m) posiada dwa główne kolektory gazu odlotowego z oddzielnymi wentylatorami i urządzeniami odpylającymi, które mogłyby być odpowiednie w przypadku zaawansowanych urządzeń redukcji emisji.

W miarę jak mieszanka spieku przemieszcza się wzdłuż rusztu, czoło spalania przechodzi w dół mieszanki. Pozwala to na wytworzenie ciepła wystarczającego (1 300 – 1 480 °C) do spiekania drobnych cząstek w porowaty żużel, określany jako spiek.

Podczas procesu spiekania występuje kilkanaście reakcji chemicznych i metalurgicznych. Wytwarzają one zarówno sam spiek, jak i emisje pyłu i gazów. Reakcje pokrywają się w czasie i wzajemnie na siebie wpływają, występując jako stałe i heterogeniczne reakcje pomiędzy fazami topienia, stałą i gazową, które są obecne w strefie spiekania. W mieszkach przebiegają następujące procesy i reakcje:

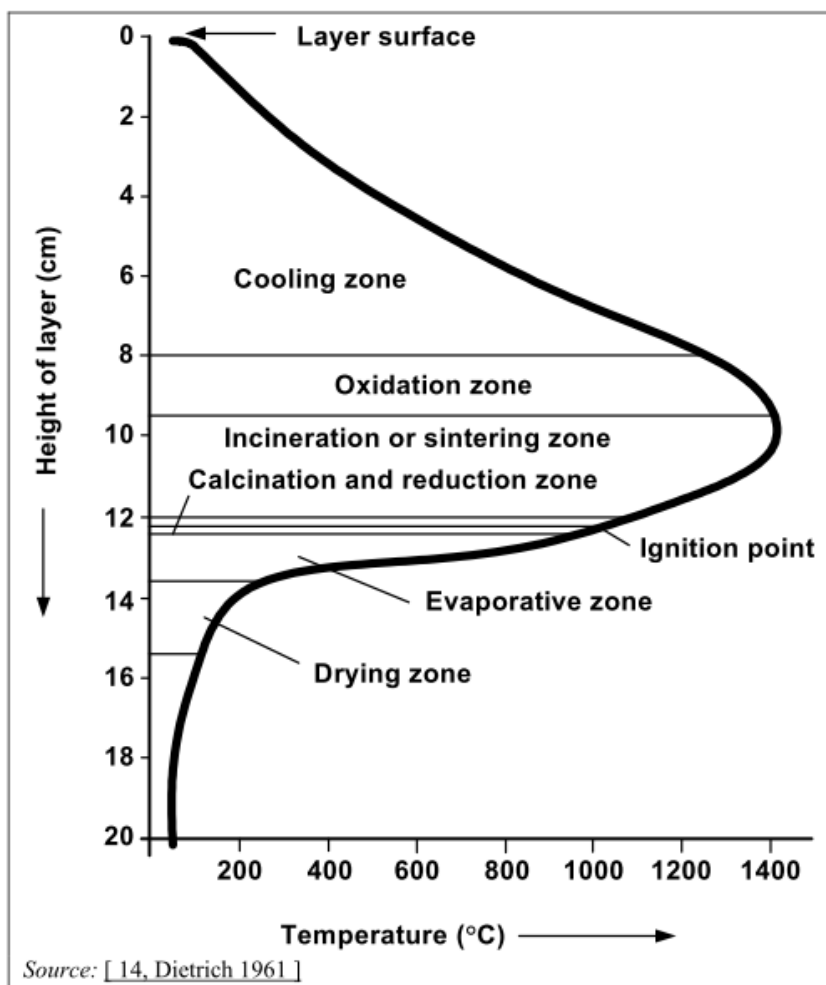
- odparowanie wilgoci
- wstępne ogrzewanie i kalcynowanie podstawowych związków, zapłon koksiku i reakcje pomiędzy węglem, pirytem i związkami chloru i fluoru oraz tlenem występującym w powietrzu
- rozkład hydratów i rozczepienie węglanów
- reakcja pomiędzy tlenkiem wapnia i hematytem
- reakcja pomiędzy fazą krzemianową a fazami tlenku wapnia i tlenku żelaza dla wytworzenia stopu krzemianowego i zwiększenia udziału faz stopionych
- powstanie związków wapnia i siarki oraz fluoru zawierających związki z chlorkami metali alkalicznych i chlorkami metali

- redukcja tlenków żelaza do żelaza metalicznego w strefie wysokiej temperatury
- efekty tworzące przewodność poprzez spalanie koksu i odparowanie wilgoci
- procesy wtórnego utleniania i rekrytalizacji przy efektach obkurczania, redukcji i utwardzania podczas schładzania spieku
- powstawanie pęknięć z powodu naprężenia termicznego podczas schładzania spieku i wad w mikrostrukturze spieku.

Rysunek 3.3 przedstawia temperaturę i strefy reakcji warstwy spieku po 6 minutach od zapłonu.

Gaz odlotowy z taśm spiekalniczych zawiera cząstki stałe, takie jak metale ciężkie, głównie związki żelaza, ale również inne przede wszystkim związki ołowiu, chlorki alkaliczne, tlenki siarki, tlenki azotu, chlorowodór, fluorowodór, węglowodory, tlenek węgla, a także istotne ilości śladowe PAH i związki aromatyczne fluorowcoorganiczne takie jak polichlorowane dibenzo-p-dioksyny/dibenzofurany i polichlorowane bifenyle. Profile emisji dla różnych parametrów (H_2O , O_2) zostały przedstawione na rysunku 3.5, a substancje zanieczyszczające (CO_2 , CO , SO_2 , NO_x , polichlorowane dibenzo-p-dioksyny/dibenzofurany) na rysunku 3.5 i 3.7. Emisje gazowe ze spiekalni stanowią główne emisje ze zintegrowanych hut. Szczegółowe informacje dotyczące powstawania spieków, ilości emisji i profilu taśmy dla poszczególnych substancji zanieczyszczających są podane w części 3.2.

Koksik jest spalany w całości zanim osiągnie koniec rusztu, a ostatni lub dwa ostatnie segmenty taśmy wykorzystywane są do rozpoczęcia procesu chłodzenia. Chłodnia może być połączona z taśmą spiekalniczą, ale najbardziej typowym rozwiązaniem jest oddzielny układ (np. chłodnia obrotowa). Spiek jest zrzucany na końcu rusztu w formie bryły, która jest rozbijana na pomoście kruszącym za pomocą kruszarki. W wielu zakładach spiek poddawany jest następnie procesowi gorącego sortowania, w którym drobne ziarno poniżej 5 mm jest oddzielane i zużywane do mieszanki zasilającej (rysunek 3.2).



layer surface	powierzchnia warstwy
height of layer (cm)	wysokość warstwy (cm)
cooling zone	strefa chłodzenia
oxidation zone	strefa utleniania
incineration or sintering zone	strefa spalania i spiekania
calcination and reduction zone	prażenie (wypalanie) i strefa redukcji
ignition point	punkt zapłonu
evaporative zone	strefa odparowywania
drying zone	strefa suszenia
temperature	temperatura

Rysunek 3.3: Schematyczny wykres temperatury i stref reakcji w procesie spiekania sześć minut po zapłonie

3.1.4 Sortowanie i chłodzenie gorącego spieku

[29, EC Sinter/BF 1995]

W większości przypadków (tj. gdy chłodzenie nie jest zintegrowane z taśmą spiekalniczą), spiekany materiał po zejściu z taśmy, skruszeniu i sortowaniu przechodzi do chłodnicy. W chłodnicy, która ma typową, obrotową konstrukcję o średnicy mniej więcej 20 – 30 m, umieszczana jest warstwa spieku o grubości przekraczającej 1m. Spiek jest schładzany powietrzem, które jest wdmuchiwane od góry lub od dołu poprzez warstwę spieku. Przepływ gazu chłodzącego spiek jest duży i zależy od rodzaju i wieku zastosowanego układu. Zwykle

jednostkowy przepływ wynosi od 1000 do 1500 Nm³/t spieku. Ciepło jawne gazu odlotowego z chłodzenia spieku (o temperaturze do 300 °C jest wykorzystywane w kotle odzysknicowym, w okapach zapłonowych maszyn spiekalniczych lub do wstępnego nagrzewania surowego wsadu. Znane są również inne konstrukcje chłodzi.

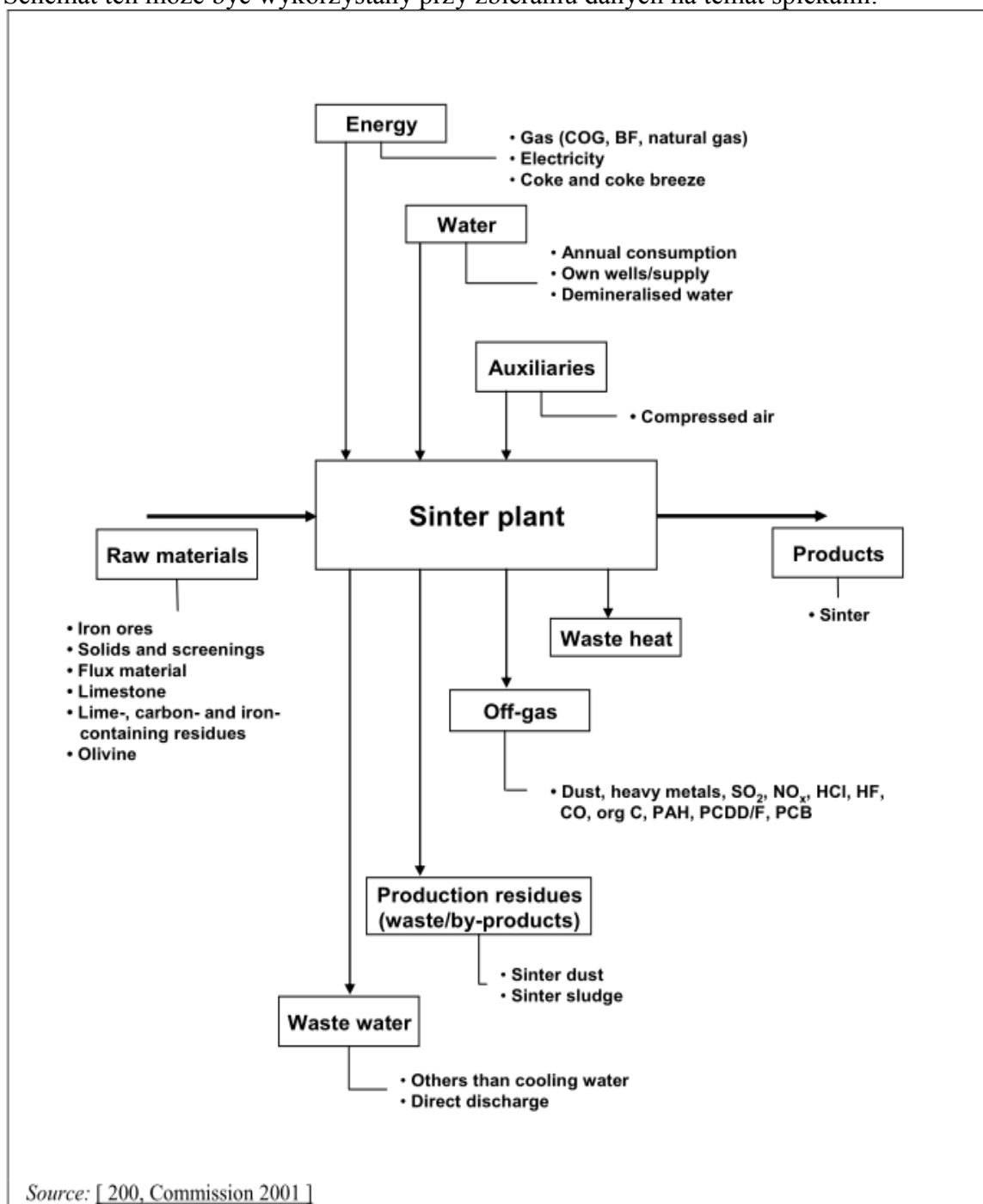
Schłodzony spiek jest transportowany do sit, które oddzielają ziarno do wykorzystania w wielkim piecu (4 - 50 mm) od podziarna, które ma być przekazywane do procesu spiekania (0-5 mm jako „spiek zwrotny”, 10-20 mm jako „warstwa trzonowa”).

3.2 Aktualne poziomy emisji i zużycia

3.2.1 Przegląd przepływu masy oraz dane wejściowe/wyjściowe

[30, Roederer et al. 1996] [300, Eurofer 2007]

Rysunek 3.4 przedstawia schemat wejściowych i wyjściowych strumieni spiekalni. Schemat ten może być wykorzystany przy zbieraniu danych na temat spiekalni.



energy	energia
gas (COG, BF, natural gas)	gaz (koksowniczy, wielkopiecowy, ziemny)
electricity	energia elektryczna
coke and coke breeze	koks i koksik
water	woda
annual consumption	roczne zużycie
own wells/supply	własne studnie/zasilanie
demineralised water	woda zdemineralizowana
auxiliaries	dodatki
compressed air	sprężone powietrze
sinter plant	spiekalnia
raw materials	surowce
products	produkty
iron ores	rudy żelaza
solids and screenings	cząstki stałe i sortowanie
flux material	topniki
limestone	kamień wapienny
lime-, carbon- and iron-containing residues	pozostałości zawierające wapie, węgiel i żelazo
olivine	oliwin
sinter	spiek
waste heat	ciepło odpadowe
off-gas	spaliny
dust, heavy metals, SO ₂ , NO _x , HCL, HF, CO, org C, PAH, PCDD/F, PCB	pył, metale ciężkie, SO ₂ , NO _x , HCL, HF, CO, organiczny C, PAH, PCDD/F, PCB
Production residues (waste/by-products)	Odpady produkcyjne (odpady/produkty uboczne)
sinter dust	pył spiekalniczy
sinter sludge	szlam spiekalniczy
waste water	ścieki
others than cooling water	inne niż woda chłodnicza
direct discharge	bezpośredni odpływ

Rysunek 3.4: Przegląd przepływu masy spiekalni

Jednostkowe wskaźniki wejściowe oraz jednostkowe wskaźniki emisji zostały obliczone dla spiekalni. Tabela 3.2 przedstawia takie dane dla spiekalni w Europie, które w 2004 r. wyprodukowały 91.13 milionów ton spieku.

Tabela 3.2: Surowce do produkcji spieku w UE-25 w 2004 r.

produkcja sortowanego spieku	Jednos tki	Średnia ilość wejściowa
Surowce		
Ruda żelaza	kg/t spieku	813,1
Wewnętrzny spiek zwrotny ⁽¹⁾		250,7
Wapień / dolomit		131,1
Wielkopiecowy spiek		63,0

zwrotny ⁽²⁾					
Materiały zwracane ⁽³⁾					51,8
Inne ⁽⁴⁾					31,4
Dodatki					26,4
Pył z gazów wielkopieczowych ⁽⁵⁾					12,7
Wapno					10,2
Całkowita mieszanina surowców					1390,4
Energia					
		Jednostki	Maksimum	Minimum	Średnia ilość wejściowa
Paliwa:	Paliwo stałe ⁽⁶⁾	MJ/t spieku	1834	1254	1276.6
	gaz koksowniczy/ gaz wielkopieczowy / gaz ziemny		185	35	67.0
Energia elektryczna:	Dla wentylatorów		91	30	39.4
	Energia elektryczna łącznie		155	92	- ⁽⁷⁾
<p>(1) Niewymiarowe produkty spiekania zebrane w ramach procesu spiekania. (2) Niewymiarowy sortowany spiek przed załadowaniem do wielkiego pieca. (3) Materiały z różnych etapów produkcji, w tym odzyskane topniki. (4) Zawiera granulki i bezpośredni wsad sortowanej rudy kawałkowej, niewymiarowy spiek z innych taśm, itp. (5) Pył gruboziarnisty z oczyszczania gazu wielkopieczowego. (6) Np. koksik, antracyt, bez wkładu energetycznego wielkopieczowego pyłu gazowego. (7) Prawdopodobna ilość wejściowa energii elektrycznej nie została określona. Uwaga: Łączny tonaż, na którym oparto dane = 91 130 000 ton, co równa się pomiędzy szacowanymi 79 i 82% całej produkcji spieku w UE-25 w 2004 roku. Dane są prezentowane średnią w perspektywie rocznej (np. g/t spieku). Źródło: Wymiana techniczna Eurofer w zakresie wielkich pieców i spiekalni w 2004 r., oraz dane z dodatkowych zakładów w miarę możliwości. [177, Eurofer 2009 299, Eurofer 2007].</p>					

Tabela 3.3 przedstawia inne dane wejściowe dla pięciu spiekalni w Europie, które w 1999 r. wyprodukowały 52,6 milionów ton spieku.

Tabela 3.3: Dane wejściowe z 1999 r. z pięciu spiekalni w czterech państwach członkowskich UE (Austria, Belgia, Niemcy i Holandia)

Produkcja sortowanego spieku	Jednostki	Maksimum	Minimum
Inne materiały wejściowe			
Woda	m ³ /t spieku	0,35	0,01
sprężone powietrze	Nm ³ /t spieku	3	1,2

Źródło: [200, Commission 2001].

Tabela 3.4 przedstawia emisje z taśmy spiekalniczej dla głównych kominów spiekalni (punkt emisji 3 na Rysunku 3.2). Dane te są wyrażone w jednostkowym ujęciu rocznym (np. g/t sortowanego spieku).

Tabela 3.4: Uśrednione maksymalne i minimalne stężenie emisji gazu odlotowego z taśmy spiekalniczej po redukcji dla produkcji spieku w UE-25 w 2004 r.

Parametr	Jednostki	Maks. wartość	Min. wartość	Liczba wartości	Produkcja spieku objęta danymi (kt)	
Emisje do powietrza						
Przepływ gazu (¹)	Nm³/t spieku	2500	1500			
Pyły (²)	g/t spieku	559,4	40,7	21	94 321	
PM ₁₀ (²)		177,13	66,30 (³)	13	60 385	
As	mg/t spieku	15,0	0,6	15	66 358	
Cd		276,7	0,2	18	77 731	
Cr		125,1	3,6	16	69 140	
Cu		600,5	1,9	16	69 140	
Hg		207,0	0,1	17	72 693	
Mn		539,4	3,4	13	56 612	
Ni		175,6	1,3	17	65 492	
Pb		5661,2	26,1	16	69 140	
Se		120,5	21,8	8	40 598	
Tl		86,6	0,5	12	56 612	
V		158,5	0,6	12	47 156	
Zn		1931,3	2,1	17	75 197	
HCl		g/t spieku	847,6	1,4	18	63 579
HF			8,2	0,4	17	59 129
NO _x (⁴)	1031,2		302,1	21	94 321	
SO ₂	973,3		219,9	21	94 321	
CO	37 000		8 783	19	81 284	
CO ₂ (⁵)	368 000		161533	15	81 326	
Metan	412,5		35,5	12	48 835	
NMVOC	260,9		1,5	15	56 901	
Łącznie WWA (⁶)	mg/t spieku	591,7	0,2	10	40 441	
BaP	mg/t spieku	41,5	0,1	11	41 243	
PCDD/F (⁷)	µg I-TEQ/t spieku	16	0,15	18	74 249	
PCB (⁸)	ng TEQ/t spieku	178,0	24,5	5	13 008	
PCB (⁹)	mg/t LS	13	1	2	-	
Pozostałości produkcyjne (odpady/produkty uboczne)						
Pyły	g/t spieku	3 641,29	171,05	5	23 021	
Osad	g/t spieku	4 492,18	472,73	3	11 341	
Ścieki	m³/t spieku	0,06	0,03	2	7 028	

(¹) Średni przepływ gazu wynosi 2100 Nm³/t spieku.

(²)	Wartości odpowiadają głównym emisjom spiekalni (numer punktu emisji 3 na Rysunku 3.2). Pozostałe emisje pyłów ze spiekalni przedstawiono w Tabeli 3.5.
(³)	Minimalna wartość PM ₁₀ wyższa niż minimalna wartość pyłu wydaje się nienormalna. Wynika to z faktu, że niektóre zakłady dostarczyły niekompletnego zestawu danych (i w związku z tym, zakłady o najniższej wartości PM nie dostarczyły danych o PM ₁₀).
(⁴)	Tlenki azotu w przeliczeniu na NO ₂ .
(⁵)	W przypadku, gdy wykorzystywane są rudy węglanowe, stężenie CO ₂ w gazie odlotowym zwiększa się, tak, że zastosowanie EOS może silnie hamować proces spiekania. Emisje CO ₂ w zakładach, które nie korzystają z rud węglanowych wynoszą średnio od 161 do 368 kg/t spieku, podczas gdy w zakładach, które wykorzystują rudy węglanowe średnia może być nawet dwukrotnie wyższa.
(⁶)	Łączne WWA (Borneff 6).
(⁷)	PCDD wyrażone jako I-TEQ.
(⁸)	PCB wyrażone jako WHO (12) TEQ (PCB 105, 114, 118, 123, 156, 157, 167, 189, 77, 81, 126, 169). Więcej informacji w Aneksie III, punkt 13.3.
(⁹)	Suma wszystkich PCB, obliczona z (XPCB 28+52+101+153+138+180) x 5 (współczynnik 5 zgodnie z [155, UN-ECE Pops 1997]) i przy 2100 m ³ gazu odlotowego/t spieku.
Uwaga: Dane są przedstawione w jednostkowym średnim ujęciu rocznym (np. g/t spieku).	
Źródło: [209, EC 2005 244, Plickert 2007 262, Pütz et al. 1996 299, Eurofer 2007 300, Eurofer 2007 372, Czech TWG member 2008].	

Tabela 3.6 uzupełnia Tabelę 3.4 pokazując zasięgi emisji pyłów do atmosfery z działalności, które mogą generować emisje wtórne, które mogą przyczynić się do emisji niezorganizowanych jeśli nie są skutecznie wychwytywane i oczyszczane przez „system wtórny lub system odpylania pomieszczeń”. Niewychwycone emisje niezorganizowane są wykluczane.

Wtórne systemy odpylające zazwyczaj składają się z układu wydajnego zbierania i oddzielnego układu odpylającego, oprócz głównego systemu odpylania. Mogą one obejmować paleniska, strefy wylotowe z kruszeniem i przesiewaniem spieku i punkty transportowe przenośnika spieku. Sprawdzenie dostępnych danych pokazało, że podział różnych źródeł wtórnych nie zawsze odbywa się jednoznacznie, np. odpylanie chłodnicy jest czasami traktowane oddzielnie, a czasem jest włączone do wtórnych emisji.

Filtry elektrostatyczne lub workowe są tutaj stosowane, a pył jest zwracany do mieszaniny surowców spieku.

Tabela 3.5: Zakresy dla punktowych źródeł emisji do powietrza dla emisji cząstek stałych dla podstawowych operacji indywidualnych w spiekalni (z wyjątkiem głównego komina gazu odlotowego)

Punkt emisji (¹)	Etap spiekania	Pył	PM ₁₀	Pył	PM ₁₀
		g/t spieku		mg/Nm ³	
1	Mieszanie	0,5 - 37,7	5,6 - 18,9	b.d.	b.d.
4	Wtórne odpylanie <ul style="list-style-type: none"> • Strefa wylotowa taśmy • Kruszenie/sortowanie na gorąco • Punkty transportowe przenośnika 	14,5 - 40 (²)	7,7 - 25,1 (²)	7 - 50 (²)	4 - 43 (²)
5	Chłodzenie spieku	14 - 212	1,3 - 42,8	0,6 - 85 (³)	0,6 - 36

(¹) Liczba punktów emisji na Rysunku 3.2.
 (²) Dane te mogą również obejmować emisje z chłodzenia spieku.
 (³) Bez wartości 390 mg/Nm³ w jednym zakładzie.
 Uwaga: b.d. = brak lub zbyt mało danych. Dane za 2004 r.
 Źródło: [300, Eurofer 2007].

Chłodzenie spieku (patrz punkt emisji nr 5 na Rysunku 3.2) odbywa się z bardzo dużą ilością powietrza chłodzącego. Ponieważ zazwyczaj chłodnice nie są w pełni zakryte, pojawiają się emisje niezorganizowane.

Tabela 3.6 zawiera dane dotyczące emisji pyłu z odpylania wtórnego w trzech spiekalniach w UE.

Tabela 3.6: Emisje pyłu z odpylania wtórnego w trzech spiekalniach w UE

zanieczyszczenie	Poziom emisji (¹)	Percentyl		Jednostka	Okres referencyjny
		5 %	95 %		
Odpylanie pomieszczenia spiekalni (punkt emisji 4) (²)					
Pył	3 - 21	5	25	mg/Nm ³	HHAV (c) (³)
Odpylanie strefy wylotowej spieku, kruszarki na gorąco i punktów transportowych przenośnika (punkt emisji 4) (²)					
Pył	19	9.5	32	mg/Nm ³	DAV(⁴)
Odpylanie pomieszczenia spiekalni (punkt emisji 5) (²)					
Pył	17.6	7	24.5	mg/Nm ³	HHAV (c) (³)
<p>(¹) Średnio w roku. (²) Liczba punktów emisji na Rysunku 3.2. (³) HHAV (c) = średnia półgodzinna wartość mierzona w sposób ciągły. (⁴) DAV = średnia wartość dzienna. Uwaga: Tabela obejmuje tylko trzy spiekalnie w UE. Źródło: [244, Plickert 2007].</p>					

3.2.2 Kwestie ochrony środowiska w odniesieniu do procesu produkcji spieku

Jak już podano emisje gazowe ze spiekalni, a w szczególności z taśmy, mają bardzo duże znaczenie dla środowiska. Inną ważną kwestią jest kwestia energii. Punkty 3.2.2.1 do 3.2.2.5 poniżej opisują najistotniejsze kwestie środowiskowe dla spiekalni.

3.2.2.1 Emisje do powietrza

3.2.2.1.1 Emisje pyłów powstających przy dostarczaniu, kruszeniu, sortowaniu i transporcie wsadu spiekalniczego i spieku;

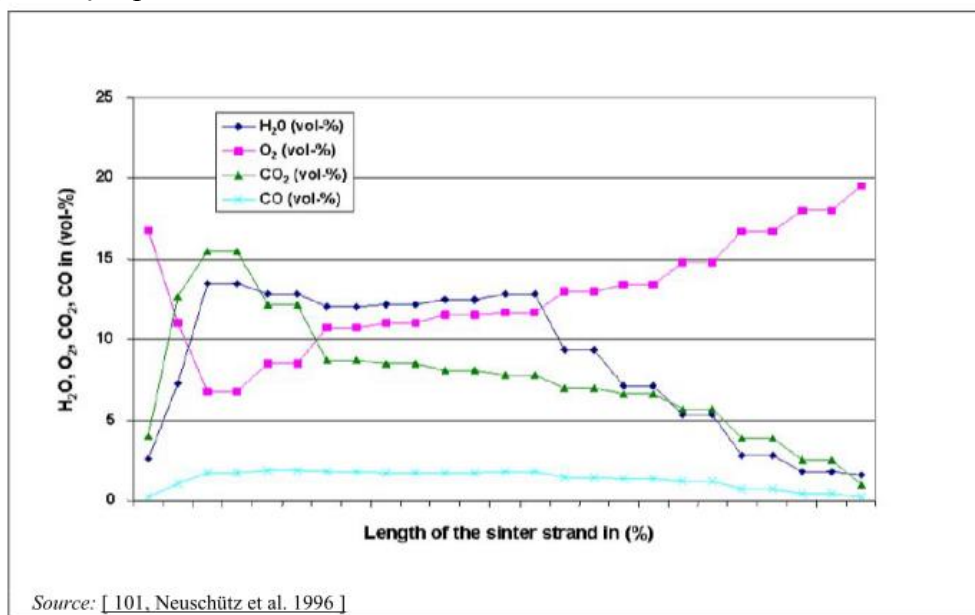
Emisje pyłów (emisje wtórne) następują podczas dostarczania, kruszenia, sortowania i transportu spieku i surowców. Emisje pyłów mogą zostać zmniejszone za pomocą odpowiedniego ograniczania lub usuwania i filtrowania.

3.2.2.1.2 Emisje gazu odlotowego z taśmy spiekalniczej

[101, Neuschütz et al. 1996][215, BSS 2007]

Jak podano w punkcie 3.1.3 i w Tabeli 3.4, przepływ jednostkowy gazu odlotowego jest stosunkowo wysoki (1500 - 2500 Nm³/t spieku). Rysunek 3.5 przedstawia informacje dotyczące ogółem zmieszanych gazów odlotowych z taśmy. Mimo że skład gazów odlotowych odciąganych z poszczególnych skrzyń znacznie się zmienia, wykazuje on pewne charakterystyczne cechy. Rysunek 3.5 przedstawia zawartość CO₂, CO, O₂ i H₂O w gazie odlotowym wzdłuż taśmy spiekalniczej. Te parametry zakłócają również równowagę różnych reakcji. Charakterystyczne wykresy są dostępne również dla temperatury oraz zawartości HCl, SO₂, NO_x i polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów (patrz Rysunek 3.7 i

3.1.4) i możliwe, że zostały sporządzone także dla innych substancji zanieczyszczających. Obecnie niektóre parametry takie, jak CO, CO₂, H₂O, O₂, NO_x i SO₂ mogą być obliczane za pomocą odpowiednich modeli.



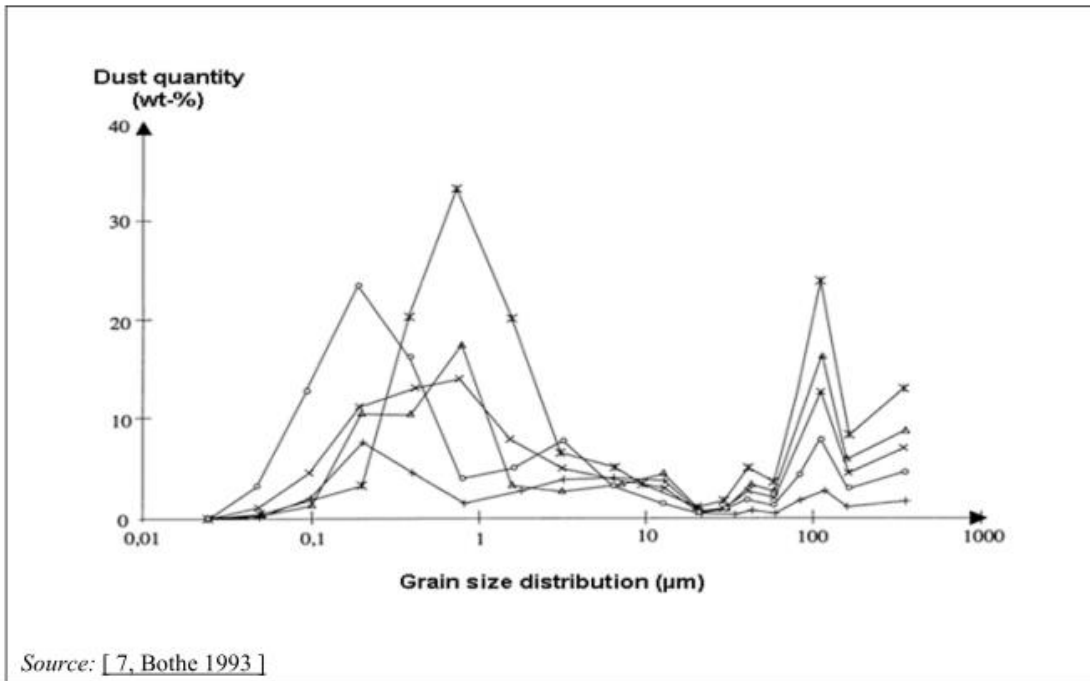
H ₂ O, O ₂ , CO ₂ , CO in (vol-%)	H ₂ O, O ₂ , CO ₂ , CO w (obj.-%)
H ₂ O (vol-%)	H ₂ O (obj.-%)
O ₂ (vol-%)	O ₂ (obj.-%)
CO ₂ (vol-%)	CO ₂ (obj.-%)
CO (vol-%)	CO (obj.-%)
Length of the sinter strand in (%)	Długość taśmy spiekalniczej w (%)

Rysunek 3.5: Typowy profil emisji CO₂, CO, O₂ i H₂O w gazie odlotowym (pojedyncze skrzynie powietrzne) wzdłuż taśmy spiekalniczej

3.2.2.1.2.1 Pył

[7, Bothe 1993] [45, Gebert 1995] [300, Eurofer 2007]

Analiza ilościowa rozkładu wielkości ziarna pyłu z taśmy spiekalniczej przed obniżeniem wykazuje dwie wartości maksymalne; jedna dla pyłu gruboziarnistego (o wielkości ziarna 100 μm) a druga dla drobnoziarnistego (0,1 - 1 μm) (Rysunek 4.6). Obecność tej charakterystycznej „mieszanki pyłu dwuskładnikowego” może być wyjaśniona występowaniem dwóch mechanizmów tworzenia pyłu.



dust quantity (wt-%)	ilość pyłu (ciężar-%)
grain size distribution (µm)	rozkład wielkości ziarna (µm)

Rysunek 3.6: Wielkość ziarna i rozkład ciężaru pyłu z różnych taśm spiekalniczych

Pył gruboziarnisty powstaje na początku taśmy i pochodzi z wsadu spieku i niższej warstwy, podczas gdy drobny pył powstaje w strefie spiekania po całkowitym odparowaniu wody z mieszanki. Skład pyłu gruboziarnistego związany jest ze składem wsadu spieku i może być oddzielany w filtrach elektrostatycznych (ESP) o dużej wydajności. Jednakże drobny pył składa się z chlorków metali alkalicznych i ołowiu powstałych podczas samego procesu spiekania (patrz punkt 3.1.3). Chlorki alkaliczne powodują duży opór właściwy pyłu (pomiędzy 10^{12} i 10^{13} Ω cm) i stąd tworzą warstwę izolującą na elektrodach. Ta warstwa powoduje duże problemy przy usuwaniu pyłu, ponieważ obniża sprawność filtrów. Według opracowania [7, Bothe 1993], chlorki alkaliczne mogą być usuwane jedynie przy średniej sprawności wynoszącej około 60%. Obecność tego drobnego pyłu oznacza, że nawet dobrze zaprojektowane i pracujące tradycyjne filtry elektrostatyczne nie mogą w normalnych warunkach osiągnąć stężenia emitowanego pyłu poniżej 100 - 150 mg/Nm^3 . Obecność tych drobnych cząstek w pyłe sprawia, że konieczne jest stosowanie filtrów workowych lub dobrze utrzymanych filtrów elektrostatycznych z zastosowaniem różnicowania impulsów lub podobnych zaawansowanych technik kontroli, dzięki którym stężenie pyłu może osiągnąć 50 mg/Nm^3 . Dzięki zastosowaniu odpylaczy elektrostatycznych z ruchomą elektrodą (MEEP) można osiągnąć dzienne średnie wartości < 50 mg/Nm^3 . Pod warunkiem, że pył z oczyszczania gazu wielkopiecowego i oddzielony pył bogaty w chlorek z trzeciego i czwartego pola filtrów elektrostatycznych nie zostały zawrócone do taśmy spiekalniczej, można osiągnąć dzienne wartości średnie < 30 mg/Nm^3 .

Chlorki ołowiu zachowują się podobnie do chlorków alkaliów, co powoduje, że stosunkowo wysokie emisje ołowiu z kominów spiekalni mogą utrudniać ograniczanie pyłu. Tabela 3.7 pokazuje zakresy z analizy elementarnej dla pyłu z taśmy spiekalniczej.

Tabela 3.7: Zakresy stwierdzone w ramach elementarnej analizy pyłu spiekalniczego

Parametr	wt-%
Fe (łącznie)	43,7 - 49,9
Cl	2,9 - 25,8
S	0,22 - 4,07
Si	2,73 - 3,62
C	2,9 - 6,12
P	0,01 - 0,24
K	3 - 9,07
Ca	7,55 - 7,83
Al	0,43 - 2,17
Mg	1,01 - 1,04
Zn	0,03 - 0,34
Mn	0,10 - 0,31
Cu	0,005 - 0,17
Cr	0,04 - 0,15
Pb	0,09 - 5,98
Na ₂ O	0,58 - 31,6
Ni	0,003
Cd	0,0009
TiO ₂	0,099
<p>Uwaga: Pył wykorzystywany z filtra elektrostatycznego spiekalni, pracujący w temperaturze 120 - 130 °C i obejmujący trzy pola. Dane pochodzą z pyłu z trzeciego pola. Analiza przez X-fluorescencję i obecność zanieczyszczeń organicznych (TOC).</p> <p>Źródło: [224, Xhrouet 2002] [231, Xhrouet et al. 2002] [234, Poland 2007] [387, Fisher et al. 2005].</p>	

3.2.2.1.2.2 Metale ciężkie

[7, Bothe 1993] [9, Fisher et al. 1998] [87, Medinger et al. 1996] [93, Matzke 1987] [143, UA-OÖ 1998] [299, Eurofer 2007] [300, Eurofer 2007]

Emisje metali ciężkich ze spiekalni mogą mieć duże znaczenie, w szczególności w odniesieniu do ołowiu.

Ołów

Podczas procesu spiekania ołów reaguje na PbO-PbCl₂, PbCl₂ i prawdopodobnie również na PbCl₄. Takie związki ołowiu są stosunkowo lotne i wchodzi w fazę gazową. Ich właściwości (lotność, brak dalszego wzrostu wielkości ziarna, bardzo drobne kryształy PbCl₂) powodują wysokie roczne emisje do 10 g/t spieku w nieoczyszczonych gazach odlotowych (co odpowiada średniemu stężeniu emisji w gazie odlotowym wynoszącemu ok. 3 mg Pb/Nm³, przy przepływie 2100 Nm³/t spieku). Ze względu na jednostkowe charakterystyki pyłu z taśmy spiekalniczej (wysoka zawartość chlorków alkalicznych) efektywność konwencjonalnych filtrów elektrostatycznych nie jest zbyt wysoka w przypadku bardzo drobnych cząstek. Z osadów na liściach wiadomo, że stężenie w powietrzu w obszarze oddziaływania spiekalni może być znacznie wyższe niż w przypadku ogólnych poziomów.

Najbardziej znaczącym czynnikiem w tworzeniu chlorku ołowiu nie jest stężenie ołowiu we wsadzie spiekalniczym (normalnie 40 -100 g Pb/t wsadu spiekalniczego), lecz stężenie chlorku (normalnie 200 - 700 g Cl/t wsadu spieku). W przypadku zawartości chlorku odnotowano również dziesięć razy mniejsze wartości, które mogą pozostawać w korelacji z mniejszymi emisjami ołowiu.

Profil emisji związków ołowiu wzdłuż taśmy spiekalniczej wskazuje, że ulatnianie się ołowiu następuje w pierwszych dwóch trzecich odcinka taśmy.

W wielu spiekalniach w Europie wykorzystywane są zamknięte cykle filtrów pyłowych. Oznacza to, że cały strącony pył z filtru przy zaawansowanym odpylaniu elektrostatycznym jest odzyskiwany na taśmie. W porównaniu z częściowo zamkniętymi cyklami filtrów pyłowych (pył z ostatniego pola filtru elektrostatycznego, który zawiera głównie alkalia i chlorki metalu, jest przekazywany na hałdy) zakłady pracujące w cyklu zamkniętym mają większe emisje alkaliów i chlorków metali. W tym kontekście patrz także wyniki pomiarów w punkcie 3.2.2.1.2.1 – na podstawie [326, Buchwalder, J. et al 2008] – z odzyskiwaniem pyłu i bez. W zależności od zawartości fluorków we wsadzie spieku, mogą również powstawać fluorki ołowiu. Są one jeszcze bardziej lotne i również oddziałują na całkowite emisje ołowiu.

Rtęć

Rtęć przechodzi w fazę gazową bezpośrednio podczas procesu spiekania. Poziomy emisji zależą od zawartości rtęci we wsadzie spiekowym, ale są zwykle bardzo niskie. W przypadku niektórych rodzajów rudy żelaza (np. FeCO_3), ilości emisji rtęci mogą być znaczne. W takim przypadku odnotowano emisje na poziomie 15 - 54 $\mu\text{g Hg}/\text{nm}^3$ lub 0,1- 207 mg Hg/t spieku, przy zastosowaniu dobrze zaprojektowanych i funkcjonujących filtrów elektrostatycznych oraz układu drobnego mokrego odpylania, jako technik obniżania zanieczyszczeń. Takie emisje mogą prowadzić do znacznie większych stężeń (np. określonych z osadów na liściach drzew) w obszarze oddziaływania spiekalni [299, Eurofer 2007].

Cynk

Zawartość cynku we wsadzie spiekowym wynosi zwykle 70 - 200 g Zn/t wsadu spieku. Przy wyższych temperaturach w strefie spalania/wypalania/utleniania (patrz Rysunek 4.3) cynk odparowuje, ale zaraz potem reaguje tworząc ferryt cynku, który albo pozostaje w spieku lub może być usunięty przy użyciu dobrze zaprojektowanych i funkcjonujących filtrów elektrostatycznych o dużej skuteczności. Temperatura podczas procesu spiekania, która jest uzależniona głównie od zawartości koksu w mieszance, może mieć istotny wpływ na ulatnianie się cynku.

Zawartość cynku w surowym gazie może wynosić do 50 mg Zn/Nm³ lub 100 g Zn/t spieku. Oczyszczone gazy odlotowe mogą zawierać między 2 a 1930 mg Zn/t spieku, co odpowiada średniemu stężeniu emisji między 0,001 a 0.92 mg/m³.

3.2.2.1.2.3 Chlorki alkaliczne

[93, Matzke 1987]

Zawartość alkaliów we wsadzie spiekowym zwykle waha się od 600 do 1000 g K₂O/t wsadu spieku i 250 - 500 g Na₂O/t wsadu spieku. W niektórych przypadkach, w zależności od jakości rudy, stwierdza się do 3000 g K₂O/t wsadu spieku. Tworzenie się chlorków alkalicznych podczas procesu spiekania i ich szkodliwe oddziaływanie na skuteczność filtru elektrostatycznego została już wyjaśniona powyżej (patrz punkt 3.2.2.1.2.1). Tabela 3.8 pokazuje informacje o zawartości chlorków rozpuszczalnych w niektórych materiałach wsadu spieku.

Tabela 3.8: Zawartość rozpuszczalnych chlorków w materiałach wsadu spieku

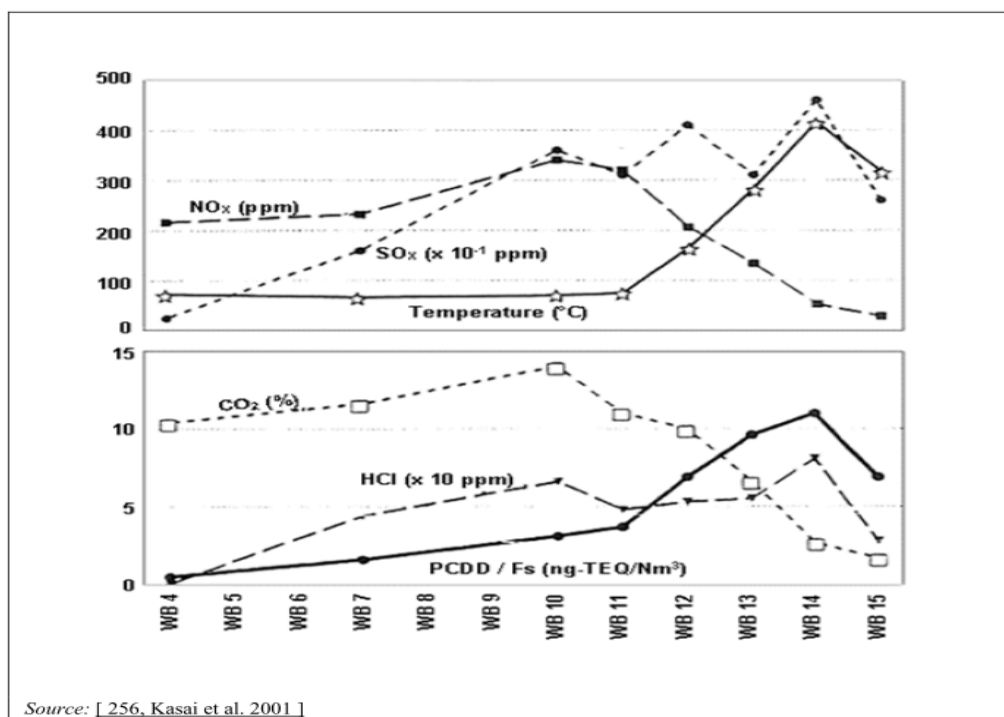
Material	Zawartość rozpuszczalnych chlorków (mg/kg)
Rudy żelaza	27 - 159
Topniki	51 - 125
Materiały zwrócone	22 - 3 800
Pył z ESP	2500 - 34074
Paliwa	78 - 629

Źródło: [387, Fisher et al. 2005].

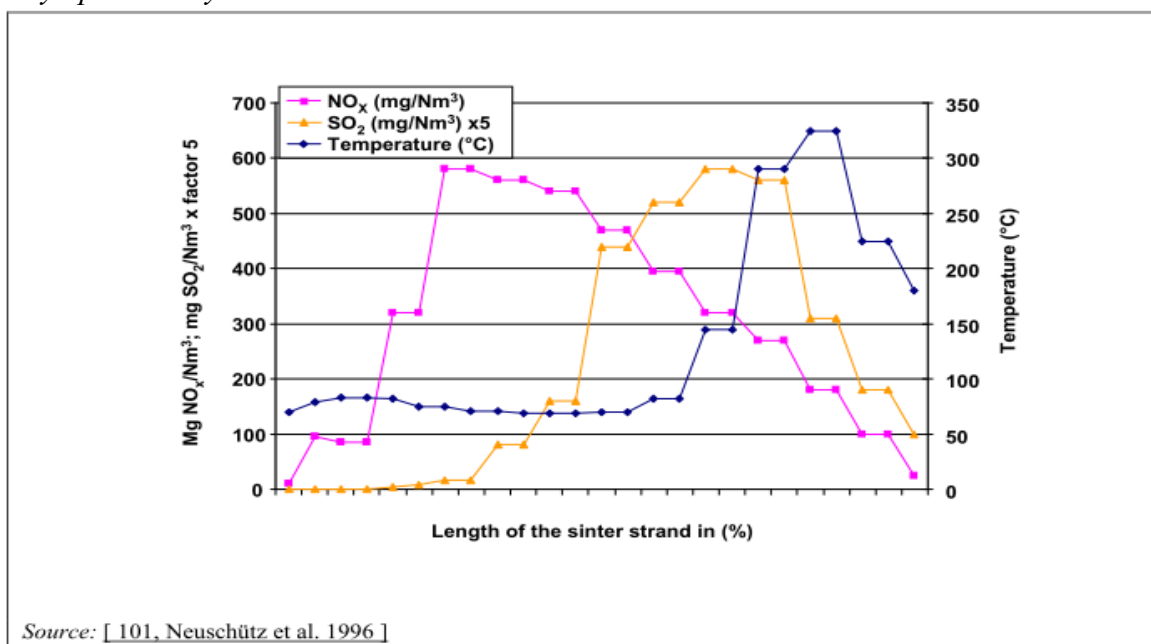
3.2.2.1.2.4 Tlenki siarki (SO_x)

[4, Beer et al. 1991] [7, Bothe 1993] [65, InfoMil 1997] [200, Commission 2001] [256, Kasai et al. 2001] [263, Kasai et al. 2001] [300, Eurofer 2007]

Tlenki siarki (głównie SO₂) w gazach odlotowych pochodzą ze spalania związków siarki we wsadzie spiekowym. Te związki siarki są wprowadzane głównie przez koksik. Z rudy żelaza pochodzi zwykle dziesięć razy mniej tych związków niż z koksiku. Całkowita ilość siarki wejściowej zmienia się między 0,28 – 0,81 kg/t spieku. Stężenie emisji dla SO₂ zwykle wynosi 200 - 1000 mg SO₂/t spieku (co odpowiada średniemu stężeniu emisji gazów odlotowych wynoszącemu od 95 do 480 mg/Nm³ w oparciu o przepływ gazu odlotowego 2100 Nm³/t spieku). Profil emisji wzdłuż taśmy spiekalniczej wyraźnie zmienia się, wykazując znaczne różnice w stężeniu SO₂ na poszczególnych skrzyniach (rysunek 3.7 i 3.8). Podobne emisje stwierdzono w niedawno przeprowadzonych badaniach [200, Commission 2001] [256, Kasai et al. 2001] [263, Kasai et al. 2001].



Rysunek 3.7: Rozkład temperatury i stężenie związków gazowych w gazach odlotowych ze skrzyń powietrznych

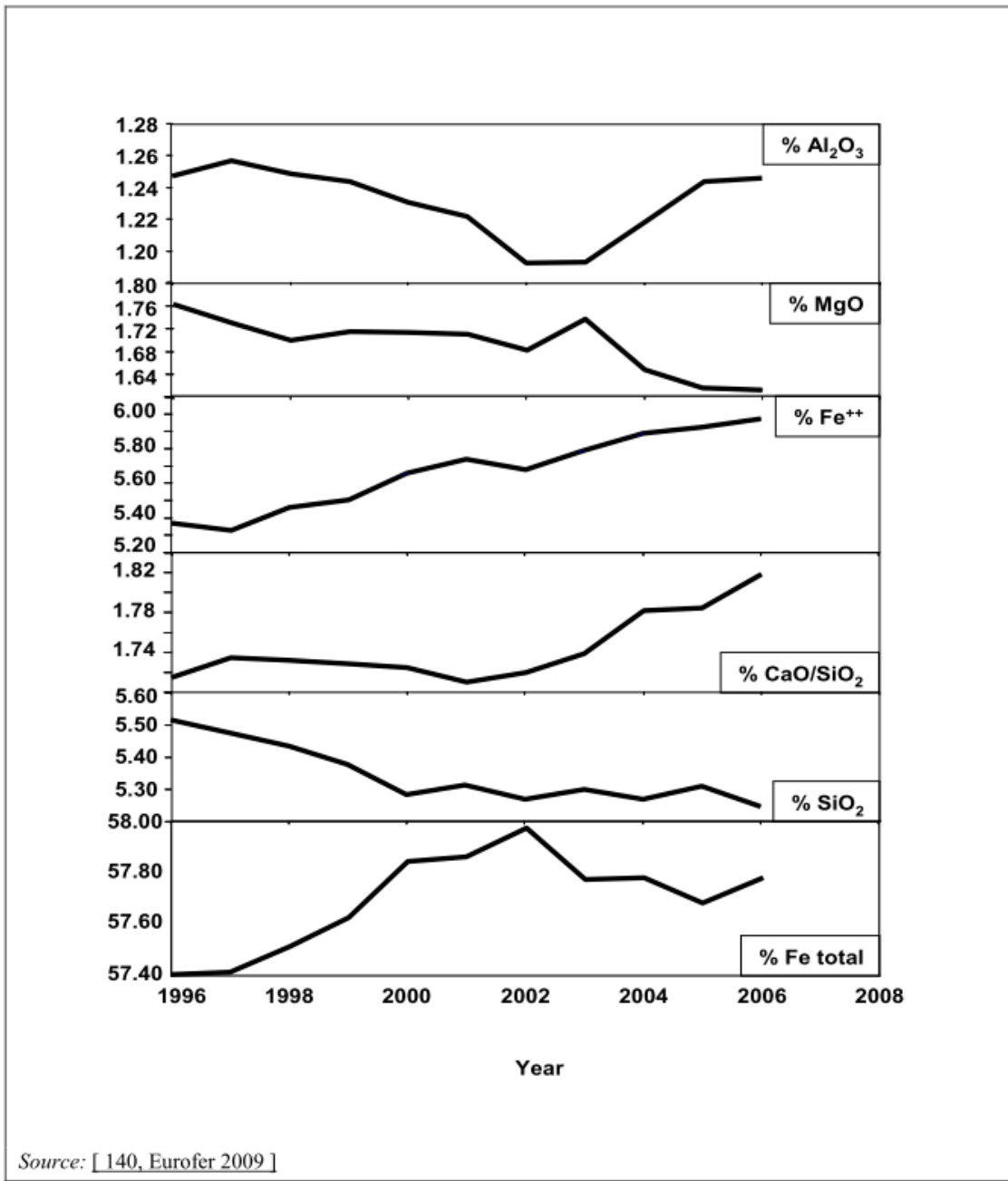


Mg Nox/Nm³; mg So2/Nm³ x factor 5	Mg Nox/Nm³; mg So2/Nm³ x mnożnik 5
Temperature	Temperatura
Length of the sinter strand in (%)	Długość taśmy spiekalniczej w %

Rysunek 3.8: Typowy profil emisji SO₂ i NO_x w gazach odlotowych (poszczególne skrzynie) i wykres temperatury wzdłuż taśmy spiekalniczej

Na początku taśmy zawartość SO₂ jest niska. Dopiero, kiedy osiągnięte zostają wyższe temperatury w dolnych warstwach spieku, emisje wyraźnie wzrastają. Największe stężenie występuje na końcu taśmy zanim rozpocznie się schładzanie spieku. Taki profil emisji może, gdy jest to wymagane, stwarzać możliwość oczyszczania jedynie części gazów odlotowych (patrz np. zintegrowana technika częściowego odzyskiwania gazu odlotowego w punkcie 3.3.5.2).

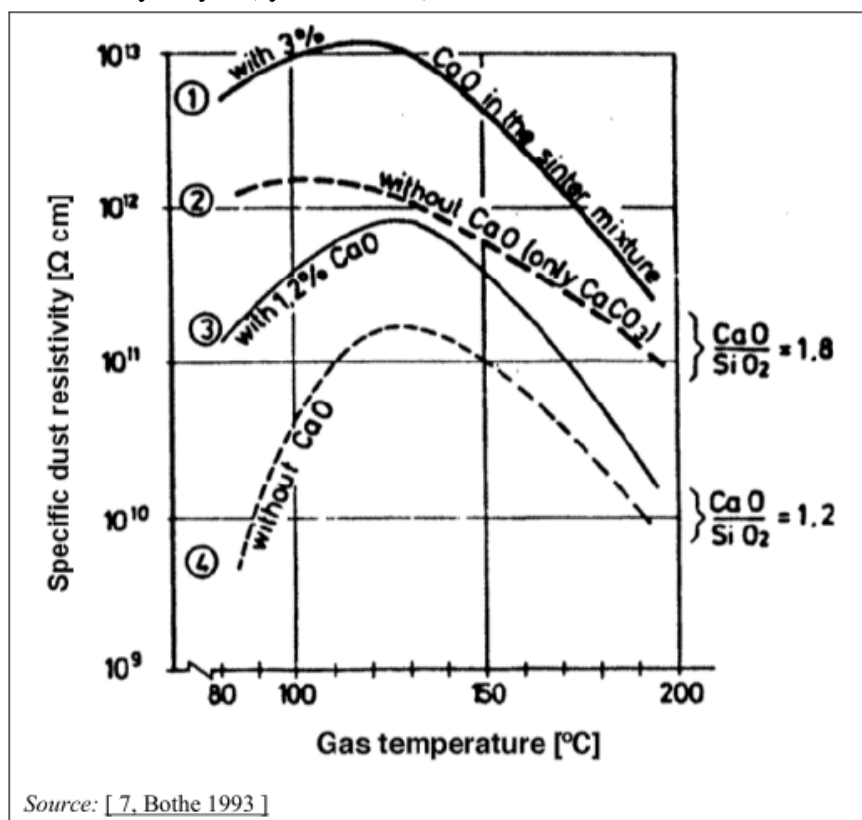
Wyżej wymienione emisje SO₂ są osiągnięte przez zastosowanie surowców o niskiej zawartości siarki i przez ograniczanie zużycia koksiku jako paliwa dla taśmy spiekalniczej. Podczas gdy we wczesnych latach osiemdziesiątych powszechnie stosowano koksik w ilościach około 80 kg/t spieku, w 2009 było to 39 - 64 kg/t spieku (patrz Tabela 3.3). Oprócz zawartości siarki w surowcach występują także inne czynniki, które wpływają na ilość emitowanego SO₂. Jednym z nich jest stopień absorpcji siarki w spieku. Zależy on od zasadowości wsadu spieku. Przy zasadowości do 1, więcej niż 90% siarki ulatnia się. Ten procent obniża się przy zasadowości powyżej 1,5. Przy alkaliczności wynoszącej 2, uwalnia się 80 - 90 % siarki. Rysunek 3.9 pokazuje średni ważony skład spieku dla zakładów uczestniczących w wymianie danych Europejskiego Komitetu ds. Wielkich Pieców, reprezentujących około 100 milionów ton spieku rocznie. Zasadowość spieku wzrosła średnio do 1,8 od 2000 r., aby uzyskać samożużlający się wsad i jest to typowe dla wszystkich krajów Europy. Wpłynęło to na obniżenie emisji SO₂, aczkolwiek nieznacznie. Ponadto absorpcja siarki przez spiek o wysokiej zasadowości jest możliwa jedynie wtedy, gdy węglan wapnia CaCO₃ jest stosowany jako alkalia zamiast MgCO₃.



% Fe total	% całkowitego Fe
Year	Rok

Rysunek 3.9 Średni ważony skład spieku dla zakładów uczestniczących w wymianie danych Europejskiego Komitetu ds. Wielkich Pieców.

Nieznaczny dodatni wpływ CaCO_3 na emisję SO_2 jest równoważony przez jego niekorzystny wpływ wynikający ze zwiększonej oporności właściwej pyłu spowodowanej wyższą zasadowością, prowadząc do obniżenia skuteczności usuwania pyłu w filtrze elektrostatycznym (rysunek 3.10).



Specific dust resistivity	Opór właściwy pyłu
gas temperature	temperatura gazu
with 3%	z 3%
CaO in the sinter mixture	CaO w mieszaninie spieku
without CaO (only CaCO_3)	bez CaO (tylko CaCO_3)
with 1.2% CaO	z 1,2% CaO
without CaO	bez CaO

Rysunek 3.10: Wpływ alkaliczności spieku (CaO/SiO_2) na oporność właściwą pyłu

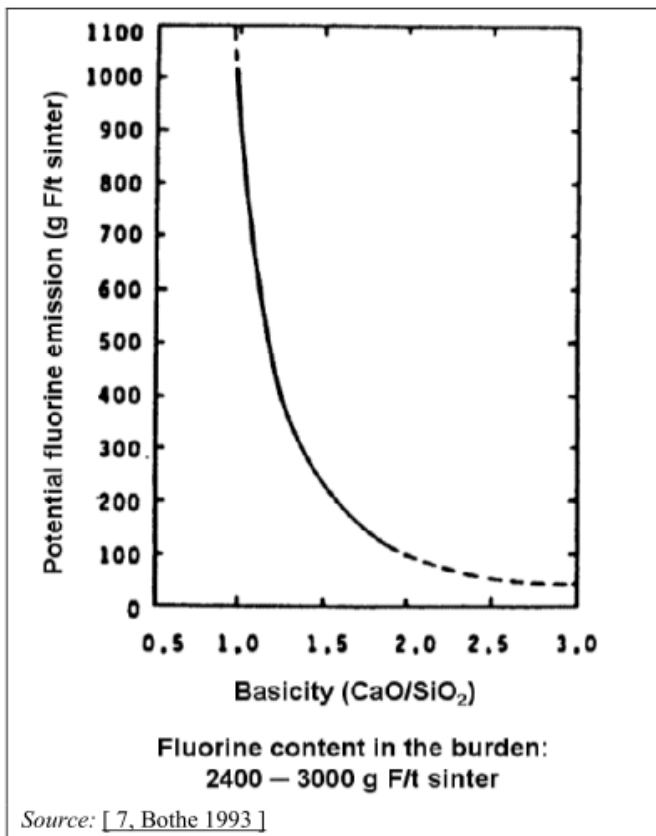
Rozkład wielkości ziaren koksiku ma znaczący wpływ na emisję SO_2 . Stosowanie grubszego koksiku (5 - 6 mm), zamiast normalnych rozmiarów ziaren (<3 mm) może znacznie zmniejszyć emisję SO_2 . Z drugiej strony stosowanie grubszego koksiku może pogorszyć wydajność, a tym samym zwiększyć zużycie paliwa, co eliminuje pozytywny wpływ na emisję SO_2 . Odnotowano przykład, gdzie emisje SO_2 wynoszące około $800 \text{ mg SO}_2/\text{Nm}^3$ wykorzystujące drobny koksik (1 mm) zostały zmniejszone do $500 \text{ mg SO}_2/\text{Nm}^3$ po zastosowaniu grubszego koksiku (6 mm).

3.2.2.1.2.5 Fluorki

[300, Eurofer 2007]

Emisje fluorków zależą głównie od zawartości fluorku w rudzie i od zasadowości wsadu spiekowego. Ruda bogata w fosfor zawiera znaczące ilości fluorków (1900 - 2400 części na milion). W Europie takie rodzaje rudy są zasadniczo wydobywane i eksportowane ze Szwecji. Jak widać na Rysunku 3.11, emisje fluorku zależą w znacznym stopniu od

zasadowości wsadu spiekowego. Zwiększanie zasadowości wsadu spiekowego doprowadziło do znacznego obniżenia emisji fluorku. Jak wspomniano powyżej, wadą wsadu spieku o wysokiej zasadowości jest powstawanie pyłu o wyższej właściwej oporności (patrz rysunek 3.11). Według tabeli 3.4 emisje fluorowodoru wynoszą 0,4 – 8,2 g F/t spieku średnio w roku lub 0,2 – 4,3 mg F/Nm³ przy 2100 Nm³/t spieku średnio w roku.



Potential fluorine emissions (g F/t sinter)	potencjalne emisje fluorku (g F/t spieku)
Basicity (CaO/SiO ₂)	zasadowość (CaO/SiO ₂)
Fluorine content in the burden: 2400 – 3000 g F/t sinter	zawartość fluorku we wsadzie: 2400 – 3000 g F/t spieku

Rysunek 3.11: Związek pomiędzy alkalicznością nadawy spieku a emisją fluorku

3.2.2.1.2.6 Tlenki azotu (NO_x)

[7, Bothe 1993] [65, InfoMil 1997] [387, Fisher et al. 2005]

Temperatury strefy spiekania w warstwie spieku w sposób nieunikniony powodują tworzenie się tlenków azotu NO_x. Takie tlenki azotu NO_x mogą powstawać na trzy sposoby: spalanie związków organicznych zawierających azot znajdujących się we wsadzie spiekowym („paliwowe - NO_x”); reakcja składników rozpadu z azotem cząsteczkowym (N₂) w strefie spalania („natychmiastowy - NO_x”); i reakcja tlenu cząsteczkowego (O₂) z azotem cząsteczkowym przy spalaniu powietrza („termiczny - NO_x”). Paliwowe NO_x może być najważniejsze, stanowiąc około 80% całości, aczkolwiek termiczny NO_x może być dominujący w 60-70%. W tabeli 3.4 podano wskaźniki emisji wynoszące od 302 – 1031 g NO_x/t spieku, co oznacza, że stężenie wynosi 143 – 491 mg NO_x/Nm³ przy 2100 Nm³/t spieku. Odnotowano stężenie emisji wynoszące do 700 mg NO_x/Nm³, głównie w odniesieniu do zawartości azotu w paliwach.

Kiedy stężenie NO_x jest określone w poszczególnych skrzyniach można zauważyć, że emisje NO_x nie są równomiernie rozmieszczone wzdłuż taśmy spiekalniczej. Jednak w porównaniu z SO₂, różnice nie są tak istotne (Rysunek 3.7).

Doświadczenia z taśmą spiekalniczą wskazują się, że tlenki azotu w gazach odlotowych składają się głównie z NO. Ponadto stwierdzono, że w sytuacjach, w których przepuszczalność złoża spieku zmniejszyła się nastąpiło zwiększenie czasu kontaktu pomiędzy powietrzem a złożem co ułatwia tworzenie się NO_x.

3.2.2.1.2.7

Pozostałe związki nieorganiczne

[229, Green 2004]

Istnieją doniesienia, że emisje HCN w spiekalniach mogą być dość wysokie. W spiekalni w Belgii, gdzie stosuje się antracyt jako paliwo, zaobserwowano emisje HCN wynoszące ok. 1646 kg/rok. W australijskiej hucie żelaza produkującej 5 mln ton surowej stali rocznie, emisje HCN ze spiekalni odnotowano na poziomie 1500 kg/rok w latach 2004 - 2005 i 2375 kg/rok w latach 2006 - 2007. Emisje jednostkowe wynoszą około 0,4 g/t spieku. Zmierzone odpowiednie stężenia masowe wynoszą 0,17 i 0,2 mg/Nm³. Warto wspomnieć, że oba zakłady stosują antracyt głównie jako paliwo lub w celu zmniejszenia emisji NO_x, nawet jeśli możliwy wpływ na wytwarzanie HCN nie jest jasny.

Z drugiej strony, dwa pomiary wykonane w spiekalniach w Austrii i w Niemczech pokazały zupełnie odmienne wyniki. Stężenie masowe, w każdym przypadku, wynosiło <0,02 mg/Nm³, czyli było w granicach wykrywalności. Stwierdzono również że stężenia masowe HCN w holenderskim zakładzie i w zakładzie spiekalniczym w Belgii wykorzystujących znaczne ilości antracytu, były zawsze poniżej granicy wykrywalności.

Wyniki te wydają się być sprzeczne. Ponieważ nie jest jasne, w jaki sposób HCN może powstawać podczas spiekania w panujących warunkach utleniania, zaleca się przeprowadzanie analiz i badań wyjaśniających [128, Sporenberg 2006] [380, Voestalpine Linz 2008].

3.2.2.1.2.8 *Węglowodory*

[7, Bothe 1993] [45, Gebert 1995] [112, Pütz 1997] [300, Eurofer 2007]

Emisje węglowodorów składają się głównie ze związków powstających z pirolizy i niekompletnego spalania surowców zawierających węgiel. Pozostałości zawierające olej są głównymi źródłami emisji węglowodorów z taśm spiekalniczych. Na przykład, w wyjątkowych okolicznościach, zgorzelina walcownicza może zawierać do 10% oleju [45, Gebert 1995]. Dlatego przed zawróceniem do procesu spiekania konieczna jest wstępna obróbka aby spełnić standardy wewnętrzne. Większość hut o zintegrowanym cyklu produkcyjnym wdrożyła wewnętrzne normy dotyczące zawartości oleju w pozostałościach odzyskiwanych na taśmie spiekalniczej (niektóre < 0,1%, niektóre, 0,5%, a inne < 1%), aby uniknąć problemów eksploatacyjnych filtru elektrostatycznego (tworzenie się zgorzeli, spalanie żarzeniowe) oraz by zminimalizować emisje. W ten sposób zawartość oleju w mieszaninie surowców dla taśmy spiekalniczej powinna wynosić <0,1%.

Emisje węglowodorów są wynikiem odparowania zanim strefa utleniania/spopielania osiągnie najniższe warstwy złoża spieku (patrz Rysunek 3.3). Emisje te zawierają metan, związki alifatyczne, fenole, olefiny i związki aromatyczne. Z danych zestawionych w Tabeli 3.4, można zauważyć, że emisje niemetaanowych lotnych związków organicznych (NMVOC) wynoszą między 1,5 a 260 g C/t spieku, wyrażone jako średnia roczna (co odpowiada stężeniu emisji w gazach odlotowych około 0,7 - 120 mg/Nm³, na podstawie szybkości przepływu gazów odlotowych wynoszącej 2100 Nm³/t spieku). Zakres emisji metanu wynosi od 35 do 420 g/t spieku, wyrażony jako średnia roczna (co odpowiada średniemu stężeniu emisji w gazach odlotowych około 17 - 200 mg/Nm³, na podstawie natężenia przepływu gazów odlotowych wynoszącego 2100 Nm³/t spieku).

W jednej z belgijskich spiekalni produkującej 3186 Mt spieku rocznie, stwierdzono emisje benzenu wynoszące około 28 176 kg/rok. Jednostkowy poziom emisji wynosi 8,84 g/t spieku, a odpowiednie stężenie masowe wynosi 2,91 mg/Nm³. Zakład ten wykorzystuje antracyt jako paliwo. W australijskim zakładzie gdzie antracyt jest stosowany w celu zmniejszenia emisji NO_x, stwierdzono emisje benzenu wynoszące 3600 kg/rok w latach 2004–2005, co odpowiada stężeniu 0,35 mg/Nm³ dla huty produkującej 5 mln ton surowej stali rocznie. Czynniki wpływające na emisję benzenu nie są jasne, ale mogą one być związane z bardzo lotnymi materiałami w mieszaninie surowców. Konieczne mogą być dalsze badania.

3.2.2.1.2.9 Polichlorowane dibenzodiodksyny/dibenzofurany (PCDD/F)

[224, Xhrouet 2002] [230, Brouhon et al. 2001] [258, Kuzuhara et al. 2003] [259, Kasama et al. 2006] [300, Eurofer 2007]

Tabela 3.4 przedstawia zakres emisji polichlorowanych dibenzodiodksyn/dibenzofuranów ze spiekalni (0,15 - 14,64 µg I-TEQ/t spieku), wyrażony w średnim ujęciu rocznym, z większością zakładów w przedziale 0,2 do 6,0 µg I-TEQ/t spieku. Emisje te odpowiadają typowym stężeniom emisji w gazach odlotowych wynoszącym 0,07 - 2,86 ng I-TEQ/Nm³ (na podstawie natężenia przepływu gazów odlotowych wynoszącego 2100 Nm³/t spieku).

To jasno wskazuje, że spiekanie jest głównym źródłem emisji polichlorowanych dibenzodiodksyn/dibenzofuranów zintegrowanych hutach. Spiekanie jest przedmiotem licznych badań przeprowadzanych w celu stwierdzenia w którym miejscu procesu i w jakich warunkach powstają emisje polichlorowanych dibenzodiodksyn/dibenzofuranów. Celem badań było lepsze zrozumienie, w jaki sposób można zapobiegać emisjom polichlorowanych dibenzodiodksyn/dibenzofuranów oraz jakie ewentualne techniki ograniczania powinny być stosowane i na jakim etapie byłyby najbardziej skuteczne. Inną kwestią było określenie, które emisje kongenerów polichlorowanych dibenzodiodksyn/dibenzofuranów występują razem z emisjami polichlorowanych dibenzodiodksyn/dibenzofuranów.

Ogólny mechanizm tworzenia polichlorowanych dibenzodiodksyn/dibenzofuranów w procesie spiekania jest złożony i prawdopodobnie uwzględnia wkłady różnych procesów formowania występujących w różnych położeniach w złożu ze względu na ich pionowe i podłużne rozkłady temperatury, które tam występują.

Te procesy powstawania mogą obejmować kondensację cząsteczek prekursorowych i syntezę de novo. Interwencja cząsteczek prekursorowych jest łatwa do przewidzenia dla polichlorowanych dibenzodiodksyn z potencjalnymi prekursorami w postaci chlorofenoli lub eterów chlorodwufenyli, oraz z polichlorowanymi bifenyłami jako prekursorami dla polichlorowanych dibenzofuranów.

Synteza de novo następuje dla makrostrukturalnego węgla w atmosferze utleniającej w stosunkowo niskich temperaturach. Właściwości niewielkiej ilości pozostałych cząstek węgla lub „sadzy”, która jest zawieszona w gazie odlotowym i chlorkach metali, wydają się mieć ogromny wpływ na tworzenie się polichlorowanych dibenzodiodksyn/dibenzofuranów.

Tworzenie się polichlorowanych dibenzodiodksyn/dibenzofuranów wymaga różnych składników. [224, Xhrouet 2002], [255, Kasai et al. 2001], [263, Kasai et al. 2001], [266, Kawaguchi et al. 2002], [300, Eurofer 2007] i [387, Fisher et al. 2005] podają dalsze informacje na temat sposobów w jakie różne związki przyczyniają się do budowania polichlorowanych dibenzodiodksyn/dibenzofuranów funkcjonujących jako prekursorzy. Aby wyjaśnić procesy formacyjne i wymagania prekursorów, a następnie odpowiednie techniki ograniczania emisji, przeprowadzono wiele badań, z których najważniejsze wyniki zawarto w poniższej liście:

- węglowodory: rudy zazwyczaj zawierają niewielkie ilości substancji organicznych. Głównym źródłem materiału organicznego są materiały zwracane, np. zgorzeliny walcownicze, które mogą zawierać olej [257, Kawaguchi et al. 2002]. Jak stwierdzono,

charakter koksu ma niewielki wpływ na wysokość globalnych ilości polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów. Wydaje się mieć wpływ jedynie na rozkład izomerów. Ogólnie należy stwierdzić, że bezpośrednia zależność ilości substancji organicznych jest związana z pojawieniem się LZO, a to ma silny związek ze stężeniem polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów.

- chlor: zawartość części lotnych Cl (np. NaCl, KCl, CaCl₂) i materii organicznej jest skutecznym czynnikiem pojawiania się polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów [257, Kawaguchi et al. 2002]. Źródłami chloru są rudy zawierające chlorki i organiczne chlorki, np. w tworzywach sztucznych. Całkowita zawartość chlorków w rudach żelaza wynosi 12 - 720 ppm [266, Kawaguchi et al. 2002]. Zawartość chlorków w wapieniu i innych topnikach jest w tym samym zakresie. Materiały zwracane wykazywały największe różnice w zawartości chlorku z pyłów spalinowych wynoszącej 1000 do 5000 części na milion. Koksik zazwyczaj ma stosunkowo niskie zawartości chlorków. Korelacje zostały opisane w [255 Kasai et al. 2001], [263, Kasai et al. 2001], [387, Fisher et al. 2005]
- katalizatory metaliczne: katalizatory metaliczne, takie jak Cu i Fe, może występować w minerałach i w koksie. Zakres składów rud żelaza podano w [266, Kawaguchi et al. 2002]. Tak więc zakres dziesięciu różnych rud żelaza, dla miedzi wynosi od 10 do 70 części na milion, a dla żelaza między 57,2 i 67,9% wt-%.
- chlorofenole i polichlorowane bifenylole: są to zasadniczo prekursorzy dla powstawania polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów i związki te wydają się dominować w emisjach ze spiekalni (i w emisjach z innych źródeł spalania). Są one stosunkowo lotne i mogą być odpędzane przed strefą spalania ze względu na to że złożę spieku ogrzewane jest gazowymi produktami spalania. Niektóre badania wykazały, że stężenia całkowitych polichlorowanych bifenyli w koksiku i rudach żelaza wynoszą około 1 do 1,6 mg/kg, a obliczenia dla jednej spiekalni wskazały na potencjalny wsad polichlorowanych bifenyli w ilości 0,85 mg/kg produktu spieku, co w związku z tym potencjalnie stanowi znaczące źródło cząsteczek prekursora z tego co może być uważane za naturalne źródło.
- sadze: mogą być zawieszane w gazach odlotowych, mogą mieć niedoskonałą strukturę krystaliczną i mogą zawierać zarówno chlorki jak i elementy katalityczne
- polichlorowane dibenzodioskyn/dibenzofurany w zwrotach może również przyczynić się do tworzenia polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów w gazach odlotowych. Zawartość polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów w niektórych surowcach, materiałach mieszanych i w wytwarzanym spieku została przedstawiona w Tabeli 3.9. Nawet gdy są one niszczone na taśmie spiekalniczej podczas rozkładu, powstające związki mogą przyczynić się jako prekursorzy do syntezy de novo.

Tabela 3.9: Stężenia polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów w surowcach, materiałach mieszanych i w wytwarzanym spieku

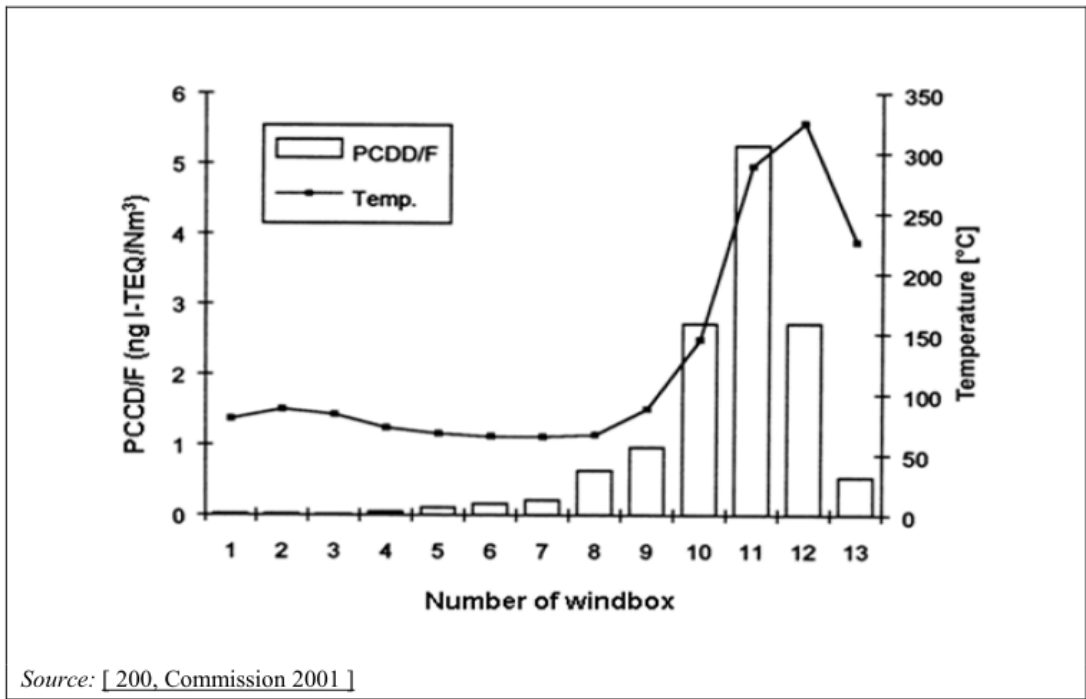
Materiał	PCDD		PCDF		PCDD/F	
	(ng/g)	(ng-TEQ/g)	(ng/g)	(ng-TEQ/g)	(ng/g)	(ng-TEQ/g)
Suchy pył z ESP	4,0 - 45,1 (¹)	1,90	24 - 87,2 (¹)	14,4	28 - 52	16,3 (¹)
Pył wielkopieczowy	0,2		0,18		0,37	
Zgorzelina walcownicza	0,064		0,084		0,15	

Koks	0,04		0,07		0,11	
Zwrot rudy	0,027		0,016		0,043	
Mieszanina	0,033		0,12		0,15	
Wytworzony spiek	0,004		0,0008		0,005	
Mieszanina granulatu ⁽²⁾	0,053		0,082		0,13	

⁽¹⁾ Pył z ESP w spiekalni, pracującej w temp. 120 - 130 °C z trzema polami.
⁽²⁾ Charakterystyka spiekalni: produkcja suchego spieku w ilości 10 000 t/dzień; efektywna powierzchnia spiekania 330 m², grubość warstwy 670 mm; skrzynie powietrzne: 21. Mokre surowce (t/dzień): rudy żelaza 7660; wapień 1090; wapno palone: 170; koks: 410; spiek zwrotny: 1770; pył: 390; zgorzelina walcownicza: 470; serpentyn: 310; inne: 1300.
Uwaga: Charakterystyka spiekalni: produkcja suchego spieku 9600 t/d, mokre rudy mieszane (zawierające pyły 4%, żużel LD 4%, zgorzelina walcownicza 2%, inne 4%): 10 200 t/d, mokry wapień: 560 t/dzień, mokre wapno palone: 120 t/dzień, mokry koks: 310 t/dzień, suchy spiek zwrotny: 620 t/dzień, żużel niklowy: 70 t spieku/dzień, mieszanie wody: 230 m³/dzień). Efektywna powierzchnia spiekania: 210 m², grubość warstwy: 660 mm, liczba skrzyń powietrznych: 15.
Źródło: [224, Xhrouet 2002] [256, Kasai et al. 2001] [263, Kasai et al. 2001].

Temperatury w rurach ssących są idealne dla syntezy de novo. Niektóre odcinki rur ssących posiadają odpowiednie temperatury (250 i 450 °C zmierzone; patrz Rysunek 3.12). Reakcje „de novo” może pojawić się na cząstkach lub w cząstkach, unieruchomionych w wewnętrznej części rury ssącej lub rury powietrza spiekalniczego w układzie oczyszczania.

Podstawowe kryteria, niezbędne do syntezy de novo polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów, są następujące: struktura węgla stałego o niedoskonałej lub zdegenerowanej strukturze grafitowej, nieorganiczny chlor, jony miedzi lub żelaza, atmosfera utleniająca i temperatura w zakresie od 250 do 450 °C. Większość z tych kryteriów może zostać spełnione w złożu spieku i w skrzyniach. W związku z tym znaczna część polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów jest wytwarzana w procesie spiekania poprzez syntezę de novo. Oczywiście, badania przeprowadzone do 2009 r. sugerują, że tworzenie polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów następuje głównie w złożu spieku, a nie na dalszych etapach w systemie gazów odlotowych, jak zazwyczaj ma to miejsce w spalarniach odpadów.



number of windbox	numer skrzyni powietrznej
temperature	temperatura

Rysunek 3.12: Profil polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów i temperatury w gazach odlotowych wzdłuż taśmy spiekalniczej

Dowody potwierdzające powstawanie polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów w złożu spieku są następujące: pod taśmą spiekalniczą znajdują się skrzynie, które są podłączone do głównego rurociągu przez rury pomocnicze. Profil emisji masowych ze skrzyń i rur pomocniczych jest najwyższy wokół punktu przepalenia na taśmie (Rysunek 3.7).

Może to być związane z tym, że temperatura spalin również kształtuje się zgodnie z podobną tendencją, a potencjał do syntezy de novo występującej w skrzyniach i rurach pomocniczych jest największy w tym punkcie taśmy. Jednak, polichlorowane dibenzodioksyny/dibenzofurany są obecne we wcześniejszych skrzyniach i rurach, gdzie temperatury są poniżej optymalnego zakresu dla syntezy de novo. Tak więc, powszechnie akceptowany wyjaśnieniem profilu skrzyń i rur pomocniczych jest to, że polichlorowane dibenzodioksyny/dibenzofurany powstają w złożu, a następnie zostają uwięzione przez kondensację na obciążeniu chłodni w niższych punktach w złożu. W miarę jak czoło płomienia przechodzi w dół, uwięzione polichlorowane dibenzodioksyny/dibenzofurany ulatniają się skokowo i przechodzą w dół przez złożo jako szczelne strefy aż do osiągnięcia punktu, w którym nie ma zimnego obciążenia umożliwiającego uwięzienie. Ten ostatni mechanizm jest również wspierany przez eksperymenty z przerywanym spiekaniem prowadzone we Francji, w których wykazano, że polichlorowane dibenzodioksyny/dibenzofurany były skoncentrowane w chłodniejszych częściach złoża spieku.

W procesie spiekania, ponieważ polichlorowane dibenzodioksyny/dibenzofurany powstają głównie w złożu spieku, niewiele można zrobić, aby zmienić profil temperatury złoża bez wpływu na proces jako całość. Próby zapobiegania lub zminimalizowania tworzenia się polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów muszą być zatem ukierunkowane na zmianę warunków, w złożu, w celu uniknięcia tworzenia się de novo polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów i wszelkich potencjalnych prekursorów.

Niemniej jednak, pomiary przeprowadzone w dwóch miejscach wzdłuż skrzyni przy temperaturze około 300 °C (najbliższy punkt rusztu, które można praktycznie osiągnąć i w dół procesu o ok. 3 m) wykazały, że stężenia polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów była mnożone przez 10 między punktami pomiarowymi [230, Brouhon et al. 2001]. Co więcej, próby ograniczania przy użyciu inhibitorów przeciwpądowych wtryskiwanych do skrzyń powietrznych w stronę rusztu wykazały redukcje stężeń polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów co jest możliwe tylko w przypadku gdy polichlorowane dibenzodioskyny/dibenzofurany powstają co najmniej w pewnym stopniu w skrzyniach powietrznych w tej temperaturze.

Sądząc na podstawie rozkładu polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów uwalnianych w drugim etapie, mechanizm ich powstawania różni się od powstawania polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów w pierwszym etapie. W drugim etapie, polichlorowane dibenzodioskyny/dibenzofurany mogą powstawać w skrzyniach powietrznych, z substancjami organicznymi i chlorem dostarczanym z obszarów niepełnego spiekania lub ze smarem i pyłem w skrzyniach powietrznych.

Profile stężeń 17 grup homologicznych polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów mogą być zasadniczo takie same dla wszystkich spiekalni Corus w Wielkiej Brytanii, pomimo różnic w składzie surowca. Badania nad powstawaniem polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów przeprowadzone w spiekalniach w Europie, pokazują, że profile kongenerów emisji gazów odlotowych ze spiekalni są prawie takie same dla wszystkich spiekalni niezależnie od rzeczywistego stężenia polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów w gazie odlotowym. Obserwacje te sugerują, że profil kongeneru jest charakterystyczny dla procesu i nie wydaje się być bezpośrednio związany z wartością I-TEQ. Wyniki te sugerują także, że powstawanie polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów podlega termodynamicznej kontroli oraz że wspólny mechanizm powstawania ma zastosowanie w większości spiekalni, jeśli nie we wszystkich. Tabela 3.11 wskazuje, że nie w pełni chlorowane kongenery dibenzo-dioksyn i dibenzofuranów dominują w emisjach polichlorowanych zanieczyszczeń.

Tabela 3.10: Całkowite stężenia grup homologicznych polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów homologiczne i polichlorowanych dibenzofuranów w próbkach

Kongener	Numer próbki					
	4	6	8	10	12	14
	(ng/Nm ³)	(ng/Nm ³)	(ng/Nm ³)	(ng/Nm ³)	(ng/Nm ³)	(ng/Nm ³)
TetraCDD	0.14	1.49	0.91	2.45	0.59	0.85
PentaCDD	0.42	2.50	1.61	3.15	2.03	1.74
HexaCDD	0.63	2.53	1.31	2.40	2.49	2.68
HeptaCDD	0.51	1.37	0.79	1.20	1.51	1.39
OctaCDD	0.90	1.40	0.88	0.94	0.93	0.70
TetraCDF	22.86	132.48	73.16	169.17	184.50	109.87
PentaCDF	18.45	89.75	52.65	90.53	95.16	62.76
HexaCDF	13.72	51.09	25.92	41.06	42.35	31.05
HeptaCDF	4.20	13.87	6.36	9.29	8.65	8.18
OctaCDF	1.14	3.06	1.42	2.11	2.01	1.55

Źródło: [157, Thompson, P. et al 2003].

3.2.2.1.2.10 Polichlorowane bifenylole (PCB)

[9, Fisher et al. 1998] [122, Scholz et al. 1997] [300, Eurofer 2007] [387, Fisher et al. 2005]

Polichlorowane bifenyly mogą powstawać w takich samych warunkach, jak w tych opisanych powyżej dla polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów. Jednakże w drodze powstawania nie występuje skręcanie pierścieni fenylu. W kolejnej reakcji powstałe polichlorowane bifenyly mogą przejść cyklizację, dochodząc do polichlorowanych dibenzofuranów, ale nie dibenzodioksyn. Stąd też w przypadku polichlorowanych dibenzofuranów nie są wymagane żadne aromatyczne prekursorzy by mogły one powstać.

Polichlorowane bifenyly mogą również występować w surowcach. Stwierdzono, że stężenie polichlorowanych bifenyli w koksiku i rudach żelaza wynosi około 1 – 1,6 mg/t i ograniczone obliczenia dla jednej spiekalni wykazały potencjalny udział 850 µg/t sortowanego spieku. Oczywiście, istnieje możliwość, że polichlorowane bifenyly mogłyby ulec zniszczeniu w strefie spalania (patrz rysunek 3.3), ale należy pamiętać, że proces spalania nie jest tak intensywny jak, przykładowo, w piecach do spopielenia odpadów, i mało prawdopodobne wydaje się, że wszystkie polichlorowane bifenyly w powietrzu technologicznym będą zniszczone w strefie spalania.

Ponadto, polichlorowane bifenyly są względnie lotne i mogą być odpędzane, ponieważ wsad jest ogrzewany przez gazowe produkty spalania z przodu strefy spalania.

Tabela 3.11 przedstawia ograniczone dane dotyczące emisji polichlorowanych bifenyli ze spiekalni.

Tabela 3.11: Emisje polichlorowanych bifenyli ze spiekalni

Zanieczyszczenie	Zakres	Jednostki
PCB ⁽¹⁾	1 - 13	mg Σ PCB/t spieku
PCB ⁽²⁾	24,5 - 178	ng/t spieku
PCB ⁽²⁾	0,01 – 0,09 ⁽³⁾	ng/Nm ³
<p>⁽¹⁾ Suma wszystkich polichlorowanych bifenyli, obliczona z (ΣPCB 28+52+101+153+138+180) x 5 (współczynnik 5 zgodnie z [155, UN-ECE Pops 1997]). Dane z dwóch spiekalni.</p> <p>⁽²⁾ WHO-12 PCB (dioksynopodobne kongenery, wyrażone w kategoriach wartości I-TEQ), (patrz punkt 13.3).</p> <p>⁽³⁾ Zakres średnich rocznych stężeń emisji przy zastosowaniu średniego jednostkowego przepływu gazu 2100 Nm³/t spieku.</p> <p>Źródło: [300, Eurofer 2007].</p>		

Tabela 3.12 przedstawia kongenery polichlorowanych bifenyli, które zostały znalezione podczas analizy gazu odlotowego ze spiekania.

Tabela 3.12: Kongenery polichlorowanych bifenyli znalezione w gazach odlotowych z instalacji spiekania

Kongenery polichlorowanych bifenyli (numer IUPAC)	Nazwa chemiczna
77	3,3',4,4' - TCB
118	2,3',4,4',5 - PCB
105	2,3,3',4,4' - PCB
126 ⁽¹⁾	3,3',4,4',5 - PCB
<p>⁽¹⁾ W odniesieniu do toksyczności, udział tego kongeneru jest wyjątkowo duży. Uwaga: Koplarnie polichlorowane bifenyly (co-PCB) wynoszą 5 - 10% całkowitej toksyczności</p>	

polichlorowanych
dibenzodioskyn/dibenzofuranów.

Istnieje ścisła korelacja między stężeniami polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów i WHO-12 PCB (wyrażonymi w wartościach I-TEQ), taka, że wkład WHO-12 PCB do ogólnego stężenia I-TEQ wynosi zwykle 9 - 10% polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów. Ścisły związek między stężeniami polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów i polichlorowanych bifenyli sugeruje, że istnieje powiązanie między powstawaniem tych związków (patrz punkt 13.3).

3.2.2.1.2.11 *Inne organohalogenowe związki*

[133, Stieglitz et al. 1997] [300, Eurofer 2007]

Występowanie polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów oraz polichlorowanych bifenyli może być traktowane jako wskaźniki przy powstawaniu związków organohalogenowych takich, jak chlorobenzeny, chlorofenole, chlorohydroksynaftaleny itd. Stąd można oczekiwać, że te związki będą występowały w spalinach ze spiekalni, chociaż nie prowadzono w tym kierunku badań.

3.2.2.1.2.12 *Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA)*

[300, Eurofer 2007] [387, Fisher et al. 2005]

Jak podano w punkcie 3.1.3 reakcje w złożu spieku są złożone. Proces spalania nie jest jednorodny ani całkowity, co prowadzi do powstawania dużych ilości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA). Dane przedstawione w Tabeli 3.4 wskazują, że średnie roczne wskaźniki emisji znajdują się w zakresie 0,2 - 592 mg Borneff 6/t spieku (co odpowiada zakresowi rocznych stężeń emisji wynoszącemu 0,1 - 282 μg Borneff 6/ Nm^3).

Nie stwierdzono korelacji pomiędzy stężeniami polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów i WWA. Nie stwierdzono korelacji pomiędzy stężeniami polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów i WWA. Nie są dostępne dane dotyczące najbardziej istotnych związków WWA w emisjach ze spiekalni.

3.2.2.1.2.13 *Smugi dymu*

[261, Kasama et al. 2006]

Czasami pojawia się widoczny dym gazów odlotowych z instalacji spiekania rud żelaza. Sugerowano następujące przyczyny jego powstawania:

- pył, który przechodzi przez filtry elektrostatyczne jest drobnym pyłem, którego co najmniej 40% cząstek ma wielkość 10 mikronów i przeważnie zawiera cząsteczkowe mieszanki spieku i submikronowe cząstki KCl
- bardzo mała ilość SO_3 w stężeniu około 0,1 części na milion występuje w gazach odlotowych ze spiekalni, a występowanie rosy kwasowej spowodowane prawdopodobnie kondensacją H_2SO_4 może wywoływać powstawanie mgły i widocznego dymu, gdy gazy zostają schłodzone. Zjawisko długiej poziomej smugi dymu, charakterystyczne dla gazów odlotowych ze spiekalni, może być spowodowane ograniczeniem parowania przez kwas siarkowy we mgle
- usuwanie pyłu przez filtr elektrostatyczny nie jest zazwyczaj wystarczające dla zapobiegania tworzeniu się widocznego dymu z gazów odlotowych spiekalni; urządzenia odsiarczającego również wydają się być konieczne
- podczas niestandardowych operacji (np. gdy zakład przetwórstwa SO_x nie działa prawidłowo), stężenie SO_x w gazach odlotowych zwiększa się.

3.2.2.1.3 *Emisja pyłów przy chłodzeniu spieku*

[300, Eurofer 2007]

Po odpadnięciu na końcu rusztu spiekalniczego - w strefie wylotowej - powstały spiek jest kruszony, przesiewany, transportowany i schładzany. Podczas tych operacji istnieje możliwość emitowania pyłu.

Chłodzenia spieku następuje przy użyciu dużej ilości powietrza chłodzącego. Ponieważ chłodnice nie są zazwyczaj w pełni obudowane, pojawiają się emisje nieorganizowane. Z obudowanych części, emisje mogą być gromadzone i następnie oczyszczane. Ograniczanie następuje poprzez gromadzenie, filtrowanie (przy użyciu filtrów workowych lub elektrostatycznych) i recyrkulację głównych gazów odlotowych do spiekalni. Gdy gorące gazy z chłodzenia i sortowania spieku są zawracane do procesu technologicznego, aby wykorzystać ciepło jawne, mogą zostać zawrócone do procesu po wcześniejszym wstępnym odpyleniu lub bez odpylenia. Często gazy odlotowe z chłodnicy są oczyszczane razem ze spalinami odciganymi ze strefy wylotowej. Ograniczone dane przedstawione w Tabeli 3.5 i Tabeli 3.6 wskazują na zakres średnich rocznych stężeń emisji 1 - 85 mg/Nm³ na etapie chłodzenia spieku (zakres, który odpowiada 14-212 g/t spieku).

Skład pyłu w strefie wylotowej i po chłodzeniu (emisje wtórne) różni się od składu pyłu emitowanego z taśmy spiekalniczej (emisje główne). W szczególności występuje brak emisji lub bardzo niski poziom emisji chlorków alkalicznych i organicznych mikrozanieczyszczeń i zwykle pył może zostać zwrócony do procesu spiekania.

3.2.2.2 Ścieki

[24, EC Haskoning 1993][65, InfoMil 1997]

Woda płuczająca

Rodzaj procesów technologicznych w zakładzie hutniczym nierozzerwalnie powoduje osadzanie się pyłu na terenie zakładu. Aby zapobiec spływaniu pyłu do wody powierzchniowej, taki osad powinien być usunięty, najlepiej za pomocą suchych technik. Jednakże kilka hut wykorzystuje techniki oczyszczania za pomocą wody płuczającej. Powstająca w ten sposób woda odpadowa zawiera pył w zawieszynie (łącznie z metalami ciężkimi) i jest zwykle uzdatniana przed odprowadzeniem. Na przykład, w spiekalni o produkcji wynoszącej około 11000 ton spieku na dzień, przepływ wody płuczającej wynosi około 460 m³/dzień. Taka woda odpadowa jest uzdatniana za pomocą sedymentacji w obwodzie obiegowym oraz przyspieszonego osadzania przed zrzucaniem. Brak jest danych z innych spiekalni.

Woda chłodząca

W spiekalni woda chłodząca może być wykorzystana do chłodzenia odcigów nad palnikami zapłonowymi maszyny spiekalniczej i wentylatorów, jak również maszyn spiekalniczych. W zintegrowanych hutach produkujących 4 miliony ton stali w ciągu roku chłodzenie spiekalni wymaga utrzymania przepływu wody na poziomie około 600 m³ na godzinę. Woda chłodząca jest zwykle całkowicie recyrkulowana. Ograniczenia prawne władz lokalnych w niektórych krajach wymagają zapobiegania powstawaniu smug dymu lub powstawaniu lodu i śniegu przemysłowego w okresie zimowym z wież chłodniczych, co może uniemożliwić dalszą recyrkulację wody chłodniczej.

Ścieki z oczyszczania gazów odlotowych

Ścieki z oczyszczania gazów odlotowych powstają tylko jeśli mokry system ograniczania emisji jest stosowany. Przepływ wody zawiera zawieszinę (w tym metale ciężkie), trwałe organiczne zanieczyszczenia takie jak polichlorowane dibenzodiodksyny/dibenzofurany i polichlorowane bifenyle, WWA, związki siarki, fluorki i chlorki. Zwykle jest oczyszczany przed odprowadzeniem. Ilość i jakość takich ścieków opisano w punkcie 3.3.2.4.

3.2.2.3 Pozostałości procesowe, takie jak odpady i produkty uboczne

[7, Bothe 1993]

Zwykle wszystkie stałe pozostałości procesowe takie jak odpady i produkty uboczne powstające w spiekalni (pyły z urządzeń odpylających i frakcji sitowych) są recykulowane na taśmę spiekalniczą. Istnieją jednak cztery wyjątki:

- pierwszy dotyczy szlamu z układów mokrego oczyszczania spalin, który jest składowany na hałdach, a czasem może wrócić do spiekalni. Obecnie tylko jeden zakład w Europie pracuje z wykorzystaniem takiego układu, i może on zostać zamknięty w średnioterminowej perspektywie.
- drugim z wyjątków jest pył z filtru z ostatniego pola filtrów elektrostatycznych (FE) Jak podano w punkcie 3.2.2.1.2.2, większość europejskich zakładów pracuje w całkowicie zamkniętych cyklach odpylania [7, Bothe 1993]. Jednakże niektóre zakłady oddzielają drobny pył z ostatniego pola filtrów elektrostatycznych. Taki pył zawiera głównie alkalia i chlorki metalu. Ten tak zwany częściowo otwarty cykl pyłu z filtru jest przeprowadzany w celu poprawienia działania filtrów elektrostatycznych lub (w jednym przypadku) filtru workowego, lub w celu ograniczenia emisji alkaliów i chlorku metalu.
- trzeci wyjątek dotyczy pyłów o wysokiej zawartości związków alkalicznych, chlorków i siarki, które mogą osłabić skuteczność filtrów elektrostatycznych (patrz punkt 3.3.2.1)
- czwarty wyjątek dotyczy ograniczenia wynikającego z rygorystycznych krajowych kryteriów prawnych w zakresie recyklingu.

3.2.2.4 Zużycie energii

Przegląd danych eksploatacyjnych spiekalni Europejskiego Komitetu ds. Wielkich Pieców (2004) ujawnia, że spiekalnie wykorzystują 1190 - 1910 MJ/t spieku energii cieplnej (paliwa stałe łącznie z pyłem wielkopieczowym i paliwem zapłonowym), zużywając średnio 1344 MJ/t spieku. Stanowi to równoważnik 39 - 64 kg koksiku/t spieku, przy średnim równoważniku koksiku 50 kg/t spieku. Całkowite zużycie energii elektrycznej waha się od 92 do 155 MJ/t spieku [299, Eurofer 2007]. Zużycie ciepła przy zapłonie mieści się w granicach od 70 do 85 MJ/t spieku [241, Poland 2007]. Występuje tylko nieznaczna różnica w zużyciu paliwa w przypadku spieku o niskiej wartości alkaliczności ($< 1,7 \text{ CaO/SiO}_2$) i spieku o wyższej alkaliczności ($> 1,7 \text{ CaO/SiO}_2$) [200, Commission 2001].

Tabela 3.2 przedstawia dane dla 20 europejskich spiekalni. Koks jest dominującym wejściowym materiałem energetycznym spiekalni (około 88%), a resztę zapotrzebowania na energię pokrywają prąd elektryczny i gaz (gaz koksowniczy i/lub gaz wielkopieczowy i/lub gaz ziemny). Głównymi wyjściowymi źródłami energii są spaliny, odparowywana woda, wymagana energia reakcji i sam spiek. Chłodzenie spieku jest często połączone z odzyskiwaniem ciepła jawnego [300, Eurofer 2007].

3.2.2.5 Hałas

[242, Caughlin 2007]

Dominującymi źródłami hałasu w spiekalniach są:

- wentylatory spalin spieku
- wentylatory chłodzenia spieku
- kruszenie spieku.

Hałas może stanowić ważny problem w niektórych instalacjach. Jest to hałas wysokoenergetyczny o małej częstotliwości. Hałas jest spowodowany przez częstotliwości (prędkości) wentylatorów i przez dławienie przepływu przez złoża spieku.

3.3 Techniki uwzględniane w określaniu najlepszych dostępnych technik BAT dla spiekalni

W niniejszym rozdziale omówiono techniki (lub ich kombinacje), oraz ich monitorowanie mające potencjał do osiągnięcia wysokiego poziomu ochrony środowiska w działaniach w zakresie niniejszego dokumentu.

Obejmuje ona techniki zintegrowane z procesem oraz środki stosowane po jego zakończeniu. Rozważane są również procedury unikania generowania odpadów oraz zarządzanie nimi, w tym minimalizacja ilości odpadów i ich recykling. Co więcej omawiane są techniki ograniczające zużycie surowców, wody oraz energii.

Informacje zawarte w tym rozdziale będą odnosiły się do kryteriów ustalania najlepszych dostępnych technik (BAT) wymienionych w aneksie III do dyrektywy. Kiedy to tylko możliwe do prezentacji zgromadzonych informacji dotyczących każdej z technik stosowana jest standardowa struktura zawarta w tabeli 3.13 w celu umożliwienia porównania technik i ich oceny w odniesieniu do definicji najlepszych dostępnych technik (BAT) podanej w dyrektywie.

Niniejszy rozdział niekoniecznie przedstawia pełną listę technik, które można zastosować w sektorze. Inne techniki mogą funkcjonować lub zostać opracowane, a następnie uwzględnione przy ustalaniu BAT dla poszczególnych instalacji.

Tabela 3.13: Podział informacji dla każdej z technik omawianej w niniejszym podrozdziale

Rodzaj rozważanej informacji	Rodzaj zawartej informacji
Opis	Krótki opis techniczny z obrazkami, diagramami i grafami, jeśli to właściwe.
Osiągnięte korzyści dla środowiska	Główne potencjalne korzyści dla środowiska możliwe do osiągnięcia dzięki zastosowaniu techniki (w tym oszczędność energii, wody, surowców, jak również zwiększenie produktywności, wydajności energetycznej itp.).
Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)	Potencjalne efekty uboczne dla środowiska i niekorzystne oddziaływanie na inne komponenty związane z zastosowaniem techniki, w tym szczegóły wpływu środowiskowego techniki w porównaniu z innymi (wady i zalety podparte danymi, jeśli są dostępne) w celu dokonania oceny wpływu techniki na środowisko jako całość. Może to obejmować takie kwestie jak: <ul style="list-style-type: none"> • zużycie surowców i wody, • zużycie energii i przyczynienie się do zmian klimatu, • możliwość kurczenia warstwy ozonu w stratosferze, • możliwość tworzenia ozonu fotochemicznego, • zakwaszanie w związku z emisjami do atmosfery, • pył w powietrzu (w tym mikrocząsteczki i metale), • eutrofizacja gleb i wód w związku z emisjami do atmosfery lub wody, • możliwość zmniejszania ilości tlenu w wodzie, • trwałe/toksyczne/bioakumulujące związki z wodzie lub glebie (w tym metale), • tworzenie lub zmniejszanie ilości pozostałości z procesu (odpadów), • możliwość ponownego wykorzystania lub recyklingu pozostałości z procesu (odpadów), • hałas i/lub przykre zapachy, • ryzyko wypadków.

Dane eksploatacyjne	Faktyczne dane dotyczące wydajności (w tym warunki odniesienia, okresy i metody monitorowania) oraz poziomów emisji, poziomów zużycia (surowców, wody, energii) oraz ilości wytworzonych odpadów. Wszelkie inne użyteczne informacje dotyczące działania, konserwacji i sterowania daną techniką.
Możliwość zastosowania	Wskazanie na rodzaj zakładów lub procesów, w których dana technika może lub nie może zostać zastosowana, jak również na ograniczenia jej zastosowania w określonych przypadkach, z uwzględnieniem np. wieku zakładu (nowy lub istniejący), czynników związanych z modernizacją (np. dostępność miejsca), rozmiar zakładu (duży lub mały), już zainstalowanych technik oraz rodzaju lub jakości produktu.
Aspekty ekonomiczne	Informacje dotyczące kosztów (inwestycyjnych i operacyjnych) oraz wszelkich możliwych oszczędności (np. ograniczone zużycie surowców lub energii, opłaty za odpady) lub przychodów, w tym szczegółowe informacji dotyczące sposobu ich obliczenia/oszacowania. Podane zostaną informacje gospodarcze związane z nową budową i modernizacją dostosowującą technikę do istniejących instalacji. Powinno to pozwolić na określenie, tam gdzie to możliwe, całkowitego wpływu ekonomicznego techniki.
Motywacja do wdrożenia techniki	Konkretne warunki lokalne, wymagania (np. legislacyjne, środki bezpieczeństwa) lub bodźce nieśrodowiskowe (np. zwiększona produktywność, lepsza jakość produktu), które doprowadzały dotychczas do wdrożenia techniki.
Przykładowe zakłady	Odniesienie do zakładu/zakładów, w których wdrożona została dana technika i z których dane zostały zebrane i wykorzystane do opracowania obecnego podrozdziału. Wskazanie na rozpowszechnienie danej techniki w Europie i na świecie.
Bibliografia	Literatura przedmiotu lub inne materiały referencyjne (np. książki, raporty, opracowania, strony internetowe) wykorzystane do opracowania podrozdziału i zawierające bardziej szczegółowe informacje dotyczące techniki.

3.3.1 Optymalizacja procesu

Opis

Zaplanowana i starannie realizowana praktyka w zakresie utrzymania może zapewnić, że spiekalnia będzie pracować w sposób ciągły i bez znaczącego zakłócenia produkcji spieku. Jest to jeden z najważniejszych środków zintegrowanych z procesem w celu zmniejszenia emisji w spiekalniach. Zakłócenia sprawnego przebiegu czoła płomienia przez złożę spieku będą wynikać z nieplanowanych przestojów taśmy. Ma to negatywny wpływ na wytwarzanie pyłu i niektórych związków organicznych.

Badanie powstawania emisji polichlorowanych dibenzodiodoksyn/dibenzofuranów w procesie spiekania [9, Fisher et al. 1998] wykazało, że polichlorowane dibenzodiodoksyny/dibenzofurany powstają w samym złożu spieku, prawdopodobnie tuż przed czołem płomienia, gdy gorące gazy przechodzą przez złożę i do pewnego stopnia do skrzyń i rur pomocniczych (patrz punkt 3.2.2.1.2.9). Badanie wykazało również, że rozrywanie propagacji czoła płomienia, np. operacje stanu nieustalonego, prowadzą do wyższych emisji polichlorowanych dibenzodiodoksyn/dibenzofuranów. Dlatego też rozwiązaniem było

prorowadzenie procesu spiekania w możliwe jak najbardziej stały sposób w zakresie prędkości taśmy, składu warstwy (a w szczególności stałej mieszanki materiałów zwracanych i minimalizacji wlotu chloru) i wysokości warstwy. Ponadto, utrzymanie stałych wartości zastosowania dodatków takich, jak wapno palone, kontrola poziomu stałości zawartości oleju w zendrze walcowniczej (< 0.5%), co może doprowadzić do stężenia surowej mieszanki oleju za poziomie < 0.1% oraz uszczelnienie taśmy, przewodu i filtra elektrostatycznego w celu jak największego ograniczenia przecieku powietrza przy określonej operacji, mogą mieć korzystny wpływ na emisje z taśmy spiekalniczej.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Wyższe niż normalne poziomy emisji cząstek stałych mogą wystąpić podczas uruchamiania taśmy spiekalniczej po krótkim zatrzymaniu w wyniku wyschnięcia warstwy i rozproszenia czoła. Po dłuższych przestojach konieczne może być zainicjowanie operacji bez urządzeń ograniczających emisje, np. filtr elektrostatyczny i/lub filtr workowy trzeba będzie ominąć aby chronić urządzenia przed wysokim poziomem wilgotności. Minimalizacja przestojów i krótkich wahań w sprawnym funkcjonowaniu taśmy spowoduje zmniejszenie szczytowych emisji cząstek stałych i zmniejszenie efektu wizualnego działania zakładu. Pozostałe emisje do powietrza są również redukowane poprzez konsekwentne działania.

Nie ma uniwersalnej techniki, która umożliwi stosunkowo niewielkie tworzenie się polichlorowanych dibenzodiodksyn/dibenzofuranów; stosuje się połączenie wielu wyżej wymienionych technik, a w szczególności stałą pracę taśmy.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Zużycie energii jest minimalizowane dzięki stabilności operacji technologicznych. Nie występują żadne negatywne skutki oddziaływania na środowisko. Zgodnie z zastosowaniem wyżej wymienionych technik, występują dodatkowe korzyści w zakresie wydajności operacyjnej przekładające się na zwiększoną produktywność, zmniejszenie popytu na energię i stałą jakość spieku.

Dane eksploatacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Opisane techniki można stosować w nowopowstałych i już istniejących zakładach.

Aspekty ekonomiczne

Brak kosztów instalacji. Koszty operacyjne utrzymania i robocizny są równoważone przez korzyści z wyższej wydajności i stałej jakości spieku. Ponadto, dobrze utrzymany i sprawnie funkcjonujący zakład zużywa mniej paliwa i energii.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Wyżej wspomniane techniki stosuje się zazwyczaj w europejskich zakładach. Wszyscy operatorzy starają się eksploatować swoje spiekalnie tak sprawnie, jak to tylko możliwe, minimalizując przestoje poprzez zapewnienie wysokich standardów utrzymania.

Bibliografia

[9, Fisher et al. 1998] [301, Eurofer 2007]

3.3.2 Techniki redukcji emisji do powietrza ze spiekalni

3.3.2.1 Nowoczesny filtr elektrostatyczny

Opis

Większość urządzeń ograniczających emisje stosowanych powszechnie do oczyszczania dużych ilości gazów odlotowych w spiekalniach UE stanowią suche filtry elektrostatyczne z trzema lub czterema polami w układzie szeregowym. Te filtry wytwarzają pole elektrostatyczne poprzecznie do kierunku przepływu pyłów w strumieniu powietrza. Cząstki

zmieniają ładunek na ujemny i przemieszczają się w kierunku dodatnio naładowanych płyt zbierających. W suchych filtrach elektrostatycznych zebrany materiał jest usuwany za pomocą „strzepywaczy”, które okresowo uderzają lub wywołują drgania płyt zbierających, usuwając materiał i umożliwiając mu spadek do zbierających koszy samowyladowczych.

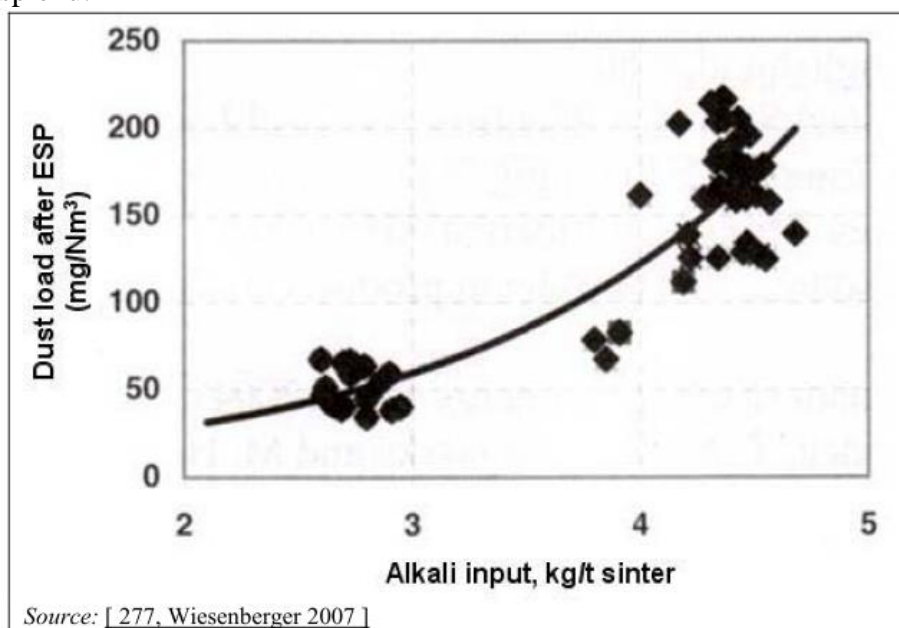
W mokrych filtrach elektrostatycznych zbierany materiał jest usuwany przez stały przepływ wody, która jest gromadzona i odpowiednio oczyszczana.

Aby uzyskać dobre oddzielenie, oporność właściwa cząstek musi znajdować się w zakresie $10^4 - 10^9 \Omega m$. Zwykle większość cząstek w gazach odlotowych z procesu spiekania znajduje się w tym zakresie, ale związki ze znacznie większą opornością właściwą takie, jak alkalia, chlorki, chlorki metali ciężkich i tlenki wapnia (patrz Rysunek 3.10) również występują i trudno jest je skutecznie usunąć.

Pozostałymi czynnikami, które wpływają na skuteczność są: współczynnik przepływu gazów odlotowych; siła pola elektrycznego, współczynnik obciążenia cząstkami, stężenie SO_3 , zawartość wilgoci oraz kształt i powierzchnia elektrod.

Wydajności filtra elektrostatycznego została zwiększona poprzez wykorzystanie wyższych lub zmiennych impulsowo napięć i napięcia szybkiej reakcji i regulacji prądu. Następnie operacje zostały wzmocnione przez wprowadzenie układów poprawy sił odbijania do 200 Gs, pulsacyjnego nakładania i odświeżania przy zwiększonym odstępnie między płytami. Kondycjonowanie za pomocą SO_3 i/lub odparowywania wody może również zwiększyć skuteczność odpylania. Wadą jest możliwość zwiększenia emisji HCl.

Rysunek 3.13 przedstawia wpływ wprowadzania alkaliów (np. Na, K) do procesu spiekania na emisje pyłów po filtrze elektrostatycznym w spiekalni w Voestalpine Stahl GmbH, Donawitz, w Austrii przed instalacją filtra workowego. Wykres pokazuje, że emisje pyłów poniżej 50 mg/Nm^3 były osiągalne tylko przy wprowadzaniu alkaliów poniżej 2,5 kg na tonę spieku.



dust load after ESP	ładunek pyłu po filtrze elektrostatycznym
Alkali input, kg/t sinter	wsad zasadowy, kg/t spieku

Rysunek 3.13 Wpływ wprowadzania alkaliów do procesu spiekania na emisje pyłów po filtrze elektrostatycznym w spiekalni w Voestalpine Stahl GmbH, Donawitz, w Austrii.

Poniżej przedstawiono trzy rodzaje filtrów elektrostatycznych o dużej wydajności:

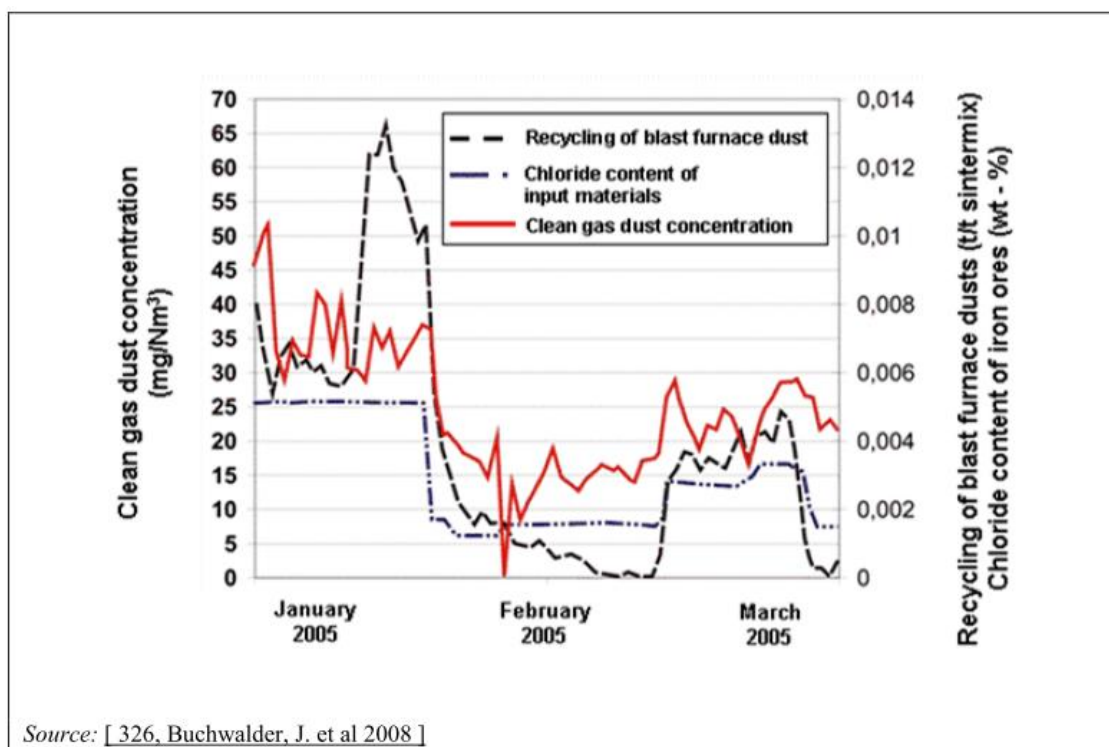
1. Wykorzystanie nakładania impulsowej energii: układ impulsowy zapewnia napięcie składające się z ujemnych wąskich impulsów nakładanych na napięcie filtrowane o ujemnej polaryzacji. Te impulsy wysokiego napięcia mają czas trwania 140 μ s i mogą być powtarzane z częstotliwością 200 impulsów na sekundę. Wartość szczytowa napięcia jest wyższa przy energii impulsowej, zapewniającej lepsze naładowanie cząstek i rozływ prądu w filtrze elektrostatycznym. Jedną z najbardziej istotnych właściwości energii impulsowej jest jej zdolność do reakcji z pyłem o wysokiej oporności (patrz pkt 3.2.2.1.2.1).
2. Filtr elektrostatyczny z ruchomą elektrodą (Moving Electrode Electrostatic Precipitator) W filtrze elektrostatycznym (MEEP) kilka grup płyt elektrodowych przemieszcza się na ciągnikach gąsienicowych. Są one oczyszczane w sposób ciągły za pomocą obrotowych szczotek. Stąd mocno adhezyjny pył jest łatwo usuwany z płyt i unika się efektu izolowania warstwy pyłu.
3. filtr elektrostatyczny ESCS (electrostatic space cleaner super) ESCS pracuje przy wyższym napięciu (70 - 200 kV). Jest to możliwe przy większej odległości pomiędzy płytami elektrod.

Inne techniki, które poprawiają wydajność filtra elektrostatycznego są sterowane przez programowalny układ logiczny i stosowanie do pięciu pól.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Filtry elektrostatyczne ograniczają emisje pyłu ze skutecznością > 95%. W niektórych przypadkach, wydajność ponad 99% jest możliwa do osiągnięcia. W średnim ujęciu rocznym, filtry elektrostatyczne z polami MEEP mogą osiągnąć stężenie pyłu w zakresie od 20 do 50 mg/Nm^3 , uwzględniając tylko normalne okresy pracy bez włączania i wyłączania. Dla wyników pomiarów z jednego zakładu w 2005 r. można zauważyć, że przy stosowaniu MEEP, można osiągnąć dzienne średnie wartości poniżej 30 mg/m^3 [326, Buchwalder, J. et al 2008] (patrz Rysunek 3.14). Dla tego samego zakładu, średnie dzienne stężenie pyłu w latach 2005 i 2007 wynosiło między 24,6 i 29,4 mg/Nm^3 .

W przypadku dwóch niemieckich piekarni wyposażonych w filtry elektrostatyczne zanotowano poziom emisji pyłu 36 mg/Nm^3 (średnie roczne, oparte na stale mierzonych półgodzinnych wartościach średnich; w jednym zakładzie 5 i 95 percentyl wynosiły odpowiednio 25 i 65 mg/Nm^3) [244, Plickert 2007]. Filtry elektrostatyczne z nakładaniem impulsowej energii mogą osiągnąć od 43 do 77 mg/Nm^3 w średnim ujęciu rocznym, choć w niektórych zakładach wykorzystujących unikalne rudy, zakres ten można rozszerzyć do górnego poziomu 140 mg/Nm^3 . Filtry elektrostatyczne ESCS nie są stosowane w UE, chociaż mogą one osiągnąć poziom emisji <40 mg/Nm^3 choć ale nie przedstawiono jednoznacznych dowodów takich osiągnięć.



Source: [326, Buchwalder, J. et al 2008]

Clean gus dust concentration (mg/Nm ³)	Stężenie pyłu w czystym gazie (mg/Nm ³)
January 2005	Styczeń 2005
February 200	Luty 2005
March 2005	Marzec 2005
Recycling of blast furnace dust	Recykling pyłu wielkopiecowego
Chloride content of input material	Zawartość chlorku we wsadzie
Clean gas dust concentration	Stężenie pyłu w czystym gazie
Recycling of blast furnace dust (t/t sinter mix)	Recykling pyłu wielkopiecowego (t/t mieszanki spieku)
Chloride content of iron ores (wt - %)	Zawartość chlorku w rudach żelaza (ciężar - %)

Rysunek 3.14: Osiągnięte stężenie pyłu w oczyszczonym gazie za pomocą filtra elektrostatycznego dla gazów odlotowych z taśmy spiekalniczej i wpływ ograniczonego wprowadzania chlorku

Emisje pyłu w wysokości 36 mg/Nm³ (średnie roczne wartości) zostały osiągnięte w spiekalniach w Niemczech, gdzie dokonano wtrysku zeolitu i koksu węgla brunatnego do filtra elektrostatycznego. W jednym z zakładów stosowano również częściową recyrkulację spalin.

Emisje pyłu pomiędzy w granicach 20 - 42,7 mg/Nm³ zostały osiągnięte w dwóch spiekalniach w ArcelorMittal, Ghent, w Belgii w 2008 roku. Filtry elektrostatyczne w tych spiekalniach posiadają funkcje różnicowania mikroimpulsów. Należy wziąć pod uwagę, że dane te są średnimi rocznymi wartościami. Tabela 3.14 przedstawia osiągnięty poziom emisji pyłu z filtrów elektrostatycznych w dwóch spiekalniach w ArcelorMittal, Ghent, w Belgii w 2008 roku.

Tabela 3.14: Wydajność filtrów elektrostatycznych w dwóch spiekalniach w ArcelorMittal, Ghent, w Belgii w 2008 r.

Parametr	Spiekalnia 1	Spiekalnia 2	Jednostki
----------	--------------	--------------	-----------

	Pył	Pył	mg/Nm ³
Średnia roczna	20.01	42.72	mg/Nm ³
Odchylenie standardowe	9.64	9.72	mg/Nm ³
Minimum	6	25.6	mg/Nm ³
Maksimum	67.3	100.6	mg/Nm ³
Mediana	17.1	40.5	mg/Nm ³
95 % percentyl	37.6	61	mg/Nm ³
Źródło: [177, Eurofer 2009].			

Tabela 3.15 przedstawia uzyskane wartości stężeń emisji dla odpylania taśmy spiekalniczej z zastosowaniem filtra elektrostatycznego w trzech niemieckich spiekalniach, tym informacje statystyczne i odpowiadające im okresy odniesienia.

Tabela 3.15: Uzyskane wartości stężeń emisji dla odpylania taśmy spiekalniczej z zastosowaniem filtra elektrostatycznego w trzech niemieckich spiekalniach

Parametr	Poziom emisji	Percentyl		Jednostka	Okres referencyjny
		5 %	95 %		
Pył	36			mg/Nm ³	AAV
	36	25	65		HHAV (c)
	29.4	15	40		HHAV (c)
NO _x	384			mg/Nm ³	AAV
	400	320	520		HHAV (c)
	272	200	350		HHAV (c)
SO _x	250	200	550	mg/Nm ³	HHAV (c)
	311				AAV
	425	300	550		HHAV (c)
HF	0.6			mg/Nm ³	AAV
	0.7				AAV
	1.4				HHAV
HCl	0.72	b.d.	3	mg/Nm ³	AAV
	17.4				HHAV
	20.4				HHAV
Cd, Tl	0.0067			mg/Nm ³	AAV
Cd	0.04			mg/Nm ³	HHAV
Hg	0.025				HHAV
As, Co, Ni, Se, Te	0.02			mg/Nm ³	AAV
	0.018				
Pb, Cr, Cu, Mn, V	0.87			mg/Nm ³	AAV
Cu, Mn, V	0.47			mg/Nm ³	HHAV
Pb	1.98			mg/Nm ³	AAV
	0.64				
Cr	0.008			mg/Nm ³	HHAV
BaP	0.001			mg/Nm ³	HHAV
Benzen	0.38			mg/Nm ³	HHAV

TOC	58.2			mg/Nm ³	HHAV
PCDD/F	0.4 ⁽¹⁾			ng/Nm ³	AAV
	0.166 ⁽²⁾ ⁽³⁾				8HAV
	0.152 ⁽²⁾ ⁽³⁾				8HAV
	0.22 ⁽²⁾ ⁽³⁾				8HAV
	0.129 ⁽⁴⁾				8HAV
	0.25 ⁽⁵⁾				8HAV
<p>⁽¹⁾ recykulacja spalin, wtrysk zeolitu/koksu węgla brunatnego. ⁽²⁾ Wtrysk zeolitu/koksu węgla brunatny. ⁽³⁾ Wartość średnia z 8 pomiarów. ⁽⁴⁾ Średnia wartość z 4 pomiarów miejscowych ze stycznia 2006 r. wyłączając niepewności pomiaru. ⁽⁵⁾ Średnia wartość z 3 pomiarów miejscowych z kwietnia 2006 r. wyłączając niepewności pomiaru. Uwaga: b.d = brak danych — HHAV = Średnia wartość półgodzinna. — AAV = Średnia wartość roczna. — 8HAV = Średnia wartość co osiem godzin. <i>Źródło:</i> [128, Sporenberg 2006] [187, TÜV SÜD 2007] [244, Plickert 2007].</p>					

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Powstaje przepływ pyłów. W niektórych przypadkach strumień odpadów stałych może być wprowadzany z powrotem do obiegu procesu spiekania. Gdy stężenie metali ciężkich i/lub związków alkalicznych jest zbyt wysokie, mogą występować problemy przy ponownym zastosowaniu.

W przypadku spiekalni o przepływie spalin wynoszącym około 1 mln Nm³/godz. zużycie energii wynosi 300 do 400 kW. Przy produkcji spiekalni na poziomie 4 milionów t/rok zużycie energii wynosi od 2 do 3 MJ/tonę spieku (lub 0,1 do 0,15% całkowitego zużycia energii spieku).

Dane eksploatacyjne

Filtry elektrostatyczne są najbardziej powszechnymi urządzeniami do oczyszczania gazów odlotowych ze spiekalni i mogą być zwykle stosowane bez problemów. Trzeba zwrócić uwagę na ilość węglowodorów w spalinach, aby uniknąć ryzyka zapalenia. Operatorzy prowadzą kontrolę zendry walcowniczej na wejściu, aby uniknąć obecności węglowodorów w spalinach.

Oprócz zmiany i zastosowania zaawansowanych technik ESP, następujące techniki są często stosowane w celu osiągnięcia maksymalnej efektywności odpylania filtrów elektrostatycznych:

- staranny dobór niekrytycznych materiałów recyklingowych
- ograniczenie krytycznych materiałów do recyklingu, np. zgorzeliny zanieczyszczonej olejem, która zawiera chlorek i pyły i szlamy alkaliczne
- wstępne mieszanie i homogenizacja materiałów recyklingowych
- osadzanie pyłu z ostatniej komory filtra elektrostatycznego, gdzie znajduje się większość alkaliów i chlorku
- dostosowanie operacji spiekania, np. zmiany w wydajności zgorzeliny, wysokości złoża i przestoje w celu czyszczenia filtrów elektrostatycznych.

Tabela 3.16 przedstawia dane operacyjne i ekonomiczne dotyczące filtrów elektrostatycznych stosowanych w spiekalniach. Dane dotyczą zgłoszonych poziomów emisji i nie jest jasne jakie okresy obejmują (np. dzienne średnie, wartość natychmiastowa).

Możliwość zastosowania

Filtry elektrostatyczne mogą być instalowane zarówno w nowych, jak i istniejących zakładach. MEEP mogą być instalowane jako ostatnie pole istniejącego filtra lub jako oddzielny zespół w swojej własnej obudowie, ale rozmieszczenie oraz możliwość każdego typu instalacji będą różne w zależności od zakładu.

Aspekty ekonomiczne

Ostatecznym czynnikiem kosztowym jest przepływ spalin. Inwestycje w modernizację dwóch filtrów elektrostatycznych oszacowano w 2002 roku na kwotę 10 - 15 mln EUR dla spiekalni o przepływie gazów 1 400 000 Nm³/h (zakłady: ArcelorMittal, Fos sur Mer, France).

Następujące koszty filtra elektrostatycznego zostały zgłoszone dla 1996 r.:

- inwestycja: 5 do 7.5 EUR na Nm³/h
- operacyjne: 0,05 do 0,08 EUR na 1000 Nm³ oczyszczonych gazów odlotowych
- spiekalnia o wydajności 4 Mt/rok, przepływie gazów 1 000 000 Nm³/godz. oraz 8640 godzin pracy rocznie, odpowiadałaby następującym kosztom:
 - inwestycja: 5 do 7.5 mln EUR
 - operacyjne: 0.11 do 0.16 EUR na tonę speiku.

Dla wszystkich przykładów waluty przekształcono na ECU w 1996 r. a dla przeglądu w EUR. Koszt dodania jednego filtra MEEP do istniejącego filtra elektrostatycznego dla oczyszczenia 500 000 Nm³/h wynosił w 1997 roku około 1,1 mln EUR.

Motywacja do wdrożenia techniki

Głównym celem wdrożenia opisanych technik były surowe normy dotyczące emisji lub inne wymagania prawne.

Przykładowe zakłady

Nakładanie impulsowe energii zostało zainstalowane w wielu spiekalniach, na przykład na czterech taśmach w Gwangyang Works, Posco, w Korei Południowej, na dwóch taśmach w Thyssen Krupp Stahl, Duisburg, w Niemczech, na dwóch taśmach w ArcelorMittal, w Dunkierce i Fos-sur-Mer, we Francji i na dwóch taśmach w ArcelorMittal Gent, w Belgii. Niektóre zakłady Corus w Wielkiej Brytanii posiadają systemy szczytowej modulacji i systemy typu pulsacyjnego.

MEEP został zainstalowany w dwóch spiekalniach w Japonii, na dwóch taśmach w Riva, Taranto, we Włoszech i w jednej spiekalni w ArcelorMittal, Eisenhüttenstadt, w Niemczech. ESCS został zainstalowany w spiekalni Nippon Steel Corporation, Yawata Works w Japonii.

Bibliografia

[7, Bothe 1993] [45, Gebert 1995] [61, Hodges 1995] [65, InfoMil 1997] [71, Kim et al. 1998] [145, UBA Comments 1997] [209, EC 2005] [241, Poland 2007] [242, Caughlin 2007] [244, Plickert 2007] [247, Netherlands 2007] [252, France 2007] [254, Eurofer 2007] [276, Italy 2007] [277, Wiesenberger 2007] [295, Hartig et al. 2006] [308, Eurofer 2007] [326, Buchwalder, J. et al 2008]

		Jednostka	Nippon Steel Corp. Wakamatsu/Yawata works Japonia	ArcelorMittal Eisenhüttenstadt Niemcy	Kobe Steel Ltd. Kakogawa works Japonia	Sumitomo Metal Ind., Ltd. Wakayama Japonia
Produkcja spieku:	projektowana :	t/godz.	1000	b.d.	560	b.d.
	rzeczywista		600	350	375	185
Ogólny przepływ spalin	projektowany :	10 ⁶ Nm ³ /godz.	2	0.53	1	b.d.
	rzeczywisty		1	0.52	0.7	0.4
Alkaliczność spieku:		CaO/SiO ₂	1.92	1.97	1.8	2.2
Elektrofilt r:	typ		ESCS ⁽¹⁾	MEEP ⁽²⁾	b.d.	Suchy ESP
	ilość		dwa równoległe	jeden	trzy równoległe	jeden
	przepływ dla filtru elektrostatycz nego	10 ⁶ Nm ³ /h	0.5	0.53	0.25-0.33	0.4
Stężenie wlotowe pyłów	projektowane	mg/Nm ³	1000	Maks. 1000	1000	b.d.
	rzeczywiste	mg/Nm ³	b.d.		1000	1100
Stężenie wylotowe pyłów	projektowane	mg/Nm ³	50	35	50	b.d.
	rzeczywiste	mg/Nm ³	20-37	25-30	30-50	40
Wydajność filtru elektrostat ycznego	projektowana	%	95	b.d.	95	b.d.
	rzeczywista	%	b.d.		95-97	96
Oczyszczanie filtru elektrostatycznego i/lub wstępne oczyszczenie nadawy spieku:			Nieoczyszczany filtr elektrostatyczny; Regulowana zawartość oleju w surowcach (bez	Nieoczyszczany filtr elektrostatyczny, wtrysk wapna i koksu z węgla brunatnego, brak szczególnych środków	Nieoczyszczany filtr; Maks. HC ⁴) w filtrze elektrostatycznym: 1 %; osiągany przy maks. wejściu nadawy na	Nieoczyszczony

		odolejenia)	zapobiegających pożarowi	poziomie 3 %		
Odpad (pył)	ilość	kg/t spieku	1 -2		1 -2	
	przetwarzanie		odzyskiwany do procesu spiekania	Wyłączenie filtru pyłu z pola trzeciego i czwartego	b.d.	b.d.
Zapotrzebowanie na energię:		GJ/t spieku	0.00036		b.d.	b.d.
Inwestycja ⁽³⁾ :		EURx10 ⁶	b.d.		b.d.	4.2 w 1975
Koszty eksploatacji ⁽³⁾ :		EUR/t spieku	0.0018-0.0024 w 1986 (jedynie konserwacja)		b.d.	0.11 w 1986 (wyłączając konserwację i amortyzację)
Zawartość tlenu:				13.6%		

⁽¹⁾ ESCS: Elektrostatyczna oczyszczarka przestrzeni

⁽²⁾ MEEP: Filtr elektrostatyczny z ruchomą elektrodą

⁽³⁾ Dla wszystkich przykładów waluty przekształcono na ECU w 1996 r. a dla przeglądu w EUR.

⁽⁴⁾ Węglowodory.

Uwaga: b.d = brak danych

Źródło: [65, InfoMil 1997] [326, Buchwalder, J. et al 2008].

3.3.2.1.1 Redukcja polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów poprzez filtry elektrostatyczne i dodatki

Opis

Technika ta polega na wtryskiwaniu węgla aktywnego przed filtrem elektrostatycznym w celu przechwycenia polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów. W ArcelorMittal, w Ghent w Belgii, technika ta była w użytku przemysłowym od 2000 roku w spiekalniach 1 i 2. Aktywowany węgiel stosuje się jako źródło węgla, a kamień wapienny jest stosowany jako materiał obojętny.

Różne źródła węglowe były testowane w przeszłości w celu pochłaniania różnych związków w gazach odlotowych ze spiekalni. Obejmują one aktywowany węgiel, wybrane koksy, węgiel drzewny i specjalnie przygotowane adsorbenty węglowe. Przyszły rozwój systemu może polegać na ulepszaniu adsorbentów. Aby zminimalizować ryzyko pożarów żarowych w filtrach elektrostatycznych i ograniczyć zawartość węgla w przechwyconych pyłach, można wstrzykiwać również materiał obojętny (np. drobno kruszony wapień, wapno gaszone, itp.). (W przypadku zakładu ArcelorMittal Ghent, w Belgii, zawartość węgla w pyłe z filtra elektrostatycznego powinna być mniejsza niż 25%, ale ich celem jest <20%)

Węgiel i materiał obojętny są dozowane oddzielnie w jednej rurze prowadzącej do kanałów gazów odlotowych, a każdy kanał ma własny system dozowania. Ponieważ kanał gazów odlotowych jest pod ciśnieniem, węgiel i materiał obojętny są zasysane do turbulentnego strumienia gazu utworzonego przez mieszalnik statyczny (skośna płyta) w kanale, a wstrzyknięty materiał staje się coraz bardziej rozproszony w gazie odlotowym. W kanałach, węgiel absorbuje pewną część polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów (i innych związków). W filtrach elektrostatycznych, węgiel, materiał obojętny i pyły są gromadzone i zawracane na taśmę spiekalniczą gdzie wiązania polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów pękają w strefie spiekania.

Inne techniki, które poprawiają wydajność filtra elektrostatycznego są sterowane przez programowalny układ logiczny i stosowanie do pięciu pól.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Doświadczenie ArcelorMittal Gent, w Belgii, z wtryskiwaniem węgla aktywnego przed filtrem elektrostatycznym pokazuje, że średnie roczne stężenie polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów na poziomie 0,5 ng I-TEQ/Nm³ może zostać osiągnięte w ściśle kontrolowanych warunkach, które zapewniają, że ściśle ograniczone poziomy tłuszczu, oleju i chlorku dodawane są do mieszaniny surowców w materiałach zwracanych i filtrach elektrostatycznych w optymalnym stanie. Aby osiągnąć te wyniki, typowa szybkość dozowania aktywnego węgla wynosi 80 mg/Nm³ i 200 mg/Nm³ wapienia. Konieczność dodawania wapienia i wymagany poziom dawkowania zależą od obciążenia pyłem wlotu gazu filtra elektrostatycznego.

Innymi zakładami stosującymi wstrzykiwanie dodatków absorpcyjnych są ArcelorMittal, Eisenhüttenstadt i Thyssen Krupp, Duisburg-Schwelgern, oba w Niemczech. W ArcelorMittal, Eisenhüttenstadt 80 mg sproszkowanego koksu węgla brunatnego jest wstrzykiwane na m³ gazu odlotowego (w sumie: 32 kg/godz.) [326, Buchwalder, J. et al 2008]. Odpowiednie stężenia polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów wynosiły między 0,115 i 0,255 ng I-TEQ/Nm³ w 2006 r. z uwzględnieniem niepewności pomiaru (cztery miejsca pomiaru w warunkach stanu ustalonego) [128, Sporenberg 2006]. W Thyssen Krupp, Duisburg-Schwelgern, w Niemczech, wtryskuje się zeolit i koks z węgla brunatnego. W okresie od stycznia do marca 2007 r. przeprowadzono osiem pomiarów miejscowych na każdej z trzech taśm. Przeciętne stężenie polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów dla trzech taśm wynosiło 0,152, 0,166 i 0,22 ng I-TEQ/Nm³.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Istnieje kilka wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska wynikających z wtrysku węgla do gazu odlotowego przed filtrem elektrostatycznym. Nie występują żadne dodatkowe pozostałości, ponieważ dodatkowy pył powstający w systemie mogą być poddany recyklingowi w spiekalniach gdzie węgiel i wapień są wykorzystywane w procesie spiekania, wiązania polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów pękają w strefie spiekania. Dodatkowy pył może wymagać oczyszczenia, jeśli drobne pyły zostaną usunięte z mieszanki spieku w celu poprawienia przepuszczalności złoża, zmniejszając tym samym możliwość powstawania polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów. W instalacjach, w których nie wszystkie pyły zebrane w filtrach elektrostatycznych są zawracane, może występować dodatkowy pył wymagający oczyszczenia. Nie ma znacznego wzrostu zużycia energii, ponieważ nie ma dodatkowych zmian ciśnienia w systemie gazów odlotowych.

Dane eksploatacyjne

Przy stosowania wtrysku węgla, temperatura gazu odlotowego musi wynosić ≤ 180 °C aby zmniejszyć ryzyko pożaru. Czas przebywania między punktem wtrysku i urządzeniem oczyszczającym spaliny jest czułym parametrem. W ArcelorMittal, w Ghent, w Belgii, wymagany czas przebywania to przynajmniej trzy sekundy przy temperaturze 150 - 180 °C. Zawartość węgla w zebranych pyłach musi być ograniczona w celu uniknięcia samozapłonu jak opisano powyżej. Obecność węgla w spalinach może prowadzić do pozytywnej zmiany w oporności cząstek pyłu, zwiększając wydajność systemu zbierania pyłu przez filtr elektrostatyczny, co powoduje obniżenie emisji cząstek stałych. Jednak technika ta nie ma zastosowania przy rozruchu i zakończeniu pracy zakładu ze względu na temperaturę.

Możliwość zastosowania

Wtrysk węgla przed filtrem elektrostatycznym jest techniką „końca rury” stosowaną w istniejących spiekalniach. Jednak dobrze utrzymany system oczyszczania gazu jest wymagany w celu zapewnienia niskiej emisji cząstek stałych (duże filtry elektrostatyczne z systemami impulsowymi).

Aspekty ekonomiczne

W ArcelorMittal, w Ghent, w Belgii, inwestycja dla dwóch spiekalni dla 1 600 000 Nm³/godz. wyniosła ~ 2 500 000 EUR w 2000 r. (konstrukcja stalowa, kosze, urządzenia dozujące, transport pneumatyczny i mieszalnik statyczny). Koszty zmienne wyniosły ~ 0,15 EUR/t spieku dla węgla aktywowanego, wapienia i dodatkowego zużycia energii w 2005 roku.

Motywacja do wdrożenia techniki

Głównym celem wdrożenia opisanej techniki były surowe normy dotyczące emisji lub inne wymagania prawne.

Przykładowe zakłady

Wtrysk węgla do spalin przed filtrem elektrostatycznym stosowany jest w ArcelorMittal, w Ghent, w Belgii od 2000 roku, w Thyssen Krupp Stahl w Duisburgu, w Niemczech od 2003 r., w ArcelorMittal, Eisenhüttenstadt, w Niemczech od lutego 2006 r. i w Hüttenwerke Krupp Mannesmann, w Duisburgu, w Niemczech w połączeniu z "niskoemisyjnym i zoptymalizowanym energetycznie systemem procesu spiekania" (LEEP) od grudnia 2001 roku.

Bibliografia

[7, Bothe 1993] [45, Gebert 1995] [61, Hodges 1995] [65, InfoMil 1997] [71, Kim et al. 1998] [128, Sporenberg 2006] [145, UBA Comments 1997] [187, TÜV SÜD 2007] [209, EC 2005] [241, Poland 2007] [242, Caughlin 2007] [244, Plickert 2007] [247, Netherlands

2007][252, France 2007][254, Eurofer 2007][276, Italy 2007][277, Wiesenberger 2007][295, Hartig et al. 2006][308, Eurofer 2007][326, Buchwalder, J. et al 2008]

3.3.2.2 Filtr workowy – łączona lub zintegrowana redukcja zanieczyszczeń stałych i gazowych

Opis

Filtry workowe stosowane w spiekalniach są zwykle umieszczane za istniejącym elektrofiltrem lub cyklonem, ale mogą być również eksploatowane jako niezależne urządzenie. Zazwyczaj usuwanie pyłu jest połączone z usuwaniem związków kwasowych gazów odpadowych, takich jak HCl, HF i SO_x przez wtryskiwanie wapna gaszonego lub roztworów wodorowęglanu sodu i usunięcie trwałych zanieczyszczeń organicznych, takie jak polichlorowane dibenzodioxyny/dibenzofurany, polichlorowane bifenyle, HCB lub TNP poprzez wstrzyknięcie adsorbentów (głównie sproszkowany koks z węgla brunatnego lub węgiel aktywny, i/lub czasami zeolity) (patrz Rysunek 3.15). Wszystkie pyły, węgiel/koks i nieprzereagowane reagenty odsiarczania, jak również produkty reakcji (gips i siarczan sodu) odsąca się za pomocą filtra workowego. Znaczną część usuniętego pyłu zawraca się do gazów odlotowych, w celu zwiększenia efektywności adsorpcji, a tym samym zmniejszenia kosztów eksploatacyjnych. Reszta jest odprowadzana z układu do unieszkodliwienia. W niektórych przypadkach, odprowadzany pył i dodatki są zwracane do taśmy spiekalniczej gdzie wiązania polichlorowanych dibenzodioxyn/dibenzofuranów pękają na czole płomienia. Przy zastosowaniu łącznego odsiarczania, stałe pozostałości z filtra workowego nie są zwykle zwracane do taśmy spiekalniczej z powodu uwolnienia SO₂.

Poszczególne etapy tego połączenia technik są następujące:

- Wtrysk adsorbentów (sproszkowany koks z węgla brunatnego lub węgla aktywnego i/lub zeolity) przed filtrem workowym w kanale gazu odlotowego w celu zmniejszenia emisji związków niebezpiecznych
- wtryskiwanie wodorowęglanu sodu lub wapna gaszonego do kanału gazu odlotowego w celu zmniejszenia emisji (np. SO_x, HCl, HF) w połączeniu z odpowiednim kondycjonowaniem spalin przez nawilżanie i regulację temperatury (90 - 100 °C)
- przechwytywanie pyłu na odpornym chemicznie filtrze workowym z automatycznym systemem odpylania (np. impulsowo-wtryskowy)
- recykling pyłu z powrotem do gazów odlotowych przed filtrem workowym. W niektórych przypadkach, zawracana jest duża ilość cząstek
- wydobycie gazów kominowych z układu z wentylatorem.

Wtryskiwanie związków alkalicznych, zazwyczaj wapna, również pomaga zapobiegać zatykaniu materiału filtracyjnego przez drobne cząstki lub związki organiczne oraz aby uniknąć korozji. Wapno tworzy warstwę na powierzchni worka (wstępne powlekanie worka) zapobiegającą tworzeniu się nieprzepuszczalnej warstwy i w konsekwencji zatykaniu materiału filtracyjnego.

Poniżej przedstawiono więcej szczegółów na temat tych technik.

Do oczyszczania związków kwasowych w gazie odlotowym z taśm spiekalniczych, zazwyczaj stosowany jest „proces półsuchej sorpcji”. Oznacza to, że wykorzystuje się dodatkową wodę w celu ochłodzenia gazu odlotowego do temperatury 90 - 100 °C dla skutecznego odsiarczania, a także w celu uniknięcia potencjalnego uszkodzenia filtrów workowych. Woda może być rozpylana bezpośrednio do strumienia gazu odlotowego.

Systemach filtrów workowych z recyrkulacją pyłu (patrz Rysunek 3.15) zazwyczaj posiadają mieszalnik do zawracania pyłów i wszelkich świeżych dodatków (wapno gaszone i/lub węgiel). W celu ułatwienia odsiarczania gazów odlotowych, do pyłu w mieszalniku dodawana jest wilgoć. Ilość dodanej wody zależy od temperatury gazów spalinowych, a to może mieć wpływ na osiągnięty stopień odsiarczania. Stopień odsiarczania jest określana

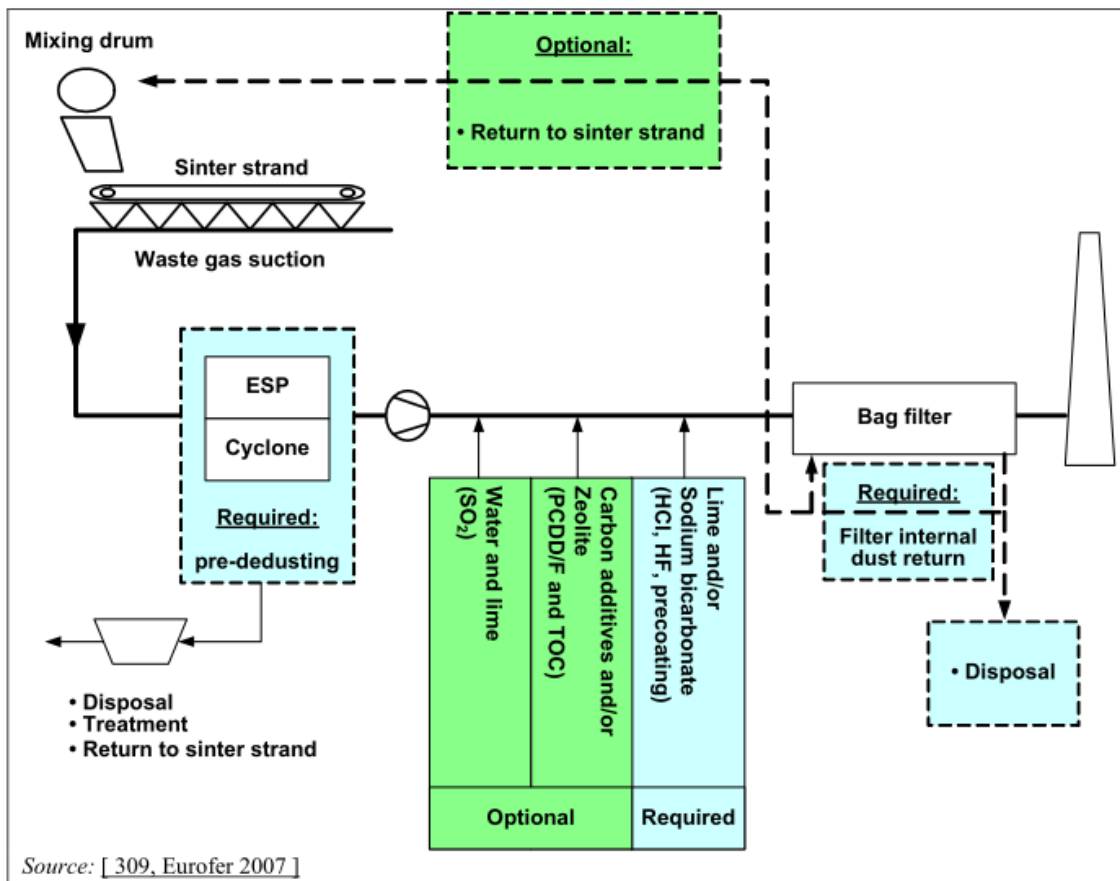
przez ilość dodanego wapna, przez szybkość recyrkulacji zgromadzonych pyłów, oraz przez zawartość wilgoci w recyrkulowanym pyłe. Odsiarczanie zależy również od jakości wapna gaszonego.

Zwykle filtr podzielony jest na kilka linii filtru o podobnej konstrukcji, z których każda jest podzielona na kilka komór. Wstępnie odpylony strumień gazu odlotowego jest równomiernie rozprowadzany na wierzchu każdej z linii filtrów i jest zasysany do dolnej części każdej komory. W komorze, gaz odlotowy przechodzi z zewnątrz rury filtracyjnej, a pył zbiera się na tkaninie gdy gaz przechodzi przez worek. Worki znajdują się na klatkach i mogą być montowane pionowo (dłuższe) lub poziomo (krótsze). Podczas oczyszczania gazu odlotowego, placek filtracyjny opiera się na zewnętrznej powierzchni worka, zwiększając spadek ciśnienia w worku. Po tym jak ciśnienie osiągnie zadaną wartość (zwykle różnica ciśnień pomiędzy filtrem i komorą czystego gazu z 10 do 20 mbar) komora zostaje wyłączona do czyszczenia przez zwrotny impuls sprężonego powietrza. Pył zbiera się w stożkowych pojemnikach poniżej komór filtracyjnych i jest odprowadzany przez przenośniki ślimakowe. Około 98% pyłu może zostać zawrócone do strumienia gazu odlotowego, jako dodatek; reszta jest odprowadzana z systemu w celu usunięcia lub ewentualnie odsyłana do taśmy spiekalniczej.

Przykładem połączonej redukcji zanieczyszczeń stałych i gazowych przez filtr workowy jest proces MEROS[®] (zmaksymalizowana redukcja emisji spiekania). Pełnowymiarowa instalacja działała na maszynie spiekalniczej 222 m² w Voestalpine Stahl GmbH, w Linz, w Austrii od sierpnia 2007 roku i zastąpiła system AIRFINE.

Inne przykłady łącznej redukcji zanieczyszczeń stałych i gazowych przez filtr workowy obejmują proces TFA (Treatment des Fumes d'Agglomération) w ArcelorMittal, Fos-sur-Mer, we Francji czy technologia spiekania EFA, która jest stosowana w Rogesa, Dillingen, w Niemczech. Podczas gdy proces TFA w Fos-sur-Mer jest w użyciu od 2006 roku, proces EFA w spiekalni nr 2 w Dillingen jest w fazie próbnej eksploatacji.

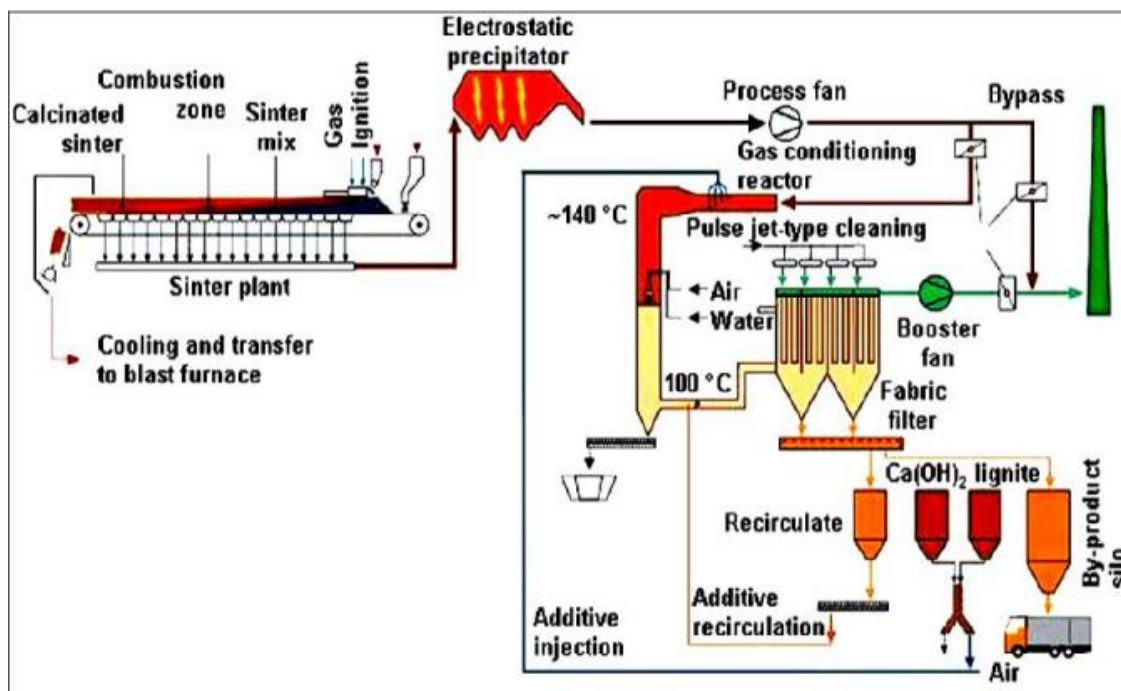
Rysunek 3.15 przedstawia podstawowy schemat technologiczny filtra workowego stosowanego przed filtrem elektrostatycznym lub cyklonem.



Mixing drum	bęben mieszalny
optional:	opcjonalnie:
return to sinter strand	powrót na taśmę spiekalniczą
sinter strand	taśma spiekalnicza
waste gas suction	odsysanie spalin
ESP	filtr elektrostatyczny
Cyclone	cyklon
required:	wymagane:
pre-dedusting	wstępne odpylenie
disposal	usuwanie
treatment	oczyszczanie
return to sinter strand	powrót na taśmę spiekalniczą
water and lime (SO ₂)	woda i wapno (SO ₂)
carbon additives and/or zeolite (PCDD/F i TOC)	dotatki węgla i/lub zeolitu (polichlorowane dibenzodioksyny/dibenzofurany i TOC)
Lime and/or sodium bicarbonate (HCl, HF, precoating)	Wapno i/lub wodorowęglan sodowy (HCl, HF, wstępna powłoka)
bag filter	filtr workowy
filter internal dust return	powrót wewnętrznego pyłu z filtra

Rysunek 3.16 przedstawia typowy schemat technologiczny spiekalni z dodanym systemem SIMETAL MEROS®.

Rysunek 3.16 przedstawia typowy schemat technologiczny spiekalni z dodanym systemem SIMETAL MEROS®.



Combustion zone	strefa spalania
Calcinated sinter	kalcynowany spiek
sinter mix	mieszanka spiekalnicza
gas ignition	zapłon gazu
sinter plant	spiekalnia
cooling and transfer to blast furnace	chłodzenie i transport do wielkiego pieca
electrostatic precipitator	filtr elektrostatyczny
process fan	wentylator procesowy
bypass	obejście
gas conditioning reactor	reaktor kondycjonowania gazu
pulse jet-type cleaning	oczyszczanie impulsowo-wtryskowe
air	powietrze
water	woda
booster fan	wentylator
fabric filter	filtr tkaninowy
recirculate	recyrkulacja
additive recirculation	recyrkulacja dodatku
Ca(OH) ₂ lignite	Ca(OH) ₂ węgiel brunatny
by-product silo	silos produktów ubocznych

Rysunek 3.16: Schemat technologiczny spiekalni z dodanym systemem SIMETAL MEROS®.

Chociaż technika ta jest inna w układzie procesowym, procesy wymienione powyżej wykorzystują konwencjonalne stosowanie dodatków takich jak węgiel aktywny lub aktywowany koks węgla brunatnego dla usuwania metali ciężkich i polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów, któremu towarzyszy recykling pyłu i ograniczenie emisji SO_x w przypadku dodatkowego wtrysku wapna i wody [127, Dr Fleischanderl, Alexander 2006].

Usunięty pył składa się z pierwotnego pyłu, węgla/koksu nie przereagowanych odczynników deSO_x. Aby zmniejszyć koszty dodatków, większość pyłu oddzielonego w filtrze workowym zawraca się do strumienia gazu, co umożliwia tym nieprzereagowanym dodatkom na

ponowne wejście w kontakt z gazami odlotowymi, a tym samym na zmniejszenie kosztów dodatków.

Kolejną zaletą jest to, że wysokie stężenie zawracanego pyłu (pomiędzy 1 a do 1000 g/Nm³ w zależności od techniki) prowadzi do szybkiego zbierania pyłu na filtrze workowym, co sprzyja dalszemu usuwaniu metali ciężkich i polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów. SO_x jest redukowany przez wapno gaszone dla wszystkich wymienionych technik, ale wodorowęglan sodu również może być stosowany.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Filtr workowy jest bardzo skuteczny w ograniczaniu emisji pyłu i metali ciężkich w strumieniu gazu odlotowego. Filtry workowe z dodatkami także ograniczają emisje polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów, kwasu solnego (HCl), kwasu fluorowodorowego (HF) oraz, w mniejszym stopniu, dwutlenku siarki (SO₂). W szczególności emisje polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów mogą być znacznie ograniczane. Stwierdzono również znaczne ograniczenie VOC i PAH.

Dane eksploatacyjne dla europejskich spiekalni wykorzystujących filtry workowe znajdują się zwykle w zakresie od 1 do 10 mg/Nm³ cząstek stałych w przeliczeniu na dzienną średnią obejmującą okresy szczytowe. Nielotne metale ciężkie są ograniczane jednocześnie z pyłem.

Dodatek wapna i węgla umożliwia zmniejszenie emisji dioksyn do <0,1 ng I-TEQ/Nm³.

Lotne metale ciężkie i VOC są ograniczane jednocześnie przez zastosowanie dodatków i zeolitów, które zawierają węgiel. Na przykład, rtęci jest ograniczано o 80 - 95%.

SO₂ może zostać ograniczony o około 30 - 80% za pomocą wapna gaszonego i do 90% za pomocą wodorowęglanu sodu. Zapewnia to emisje SO₂ pomiędzy 100 i 500 mg/Nm₃, w zależności od ilości wapna lub wodorowęglanu sodu, które są wtryskiwane. W zależności od wprowadzanego SO₂ można osiągnąć średnie dzienne dla SO_x poniżej 350 mg/Nm³.

Z dodatkiem wapna można osiągnąć stężenia emisji HF 0,2 - 1 mg/Nm³ i stężenia emisji HCl 1 - 10 mg/Nm³ (średnia dzienna).

Osiągnięte poziomy środowiskowe odnotowane dla czystego gazu z systemów filtrów workowych podano w tabeli 3.17.

Tabela 3.17: Wydajność trzech taśm spiekalniczych z systemami filtrów workowych

Parametr	Ilość wejściowa (gaz surowy)	Wyniki ⁽¹⁾	Jednostki
Pył	80 - <500	0.73 - 15	mg/Nm ³
SO ₂	450 - <800	225 - <500 ⁽²⁾	mg/Nm ³
HCl	<60	0.31 - 30 ⁽³⁾	mg/Nm ³
HF		0.34 - 1 ⁽³⁾	mg/Nm ³
PCDD/F		<0.1	ng/Nm ³
Pb		0.17	mg/Nm ³
Suma Hg, Tl, Cd		0.007	mg/Nm ³
Temperatura	145	100	°C

⁽¹⁾ Niektóre wartości stanowią gwarantowane wydajności.
⁽²⁾ Usuwanie SO₂ w dużym stopniu zależy od recyrkulacji cząstek w systemie filtrów oraz od dodania wody. Wartości osiągnięte przez wtryskiwanie wapna/aktywowanego koksu.
⁽³⁾ Dolna granica zakresu jest osiągnięta przez wtryskiwanie wapna.
Źródło: [190, Eurofer 2010 || 194, Leroy et al 2007 || 211, Remus, Rainer 2008 || 287, MVAE2005 || 296, Leroy et al. 2007 || 244, Plickert 2007].

Tabela 3.18 przedstawia przykłady uzyskanych wartości stężeń emisji dla emisji z taśm spiekalniczej po odpyleniu z zastosowaniem filtra elektrostatycznego i filtra workowego, tym informacje statystyczne i odpowiadające im okresy odniesienia.

Tabela 3.18: Uzyskane wartości stężeń emisji dla odpylania taśmy spiekalniczej w pięciu spiekalniach w UE

Parametr	Poziom emisji	Percentyl		Jednostka	Okres referencyjny
		5 %	95 %		
Pył	0.73 - 15			mg/Nm ³	DAV
	0.9 ⁽¹⁾	0.8	1.4		DAV
CO	21 000			mg/Nm ³	AAV
NO _x	48 - 290			mg/Nm ³	DAV
	240 ⁽¹⁾	230	260		DAV
SO _x	495			mg/Nm ³	b.d.
	455	399	498		DAV
	263 ⁽¹⁾				DAV
HF	0.34			mg/Nm ³	AAV
	0.2 ⁽¹⁾				DAV
HCl			3	mg/Nm ³	HHAV
	0.31 - 3				b.d.
	2 ⁽¹⁾	<1	2.4		HHAV
Cd	0.0003			mg/Nm ³	AAV
	0.013				AAV
	<0.002 ⁽¹⁾				HHAV
As	<0.001			mg/Nm ³	AAV
As, Ni Ni	0.0006			mg/Nm ³	AAV
	<0.002 ⁽¹⁾				HHAV
Hg	0.01 - 0.075 ⁽¹⁾ ⁽²⁾			mg/Nm ³	DAV/ HHAV
Cr V	<0.002 ⁽¹⁾			mg/Nm ³	HHAV
	0.007 ⁽¹⁾				HHAV
Pb	<0.001			mg/Nm ³	AAV
	<0.002 ⁽¹⁾				AAV
Pb, Cr, Cu, Mn	0.05			mg/Nm ³	AAV
NMVOC	47 - 50			mg/Nm ³	AAV
	30 ⁽¹⁾	22	33		HHAV
CH ₄	18.5 ⁽¹⁾	15	21	mg/Nm ³	HHAV
PCDD/F	0.08 - 0.18			ng/Nm ³	AAV
	0.05 ⁽¹⁾	0.044	0.057		8 HAV
BaP	0.1 ⁽¹⁾			μg/Nm ³	8 HAV

⁽¹⁾ Dane dotyczące wydajności z taśmy spiekalniczej przy użyciu techniki MEROS (instalacja pełnowymiarowa).

⁽²⁾ W zależności od zawartości rtęci w rudach krajowych, wartości mogą sięgać 0,075.

Uwaga: b.d = brak danych

— AAV = Średnia wartość roczna.

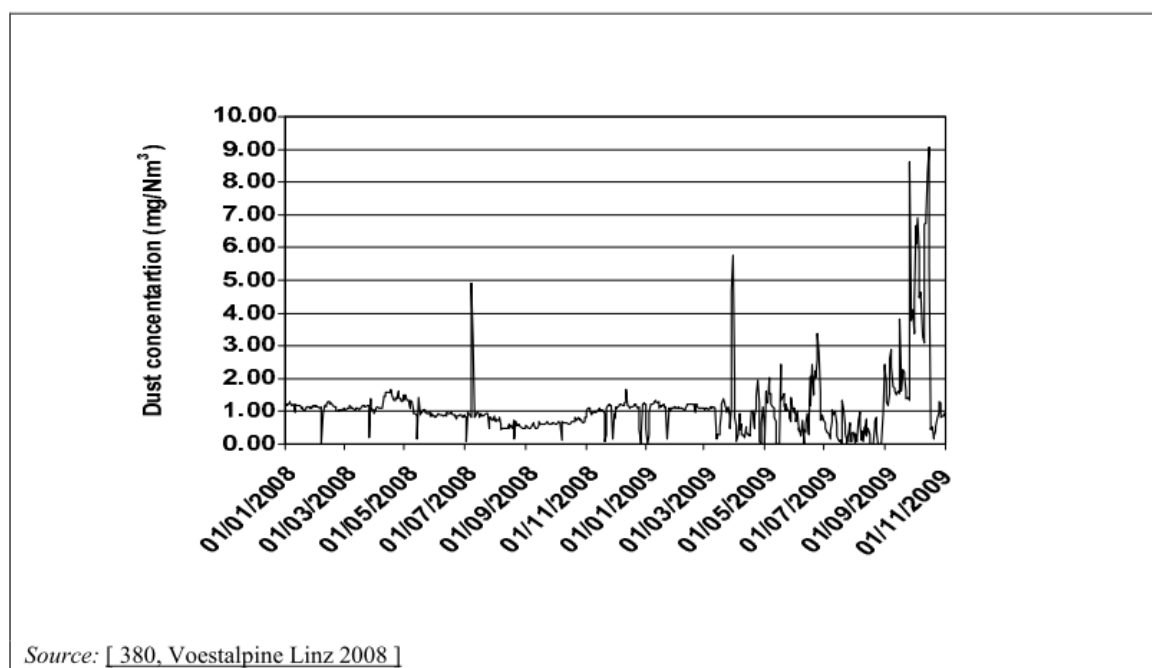
— DAV = średnia wartość dzienna.

— HHAV = Średnia wartość półgodzinna.

— 8 HAV = Średnia wartość co osiem godzin.

Źródło: [190, Eurofer 2010] [193, Voestalpine Linz 2010] [244, Plickert 2007] [382, Linz 2008].

Rysunek 3.17 przedstawia średnie wartości dzienne dla pyłu z jednej taśmy spiekalniczej wyposażonej w filtr workowy od ponad 23 miesięcy (od stycznia 2008 r. do października 2009 r.).



dust concentration (mg/Nm ³)	stężenie pyłu (mg/Nm ³)
--	-------------------------------------

Rysunek 3.17: Średnie wartości dzienne dla emisji pyłu z jednej taśmy spiekalniczej wyposażonej w filtr workowy od stycznia 2008 r. do października 2009 r.

Stosowanie filtrów workowych ułatwia zwiększenie recyklingu dioksyn i pozostałości zawierających metale ciężkie. W jednym z przykładów, ilość odzyskanego pyłu z gazu wielkopieczowego została zwiększona z 6 000 ton do 39 000 ton rocznie [183 Weiss 1998].

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Filtry workowe generują przepływ stałych pozostałości procesowych (0,5 do 1 kg/t spieku), które zawraca się do procesu spiekania. W niektórych przypadkach, przechwytywany pył zawiera niepożądane związki (np. cynk, ołów, alkalia), uniemożliwiające jego ponowne wykorzystanie. W takim przypadku, część lub wszystkie stałe pozostałości procesowe powinny zostać odrzucone jako odpady do dalszej obróbki lub usunięcia.

W spiekalni ArcelorMittal Bremen w Niemczech, która funkcjonuje bez odsiarczania, oddzielony pył i dodatki z filtra workowego są w całości zawracane do taśmy spiekalniczej gdzie wiązania polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów pękają na czole płomienia. Oddzielony pył w Voestalpine Stahl GmbH, w Donawitz, w Austrii należy usunąć, ponieważ zawiera znaczne ilości siarki, chlorku, fluoru i alkaliów. Pył oddzielony na filtrze elektrostatycznym (używanym tylko jako urządzenie do wstępnego odpylania) jest zawracany lub usuwany w zależności od zawartości chlorków alkalicznych, co może zwiększyć pozostałą zawartość pyłu w oczyszczonych spalinach, gdy zostanie zawrócony do taśmy spiekalniczej.

Zastosowanie filtra workowego wymaga instalacji nowych wentylatorów wspomagających. Dodatkowe zapotrzebowanie na energię elektryczną obejmujące wentylatory, urządzenia grzewcze, silniki i urządzenia pomocnicze wynosi około 1,5 kWh/1000 Nm³/godz. w porównaniu do 1,0 kWh/1000 Nm³/godz. tylko z filtrem elektrostatycznym.

Dane eksploatacyjne

Recykulacja cząstek stałych w wnętrzu systemu w celu utworzenia wstępnej warstwy powlekaną na powierzchni worków jest stosowana w celu poprawy efektywności odpylania i zwiększenia żywotności worków.

Trwały materiał worka jest ważnym elementem tej techniki. Różne rodzaje materiału filtracyjnego tkaniny o konkretnych cechach mogą być wykorzystane do osiągnięcia równowagi między wydajnością ograniczania emisji, żywotnością i kosztami (zob. Tabela 3.22).

Zastosowanie węgla aktywnego lub koksu węgla brunatnego różni się pod względem wielkości ziarna i efektywnej powierzchni adsorpcyjnej powierzchni i wymaganą ilością. Aktywowany węgiel ma większą powierzchnię wolną i wykazuje bardzo dobre efekty adsorpcyjne. Koks z aktywowanego węgla brunatnego jest bardziej ekonomiczną alternatywą do aktywowanego koksu i drobnego koksu z węgla brunatnego o średnicy 0,024 mm, a także wykazuje bardzo dobrą wydajność adsorpcji i umożliwia zmniejszenie o połowę tempa dozowania w porównaniu do stosowania standardowego koksu z węgla brunatnego [367, Prüm i in. 2005]. Czasami konieczne jest dodanie materiałów obojętnych do wstrzykiwanych materiałów zawierających węgiel w celu zapobieżenia zapłonowi. Tabela 3.19 pokazuje właściwości różnych adsorbentów i materiałów absorbcyjnych.

Tabela 3.19: Charakterystyka różnych materiałów adsorpcyjnych i absorbcyjnych

Materiały adsorpcyjne i absorpcyjne		Wielkości ziarna (mm)	Powierzchnia BET ⁽¹⁾ (m ² /g)	Wytrącane zanieczyszczenia
Wapno	CaO	12	1 - 3	HCl, HF, SO ₂
Wapno gaszone	Ca(OH) ₂	<8	15 - 45	
Wodorowęglan sodu	NaHCO ₃		b.d.	
Standardowy sproszkowany koks aktywowanego węgla brunatnego	Węgiel	0.063	300 - 400	Związki organiczne Metale ciężkie
Drobny, sproszkowany aktywowany koks węgla brunatnego	Węgiel	0.024	1200	
Sproszkowany aktywowany węgiel (drzewny)	Węgiel		500 - 1600	
Zeolit	Z		4 - 90	

(¹) BET – Akronim od nazwisk osób, które rozwinęły tę teorię jako regułę dla fizycznej adsorpcji cząsteczek gazu na powierzchni ciała stałego.
Uwaga: b.d = brak danych
Źródło: [59, Nethe 2005].

W celu osiągnięcia efektywnej adsorpcji polichlorowanych dibenzodioxyn/dibenzofuranów, konieczne jest zapewnienie szybkiego rozprowadzania dodatku węgla w odcinku kanału. Po wstrzyknięciu, proces absorpcji i adsorpcji rozpoczyna się w kanałach i rozwija się dalej w placku filtracyjnym. Dodatki węgla wraz z pyłem są przechwytywane w filtrze workowym i są usuwane z filtru w zwykły sposób. Znaczna część tego pyłu i dodatków jest zawracana do strumienia gazu odlotowego, a resztę odprowadza się z układu do usunięcia. W niektórych przypadkach, odprowadzany pył i dodatki są całkowicie zwracane do taśmy spiekalniczej gdzie wiązania polichlorowanych dibenzodioxyn/dibenzofuranów pękają na czole płomienia.

Tabela 3.20 przedstawia porównanie stosowania wodorowęglanu sodu i wapna gaszonego.

Tabela 3.20: Typowe wartości operacyjne podczas stosowania wodorowęglanu sodu i wapna gaszonego jako dodatków

Parametr	Wodorowęglan sodu	Wapno gaszone
Współczynnik stechiometryczny	1.1 - 1.4	2 - 4
Pozostałości ⁽¹⁾	60 - 70 %	100 %
Koszt reagentu (1)	140 - 210 %	100 %
DeNO _x (jeśli jest wymagany)	Mniej paliwa do ogrzewania gazowego	Więcej paliwa do ogrzewania gazowego
Temperatura gazu na wylocie	Tak samo jak na wlocie	90 - 100 °C
⁽¹⁾ Względne wartości odnoszą się do ilości w przypadku stosowania wapna gaszonego. Źródło: [277, Wiesenberger 2007] [294, Fleischanderl 2006].		

Poprzez wtrysk wody, temperatura spalin jest obniżana, a wydajność redukcji emisji zanieczyszczeń kwasowych zwiększa się. Nowoczesne techniki filtrów workowych posiadają systemy, które zmniejszają temperaturę gazów spalinowych do 120 °C lub nawet do 80 °C, bezpośrednio lub przez wtrysk wody do komory reaktora lub pośrednio przez kondycjonowanie zawracanych cząstek z wodą. Świeżo skruszony wodorowęglan sodu jest wprowadzany do kanałów gazów spalinowych w temperaturze powyżej 140 °C. Stosowanie wapna gaszonego wymaga więcej energii do ponownego ogrzania gazu.

Dodatki (np. wapno gaszone, koks z węgla brunatnego, wodorowęglan sodu) mogą być stosowane elastycznie, zależnie od potrzeb środowiskowych. Wodorowęglan sodu jest stosowany przy wyższym poziomie odsiarczania lub gdy wymagane jest system deNO_x. Dodatki są przechowywane w silosie a wodorowęglan sodu jest mielony przed wtryskiwaniem.

W celu zwiększenia efektywności oczyszczania gazu i znacznego zmniejszenia kosztów dodatków, większość oddzielonego pyłu z filtra workowego jest zawracana do strumienia gazów odlotowych za reaktorem kondycjonującym. Nieprzereagowane adsorbenty ponownie wchodzi w kontakt z gazem odlotowym, zwiększając wydajność adsorbentu i obniżając koszty eksploatacji. Produkty reakcji i pył są zwykle składowane pod ziemią z powodu drobnej wielkości ziarna.

Jeśli węgiel jest stosowany w celu osiągnięcia dalszego ograniczania emisji polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów, szczególną uwagę należy zwrócić na ryzyko pożaru filtra. Można zainstalować wykrywacze iskier, a kiedy jest to konieczne, filtr jest pomijany. Filtry zazwyczaj są pomijane podczas uruchamiania/wyłączenia taśmy spiekalniczej.

Filtry workowe są podzielone na linie i dalej na różne komory. Kiedy element filtra workowego ulegnie uszkodzeniu, jedynie odpowiednia komora jest zamykana żeby wymienić ten element.

Możliwość zastosowania

Filtr workowy może być traktowany jako technika „końca rury”, która może być stosowana zarówno w nowych jak i istniejących zakładach. W przypadku istniejących zakładów istotne mogą okazać się takie wymogi, jak zapewnienie przestrzeni do instalacji za filtrem elektrostatycznym. Należy zwrócić szczególną uwagę na wiek i efektywność istniejącego filtra elektrostatycznego.

Aspekty ekonomiczne

Przy szacowaniu kosztów filtra workowego z jednostką wtrysku strumienia, należy mieć na uwadze fakt, że instalacje te nie są wykorzystywane wyłącznie do oddzielenia pyłu, ale również do ograniczania polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów, metali ciężkich

i kwaśnych gazów, takich jak HF, HCl i SO₂. Inwestycja jest w granicach 16 EUR do 35/Nm³/godz. (dla nowych i istniejących zakładów).

Decydującymi czynnikami kosztowymi są spadek ciśnienia, przepływ spalin, materiał tkaniny i obciążenie filtra. Koszty operacyjne wynoszą około 0,3 - 0,6 EUR na tonę spieku i zależą głównie od kosztów dostarczania węgla aktywnego oraz wapienia i dodatkowej energii. Przykłady kosztów przedstawiono w tabeli 3.21.

Motywacja do wdrożenia techniki

Spiekalnie są głównym źródłem pyłów i emisji dioksyn/furanów ze zintegrowanych hut. Motywacją do wdrożenia techniki jest spełnienie określonych wartości dopuszczalnych emisji pyłów, metali ciężkich i polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów, w celu obniżenia emisji krajowych, aby spełnić krajowe cele ograniczania emisji zgodnie z krajowymi i międzynarodowymi przepisami, reputacją środowiskową, a w przypadku instalacji w Voestalpine Stahl GmbH, w Linz, w Austrii, ulepszoną ekonomiką w porównaniu do systemu AIRFINE.

Według konwencji bazylejskiej i odpowiedniego rozporządzenia (WE) 850/2004 dotyczącego trwałych zanieczyszczeń organicznych, zmienionego rozporządzeniem (WE) 304/09/EC, transgraniczne przemieszczanie odpadów, takich pył z filtra zawierający żelazolub osady w celu recyklingu jest dopuszczalne tylko, jeżeli zakład odbioru przestrzega ELV dla polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów o wartości 0,1 ng I-TEQ/m³.

Tabela 3.21: Przykłady kosztów filtrów workowych zainstalowanych w spiekalni

Spiekalnia	Charakterystyka ekonomiczna	Koszt (Euro)	Uwagi
ArcelorMittal Bremen, Niemcy	Koszty inwestycyjne	6.5 mln EUR w 1992 r (3.6 EUR na tonę spieku w 1992 r.) 16.25 EUR/Nm ³ /godz.	Dodatkowy wtrysk węgla; Objętość gazów odlotowych: 0,4 mln Nm ³ /godz.
Voestalpine Stahl GmbH, Donawitz, Austria	Koszty inwestycyjne	Razem 9.3 mln EUR w 2002 r. (= 6 EUR na tonę spieku w 2002 r.) Filtr workowy 6.5 mln EUR (= 4.17 EUR na tonę spieku) 29 EUR/Nm ³ /godz. w 2002 r.	Filtr workowy po filtrze elektrostatycznym; objętość gazów odlotowych: 0.32 mln Nm ³ /godz. w 2008 r.
	Koszty operacyjne, np.: <ul style="list-style-type: none"> • unieszkodliwienie odpadów • zapotrzebowanie na energię • koszty amortyzacji 	1.6 - 1.8 EUR/t spieku w 2008 r. 0,5 – 0,7 EUR/t spieku w 2008 r. 0,4 EUR/t spieku w 2008 r. 0.3 EUR/t spieku w 2008 r.	
ArcelorMittal, Fos sur Mer, Francja.	Koszty inwestycyjne	Razem 16 mln EUR (= 2,4 EUR/t spieku, biorąc pod uwagę całość produkcji; 4,8 EUR/t spieku biorąc pod uwagę wielkość instalacji = 50% przepływu) 21 EUR/Nm ³ /godz. Wszystkie dane pochodzą z 2005 roku	Projekt ma trzy równoległe filtry workowe. Objętość gazu odlotowego: 1,4 mln Nm ³ /godz. Jednak, tylko 50% gazu odlotowego jest oczyszczana przez filtr workowy (700 000 Nm ³ /godz.)
Rogesa, Dillingen, Niemcy (system oczyszczania gazu EFA w spiekalni nr 2 w Dilingen jest nadal w fazie eksploatacji próbnej)	Koszty inwestycyjne	Ok. 22 million EUR 20/Nm ³ /godz. Dane pochodzą z 2006 r. i nie obejmują niektórych kolejnych niezbędnych kosztów modyfikacji i optymalizacji	Filtr workowy z wtryskiem recyrkulacji wapna i koksu i koksu aktywowanego węgla brunatnego; objętość gazów odlotowych: 0,6 mln Nm ³ /godz.
<p>Uwaga: W krajach UE, usuwanie pyłów z filtrów ze spiekania może powodować znaczne dodatkowe koszty. Źródło: [200, Commission 2001] [249, Netherlands 2007] [252, France 2007] [260, Germany 2007] [277, Wiesenerger 2007] [296, Leroy et al. 2007] [309, Eurofer 2007].</p>			

System oczyszczania gazu EFA w spiekalni nr 2 w Dilingen jest nadal w fazie eksploatacji próbnej)

Przykładowe zakłady

Filtry workowe są stosowane w procesie spiekania do odpylania gazów odlotowych od początku lat 90-tych. W Europie, liczba spiekalni oczyszczających gazy odlotowe za pomocą filtrów workowych wzrosła od 2002 r. i obecnie obejmuje:

- ArcelorMittal, Bremen, Niemcy od 1992 r.
- DK Recycling, Duisburg, Niemcy
- Voestalpine Stahl GmbH, Donawitz, Austria. Oczyszczalnia gazu ze spiekalni działa od 2002 roku i ma wydajność 400 000 Nm³/godz..
- Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria. Pełnowymiarowa instalacja MEROS działa od sierpnia 2007 roku i zastąpiła system AIRFINE
- ArcelorMittal, Fos sur Mer, Francja. Przemysłowa eksploatacja trwa od 2006 roku. Produkcja spieku wynosi 21 000 t/dzień. System filtrów workowych stosuje wapno gaszone jako adsorbent przy wydajności 700 000 m³/godz. gazów odlotowych ze spiekalni (50% całkowitych gazów odlotowych ze spiekalni)
- Rogesa, Dillingen, Niemcy. System czyszczenia gazów odlotowych o wydajności 600 000 Nm³/godz. z filtrem workowym umieszczonym przed filtrem elektrostatycznym działa próbnie od 2009 roku. System wstrzykuje również wapno i koks z aktywowanego węgla brunatnego przed filtrem workowym. Drugą taśmę spiekalniczą obsługuje inny zakład o wydajności 900 000 Nm³/godz.

W Stanach Zjednoczonych co najmniej trzy spiekalnie oczyszczają gazy odlotowe z taśm spiekalniczych w filtrach workowych:

- Inland Steel, Wschodnie Chicago, Stany Zjednoczone.
- Warren Consolidated Industries (WCI), Youngstown Sinter Company, Warren, Ohio, Stany Zjednoczone.
- US Steel, Gary Works, Gary, Indiana, Stany Zjednoczone.

Dla trzech spiekalni montaż filtrów workowych jest planowany lub został zamówiony:

- Thyssen Krupp Stahl, Duisburg, w Niemczech ogłosił modernizację wszystkich trzech spiekalni obejmującą instalację filtrów workowych po istniejących elektrofiltrach do 2011 r.
- Salzgitter AG, Salzgitter, Niemcy. System oczyszczania gazów odlotowych o wydajności 680 000 Nm³/godz. filtrem workowym przed filtrem elektrostatycznym został zamówiony. • Zakład ma rozpocząć pełne funkcjonowanie w marcy 2010 r.
- W Corus, w IJmuiden, w Holandii, próby z filtrami workowymi zostaną zrealizowane w 2009 roku. W zależności od wyników, jedna z trzech taśm spiekalniczych zostanie wyposażona w pełny filtr workowy w 2010 roku, a pozostałe dwie taśmy spiekalnicze zostaną doposażone w filtry workowe w 2013 r.

Bibliografia

[217, Siemens-vai 2006] [294, Fleischanderl 2006] [295, Hartig et al. 2006] [298, Fleischanderl 2006] [244, Plickert 2007] [252, France 2007] [277, Wiesenberger 2007] [382, Linz 2008]

Tabela 3.22: Dane eksploatacyjne i ekonomiczne dotyczące filtrów workowych w spiekalniach

		Jednostka	ArcelorMittal, Bremen, Niemcy	Voestalpine, Donawitz, Austria	Voestalpine, Linz, Austria	DK Recycling Duisburg, Niemcy (1)	ArcelorMittal Fos sur Mer, Francja
Wydajność spiekania	projektowana	t spieku/godz.		b.d.			21 000 t/d
	rzeczywista		325	177		59	
Strumień gazów odlotowych	projektowany	1 x10 ⁶ Nm ³ /godz	0.58	b.d.			
	rzeczywisty		0.49	0.32		0.28	
Wstępne odpylanie			Suchy filtr elektrostatyczny (dwa pola)	Suchy filtr elektrostatyczny (trzy pola)		Wstępne odpylanie przez filtr elektrostatyczny, wtrysk wapna hydratyzowanego i koksu węgla brunatnego, filtr workowy	
Pył	Wlot	mg/Nm ³	ok. 211-267	150-250			80
	Wylot	mg/Nm ³	1 - 15	<3	<2	<0.5	<10
	Wydajność	%	>98.5	>98.5			
Usuwanie dioksyn	Wlot	ng I-TEQ/Nm ³	0.64-0.91	ok. 0.4			
	Wylot	ng I-TEQ/Nm ³	0.07-0.11	<0.1	<0.05	0.23	<0.1
	Wydajność	%	90	>90			

Usuwanie HCl	Wlot	mg/Nm ³		Maks. 100			
	Wylot	mg/Nm ³	2.6-3.6	10	<1	<0.4-1.4	
	Wydajność	%		ok. 90			
Usuwanie HF	Wlot	mg/Nm ³		7.4			
	Wylot	mg/Nm ³	0.57-0.60	<0.2	<0.2	<0.40	
	Wydajność	%		ok. 95			
Usuwanie SO ₂	Wlot	mg/Nm ³		700			450
	Wylot	mg/Nm ³	500	380	263	399.8	<225
	Wydajność	%		45			

		Jednostka	ArcelorMittal, Bremen, Niemcy	Voestalpine, Donawitz, Austria	Voestalpine, Linz, Austria	DK Recycling Duisburg, Niemcy ⁽¹⁾	ArcelorMittal Fos sur Mer, Francja
Usuwanie metali ciężkich	Wydajność	mg/Nm ³	Za filtrem elektrostatycz- nym: Al: 0.2 As: 0.009 Cd: 0.076 Cr: 0.01 Cu: 0.93 Hg: 0.013 Ni: 0.01 Pb: 13.4 Zn: 0.41	Za filtrem workowym: Al: 0.04 As: 0.0003 Cd: 0.001 Cr: 0.003 Cu: 0.003 Hg: 0.0013 Ni: 0.006 Pb: 0.02 Zn: 0.12	b.d.	Cd: <0.002 Ni: <0.002 Pb: <0.002	Cd: <0.001 Ni: <0.002 Pb, Cr, Cu, Mn: <0.02 - <0.05
Dodatki		mg/Nm ³	Wapno gaszone (Ca(OH) ₂): ok. 450 Proszek koks węgla brunatnego: ok. 100	Ca(OH) ₂ ok. 1500 Aktywowany koks węgla brunatnego ok. 100		Ca(OH) ₂ Koks węgla brunatnego	Węgiel aktywny
Produkt odpadowy	Generowanie	kg/t spieku	ok. 1	ok. 2.5		9.7	
	Ponowne wykorzystanie		Zawracany do spiekalni	b.d.		częściowo	
Rodzaj tkaniny			Nomex [®] , Rastex [®]	Nomex [®]		PTFE	Aramidy
Rodzaj oczyszczania			impulsowo-wtryskowy	impulsowo- wtryskowy		wtlaczanie powietrza	
Spadek ciśnienia		mm słupa wody	150	ok. 150		170	
Inwestycje ⁽²⁾ :		EUR × 10 ⁶	Filtr workowy: 7.3 (w 1993 r.) Dozownik dodatku: 1.1	Filtr workowy: 6.5		10.5	

			(w 2002 r.) System łącznie: 9.3			
Koszty eksploatacji ²	EUR/t spieku	Energia: 0.11 (w 1996 r.) Inne: silnie uzależniona od rodzaju i czasu pracy filtra workowego	1.6-1.8 (patrz Tabela 3.22)		3.32	
<p>(¹) Dane dla 2008 r. (²) Dla wszystkich przykładów waluty przekształcono na ECU w 1996 r. a dla przeglądu w EUR. Uwaga: b.d = brak danych Źródło: [65, InfoMil 1997] [99, DK Recycling 2009] [107, N.N. 2009] [164, Weiss 1996] [211, Remus, Rainer 2008] [244, Plickert 2007] [309, Eurofer 2007] [342, GWAA Bremen2005] [382, Linz 2008].</p>						

3.3.2.3 *Cyklony*

Opis

Cyklony są tylko urządzeniami do obróbki wstępnej, lub wykorzystywane są jako osłona dla urządzeń (np. do rozdzielania iskry), ale w Europie nie są nigdy stosowane jako samodzielne techniki ograniczające w procesie spiekania. Cyklony oddzielają pył przez działanie odśrodkowe. Ponieważ opierają się one na zasadzie inercji, są skuteczne tylko gdy pył jest stosunkowo gruboziarnisty. Multicyklon stosuje tę samą zasadę za pomocą równoległego szeregu cyklonów, uzyskując tym samym większą wydajność. Cyklony są czasem wykorzystywane w spiekalniach jako pośrednie urządzenie oczyszczania gazu w celu ochrony sprzętu (np. przewodów wentylacyjnych i wentylatorów) przed efektem ścierającym pyłu obecnego w spalinach.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Dla cząstek $>10 \mu\text{m}$, odnotowano skuteczność usuwania na poziomie 90 - 95% przy zastosowaniu multicyklonu. Jednakże, ze względu na stosunkowo małe rozmiary pyłu w gazach odlotowych spiekalni, założono tutaj skuteczność na poziomie 60 do 80%. W ten sposób, stężenia wylotowe ze spiekalni wynoszą od 300 do 600 mg/Nm^3 , w zależności od stężenia wlotowego i rozkładu wielkości cząstek.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Nieznaczny spadek ciśnienia (0,5 kPa) zwiększa zużycie energii pomp ssących gazów odlotowych o około 200 kW dla spiekalni o przepływie spalin 1 000 000 $\text{Nm}^3/\text{godz.}$ oraz produkcji 4 000 000 ton spieku rocznie. Sprowadza się to do 1 MJ/t spieku, lub mniej niż 0,1% zużycia energii spiekalni. Ponadto, wytwarzane są stałe odpady, które zwracane są w pełni do procesu spiekania.

Dane eksploatacyjne

Cyklony działają sprawnie w warunkach ścierania i wilgoci, zmniejszając stężenie pyłu w spiekalniach z wydajnością około 60 do 80%, w zależności od ciężaru właściwego pyłu. W Corus, IJmuiden, w Holandii osiągnięto stężenie wylotowe 300 mg/Nm^3 przy użyciu multicyklonu.

Możliwość zastosowania

Cyklony można stosować w nowopowstałych i już istniejących zakładach.

Aspekty ekonomiczne

Inwestycje oszacowano na 500 do 750 EUR za 1000 $\text{Nm}^3/\text{godz.}$ W przypadku spiekalni o przepływie spalin 1 000 000 $\text{Nm}^3/\text{godz.}$, wyniosły one od 0.5 do 0.75 mln EUR. Koszty eksploatacyjne zależą od spadku ciśnienia, a tym samym od kosztów zużycia energii. Wspomniano o liczbie od 0,007 do 0,015 EUR na 1000 Nm^3 . Dla wspomnianej wyżej spiekalni, liczba ta wyniosła od 60 000 do 127 000 EUR rocznie, co odpowiada 0,02 do 0,04 EUR/t spieku. Dla wszystkich przykładów waluty przekształcono na ECU w 1996 r. a dla przeglądu w EUR.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Wiele spiekalni na całym świecie stosuje cyklony jako urządzenia do ograniczania emisji gruboziarnistych pyłów. Na przykład: Corus, IJmuiden, Holandia; Wakamatsu/Yawata Works, Japonia.

Bibliografia

[65, InfoMil 1997] [310, Eurofer 2007]

3.3.2.4 Płuczki mokre dokładnego oczyszczania

Opis

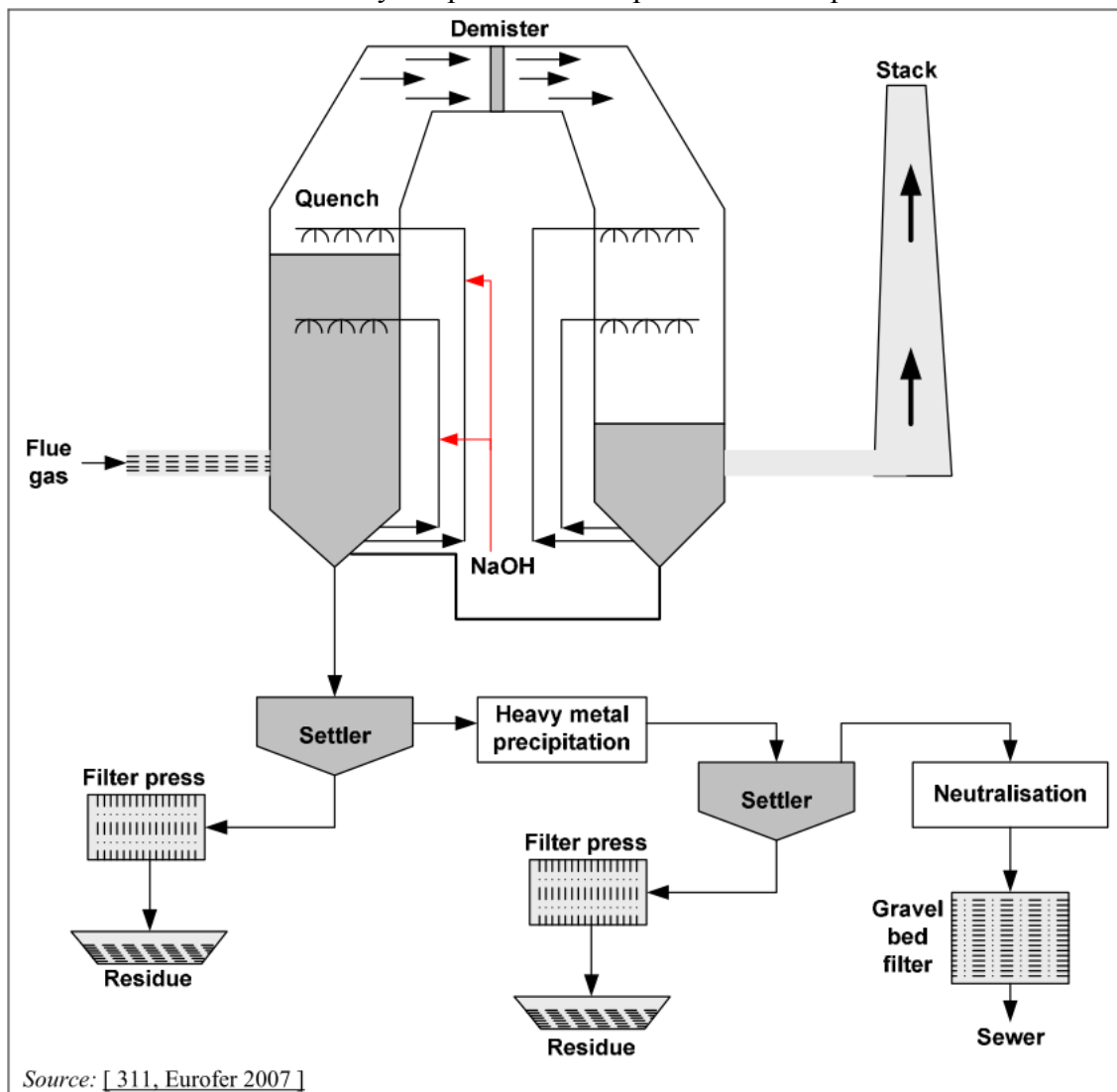
W płuczce, zawartość pyłu w gazach odlotowych jest ograniczana przy użyciu cieczy. Zanieczyszczona ciecz jest usuwana z systemu i jest zwykle zwracana po oczyszczeniu. Substancje stałe zachowane w osadzie również poddawane są dalszej obróbce.

Tradycyjne płuczki (np. płuczki Venturiego, płuczki rozpryskowe) są nieskuteczne, gdy stosuje się je dla gazów odlotowych ze spiekalni ze względu na stosunkowo duże wielkości pyłów i wysokie stężenie węglowodorów. Tradycyjne płuczki nie są stosowane w spiekalniach w Europie.

Wydajne płuczki są stosowane w Europie od 1993 roku (produkowane pod nazwą AIRFINE).

Głównymi elementami układu oczyszczania gazu są:

- cyklon lub filtr elektrostatyczny do usuwania cząstek pyłu, z których wszystkie mogą być zawrócone do taśmy spiekalniczej
- płuczki do chłodzenia gazu odlotowego, usuwania gruboziarnistych cząstek pyłu oraz usuwania składników kwasowych poprzez dodanie NaOH
- system płuczek dla oddzielania drobnego pyłu i równoczesnego oczyszczania gazu
- zakład uzdatniania wody dla przetwarzania pozostałości/odpadów.



demister	odmgławiacz
stack	komin
quench	chłodzenie
flue gas	spaliny
settler	osadnik
filter press	prasa filtra
residue	pozostałości
heavy metal precipitation	wytrącanie metali ciężkich
neutralisation	neutralizacja
gravel bed filter	filtr złoża żwirowego
sewer	ścieki

Rysunek 3.18: Oczyszczanie gazów odlotowych z instalacji spiekania za pomocą systemu AIRFINE

Podczas chłodzenia, woda dozowana z NaOH jest rozpylana na powierzchni płuczki. W układzie płuczki wodnej dokładnego oczyszczania, podwójne dysze wtryskują wodę i sprężone powietrze jako mgiełkę pod wysokim ciśnieniem do schłodzonego strumienia gazów odlotowych.

Płuczki AIRFINE pozwalają na jednoczesne usunięcie najdrobniejszych cząstek pyłu (w tym alkalicznych i chlorków metali ciężkich - patrz punkt 3.2.2.1.2.1) i innych szkodliwych składników spalin. Te ostatnie (np. polichlorowane dibenzodioksyny/dibenzofurany, metale ciężkie) występują głównie w drobnym pyłe. W porównaniu do suchych metod ograniczania, za pomocą tej techniki można również usuwać związki rozpuszczalne w wodzie, np. chlorki metali alkalicznych (patrz punkt 3.2.2.1.2.1) i chlorki metali ciężkich (patrz punkt 3.2.2.1.2.2). Dodając alkalia, takie jak NaOH do wody płuczającej, można w dużym stopniu usunąć składniki kwaśne, takie jak HF, HCl i SO₂. W związku z tym, roztwór wodny, który zawiera sole alkaliczne i sole metali ciężkich jest oczyszczany przez wytrącanie/flokulację. W Corus, IJmuiden, w Holandii, substancje stałe były zwracane do spiekalni do 2008 roku. Od 2008 roku, większość substancji stałych jest usuwana na zabezpieczone składowisko. Nadmiar jest neutralizowany i przechodzi przez kilka żwirowych warstw przed odprowadzeniem.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Dane eksploatacyjne dla europejskich spiekalni wykorzystujących płuczki wodne znajdują się w zakresie od 40 do 80 mg/Nm³ wyrażonym jako przeciętne wartości roczne. W zależności od stanu jednostki, można osiągnąć chwilowe niższe poziomy emisji pyłu. Tabela 3.23 przedstawia rzeczywiste dane operacyjne dotyczące wydajności wyrażone w średnim ujęciu rocznym dla systemu w Corus, IJmuiden, w Holandii wykorzystującego system AIRFINE.

Tabela 3.23: Osiągane parametry emisji do powietrza w Corus, IJmuiden, w Holandii gdzie wykorzystuje się system AIRFINE

Składnik	Stężenia emisji (mg/Nm³) (1)
pył	32.3 (2)
As	0.0003
Cd	0.09
Cr	0.025
Cu	0.032
Hg	0.0156

Ni	0.0065
Pb	3.75
Zn	0.64
HCl	0.48
HF	0.27
SO ₂	170
LZO	50
polichlorowane dibenzodioskyny/di benzofurany	0.18 ng I-TEQ/Nm ³
<p>(¹) Te dane dotyczące emisji odpowiadają instalacji, w której substancje stałe z oczyszczania gazów spalinowych są zwracane do nadawy spieku.</p> <p>(²) Liczba ta jest mniejsza niż zakres w tekście, ponieważ odnosi się tylko do płuczki AIRFINE. Liczba w tekście powyżej tabeli odnosi się do całkowitego działania taśmy spiekalniczej (gdy płuczka AIRFINE pracuje przez 95% czasu). Wszystkie pomiary są stale monitorowane. <u>Źródło:</u> [200, Commission 2001 247, Netherlands 2007 311, Eurofer 2007]</p>	

Technika ta jest również skuteczna przy usuwaniu polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów. W normalnych warunkach pracy, 0,4 ng I-TEQ/Nm³ jest gwarantowane, 0,18 ng I-TEQ/Nm³ jest możliwe do osiągnięcia, co odpowiada > 90% skuteczności dla wlotowego stężenia 2,5 - 3,0 ng I-TEQ/Nm³. Technika ta jest w stanie ograniczyć emisję zanieczyszczeń organicznych, takich jak polichlorowane dibenzodioskyny/dibenzofurany, ze względu na skuteczne usuwanie drobnego pyłu (w temperaturze pracy, dioksynopochodne związki kondensują się na pyłe).

Nie stosuje się dodatków (aktywny węgiel) w celu osiągnięcia tej wartości. Ponadto, 80 do 95% HCl i HF zostaje usunięte. Emisje SO₂ mogą być usuwane z wysoką wydajnością, jeżeli zainstalowany zostanie obiekt z wtryskiem dodatków (patrz rozdział 3.3.2.7.2). Stężenia metali ciężkich są również skutecznie ograniczane (> 90%) z powodu ich rozpuszczalności w wodzie. Niepolarne zanieczyszczenia, takie jak WWA są ograniczane ze względu na skuteczne usuwanie pyłu.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

W Corus, IJmuiden, substancje stałe były zwracane do spiekalni do 2008 roku. Od 2008 roku, substancje stałe są usuwane na zabezpieczone składowisko.

Sole ołowiu w gazach odlotowych mają negatywny wpływ na wydajność płuczek wodnych (zwłaszcza w części płuczki dokładnego oczyszczania). Zwykle można go uniknąć stosując procedury konserwacji.

W Corus, IJmuiden, w Holandii, przepływ wody chłodzącej wynosi 800 m³/godz., a ścieków 50 m³/godz. Zanieczyszczony strumień ścieków musi zostać oczyszczony.

Stężenia emisji ścieków i współczynniki emisji osiągnięte przez płuczki dokładnego oczyszczania i filtr wstępny (elektrofiltr) i po oczyszczeniu (wytrącanie/flokulacja) w Corus, IJmuiden, w Holandii podano w

Tabeli 3.24 (dane z 2007 r., patrz Tabela 5.22).

Tabela 3.24: Osiągane stężenia emisji i współczynniki emisji z oczyszczonych ścieków z oczyszczania gazów odlotowych i odsysania pyłu na filtrze elektrostatycznym w Corus, IJmuiden, w Holandii w 2004 r.

Składnik	Stężenie (mg/l)
Oczyszczony strumień ścieków	50 m ³ /h ⁽¹⁾
pH	9 - 12
Zawiesiny	30
As	0.002 - 0.005
Cd	0.005 - 0.01
Cr	0.02 - 0.05
Cu	0.05 - 0.1
Hg	0.0001 - 0.0002
Ni	0.05 - 0.1
Pb	0.2 - 0.5
Zn	0.05 - 0.1
ChZT	250 - 350
N Kjeldahla	250 - 350
⁽¹⁾ Średnio w roku. Uwaga: Dane z 2004 roku Źródło: [200, Commission 2001][311, Eurofer 2007].	

Ścieki trafiają do dalszej obróbki w oczyszczalni biologicznej (patrz Tabela 5.25, Rysunek 5.23 i Rysunek 5.24)

Dane eksploatacyjne

Rzeczywista wydajność usuwania jest związana z wkładem energetycznym (sprężone powietrze do rozpylania) i sprawnością operacyjną części chłodzącej.

Tabela 3.25 zawiera dane na temat zużycia energii elektrycznej oraz rozdzielania pyłu gruboziarnistego.

Tabela 3.25: Dane eksploatacyjne dla zakładu Corus IJmuiden

Parametr	Corus, IJmuiden (2005)	Jednostki
Zużycie energii elektrycznej	43 12	MJ/t kWh _e /t
Oddzielanie pyłu gruboziarnistego ⁽¹⁾	250 – 350 (przez cyklony)	mg/Nm ³
⁽¹⁾ Wartości osiągnięte przy wylocie oddzielania pyłu i przed płuczkami. Źródło: [200, Commission 2001][311, Eurofer 2007].		

W spiekalni Corus, IJmuiden, w Holandii, ograniczenie emisji osiągnięte jest za pomocą wysokociśnieniowej płuczki mokrej. Na przykład emisje polichlorowanych dibenzodioxyn/dibenzofuranów i pyłu są ograniczane o około 90%, a SO₂ o około 85%.

Jednak z powodu konserwacji, zakłóceń i okresów włączenia i wyłączenia, pojawiają się technicznie nieuniknione przestoje, zakłócenia lub awarie układu płuczek wysokociśnieniowych. Jednym z powodów tych przerw jest sytuacja, gdy dysze, zainstalowane dla odpowiedniej dystrybucji wody i sprężonego powietrza, zostają zatkane

siarczanem ołowiu. Zatykanie ma negatywny wpływ na wydajność instalacji, a zatem dysze muszą być płukane. Ze względu na wyżej wymienione powody, układ płuczek znajdował się w trybie obejścia przez około 500 godzin w roku. Analiza wykazała, że około 50% tego czasu było wynikiem konserwacji, a 50% z powodu zakłóceń procesu. Emisje z operacji obejścia stanowią zatem znaczną część rocznych emisji instalacji (dla pyłu ok. 50%, dla SO₂ ok. 15%).

Trudno jest przewidzieć jakie ograniczenia zostały osiągnięte w ciągu roku. Jednak ograniczenie całkowitego czasu pracy oszacowano na 200 godz., co może powodować ograniczenie emisji o około 30 t/rok dla pyłów i 125 t/r dla SO₂, a także znaczne ograniczenie emisji polichlorowanych dibenzodiodksyn/dibenzofuranów i HF w odniesieniu do rocznych emisji z hut stali.

Możliwość zastosowania

Niniejsza technika ma zastosowanie do nowych i istniejących instalacji. Jednak, należy zauważyć, że możliwość ta zależy od danego miejsca. Oczyszczone ścieki powinny zostać wyodrębnione z jednostki do oczyszczania wody. W związku z tym, stosowanie takich systemów często zależy od sposobu postępowania ze ściekami, a następnie od lokalizacji piekalni.

Aspekty ekonomiczne

W Corus, IJmuiden, w Holandii, koszty inwestycji i infrastruktury wyniosły około 40 mln EUR w 1997 roku. Zakład działa od maja 1998 r., i oczyszcza gazy odlotowe z trzech taśm piekalicznych z wydajnością 630 000 Nm³/godz. Dla wszystkich przykładów waluty przekształcono na ECU w 1997 r. a dla przeglądu w EUR.

Rzeczywiste koszty będą znacznie różnić się w zależności od zakładu i lokalnych wymogów dla służb oczyszczania ścieków.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

W Europie technika płuczki AIRFINE była stosowana w dwóch piekalniach: Voestalpine, Linz, Austria, uruchomienie w 1993 roku, Corus, IJmuiden, Holandia uruchomienie w 1998 roku. Płuczki AIRFINE w Voestalpine, Linz, w Austrii zostały zastąpione przez filtr workowy w sierpniu 2007 roku. Trzecia jednostka pracuje w BHP, Whyalla, w Australii w grudniu.

W Radzie Państwa (Sąd Apelacyjny, Najwyższy Sąd Administracyjny) w Hadze, zawarto umowę między właściwym organem (prowincja Holandia Północna), Corus i (Państwową) Inspekcją Ochrony Środowiska w sprawie filtrów tkaninowych. Zgodnie z tą umową, budowa pierwszego filtra tkaninowego przed pierwszą z trzech linii spiekania rozpocznie się przed grudniem 2010 r. Będzie to pełna instalacja pilotowa w celu sprawdzenia, dostosowania i zwiększenia wydajności instalacji. Do roku 2015 wszystkie trzy linie zostaną wyposażone w filtr tkaninowy.

Bibliografia

[45, Gebert 1995][247, Netherlands 2007][248, Eurofer 2007][249, Netherlands 2007][295, Hartig et al. 2006][311, Eurofer 2007]

3.3.2.5 Ograniczenie emisji lotnych związków organicznych

3.3.2.5.1 Obniżenie zawartości lotnych węglowodorów w nadawie spieku

Opis

Ilość wprowadzanych węglowodorów może zostać ograniczona do minimum, w szczególności dzięki zmniejszeniu ilości wprowadzanego oleju. Olej przedostaje się do wsadu piekalicznego głównie w wyniku dodania zgorzelinej walcowniczej. Zawartość oleju w zgorzelinie walcowniczej może być bardzo zróżnicowana, zależnie od źródła jej

pochodzenia. Zdarza się, że zawartość oleju może wynosić do 10%, ale na ogół takie ilości nie są stosowane w spiekalniach bez wcześniejszej obróbki.

Większość węglowodorów naftowych ulatnia się z mieszanki spiekalniczej w temperaturze od 100 do 800 °C i jest emitowana ze spiekalni za pośrednictwem gazów odlotowych.

Techniki mające na celu ograniczenie do minimum ilości oleju wprowadzanego wraz z pyłami i zgorzeliną walcowniczą obejmują:

1. ograniczenie ilości wprowadzanego oleju dzięki segregacji i dalszemu wykorzystaniu tylko pyłów i zgorzeli walcowniczej o niskiej zawartości oleju;
2. zastosowanie technik "dobrego gospodarowania" w walcowniach może prowadzić do znacznego obniżenia zanieczyszczenia zgorzeli walcowniczej olejem;
3. odolejanie zgorzeli walcowniczej z zastosowaniem następujących metod:
 - a) ogrzewanie zgorzeli do około 800 °C, węglowodory olejowe ulatniają się i otrzymujemy czystą zgorzelinę walcowniczą. Lotne węglowodory mogą być spalane.
 - b) Usuwanie oleju ze zgorzeli walcowniczej za pomocą rozpuszczalnika.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Można osiągnąć wartość niemetanowych lotnych związków organicznych (NMVOC) <20 mg/Nm³ (wyrażoną jako średnia roczna). Emisje mogą być znacznie wyższe, jeśli środki zabezpieczające nie zostały podjęte w celu zmniejszenia zawartości oleju z nadawy spieku lub z paliwa, które jest używane. Te wyższe poziomy emisji dotyczą do instalacji wykorzystujących filtry elektrostatyczne jako główny system ograniczający „końca rury”.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Gdy niektóre z pozostałości/odpadów zawierających żelazo są odrzucane jako nieodpowiedni surowiec dla wsadu spiekalniczego, są one przetwarzane w inny sposób, lub są wprowadzane do strumienia odpadów i są usuwane. Tak więc, emisje mogą zostać przeniesione w inne miejsce.

Gdy zgorzelina walcownicza jest odolejana termicznie zużywana jest energia. Lotne węglowodory powinny być właściwie spalane (zasada: temperatury > 850 °C przez > 2 sekundy na > 6% O₂).

Dane eksploatacyjne

Niska zawartość oleju w pyłach i pozostałościach zgorzeli walcowniczej jest preferowana w spiekalniach z wielu powodów, na przykład ze względu na unikanie pożarów i skalowanie w filtrze elektrostatycznym lub zatykanie filtra workowego.

Wysoka zawartość oleju może również prowadzić do wyższego potencjału dla tworzenia polichlorowanych dibenzodioxyn/dibenzofuranów (patrz pkt 3.2.2.1.2.8). Mniejsza zawartość oleju zazwyczaj prowadzi do obniżenia emisji LZO.

Możliwość zastosowania

Ograniczenie emisji LZO może być stosowane zarówno w nowych, jak i istniejących zakładach.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych dotyczących odolejania.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Wiele zakładów reguluje ilość oleju wprowadzanego do spiekalni za pośrednictwem odpadów zawierających żelazo, zwłaszcza te z filtrem elektrostatycznym lub filtrem workowym.

Kilka zakładów odolejania zgorzeliny walcowniczej funkcjonowało próbnie w latach 90-tych w Niemczech, ale żaden z nich obecnie nie funkcjonuje. Tak więc, techniki oczyszczania (3a i 3b powyżej w części „Opis”) nie są obecnie stosowane w przemyśle na rynku stali w UE.

Bibliografia

[45, Gebert 1995 || 65, InfoMil 1997 || 145, UBA Comments 1997 || 242, Caughlin 2007 || 303, Eurofer 2007 || 387, Fisher et al. 2005]

3.3.2.5.2 Spiekanie górnej warstwy

Opis

W sekcji 3.3.4 opisano recykling materiałów zawierających żelazo z powrotem do taśmy spiekalniczej. W odniesieniu do materiałów pochodzących z recyklingu, które zawierają węglowodory, zwłaszcza olej, w sekcji 3.3.2.5.1 opisano techniki obniżania ilości wprowadzanego oleju/węglowodorów. Jest jeszcze inna możliwość recyklingu materiałów o wysokiej zawartości oleju przez zapewnienie, że zawartość oleju w całkowitej mieszance nie przekracza 3%. Technika ta nazywa się „spiekaniem górnej warstwy” i jest o wiele tańsza w porównaniu do techniki odolejania. Spiekanie górnej warstwy oznacza, że pewna mieszanka produktów ubocznych/pozostałości zawierających olej/węglowodory jest kondycjonowana do około 7% zawartości wody, a następnie składana z bębna podającego na główną warstwę spieku. Druga osłona zapłonu o wydajności energetycznej 25 do 35% energii wyjściowej palnika głównego służy do zapalania tej drugiej warstwy. Dla osiągnięcia wysokiej jakości spiekania produktów ubocznych/pozostałości zawierających olej z drugiej warstwy spieku, ważne jest aby zrównoważony dobór nośników energii występował w tej warstwie, w celu spełnienia wymagań entalpii dla odparowania wody i oleju, dla pęknięcia wiązań nieodłącznych składników organicznych, jak i dla całkowitego spiekania w tej warstwie. Poza tą dokładną proporcją składników wsadu spiekalniczego, dokładne pozycjonowanie i czas zapłonu drugiej warstwy spiekania ma krytyczne znaczenie.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Spalanie węglowodorów (przede wszystkim z oleju surowców wtórnych) w warstwach spieku jest zoptymalizowane w celu zabezpieczenia filtra elektrostatycznego (przed ogniem) i uniknięcia niebieskiego zamglenia (co świadczy o niekompletnym spalaniu związków organicznych). Ponadto emisje polichlorowanych dibenzodiosksyn/dibenzofuranów mogą zostać ograniczone; testy wykazały ograniczenie o 60 - 65%, ale dane z taśm spiekalniczych nie są dostępne.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Dodatkowe paliwo dla zapłonu drugiej warstwy musi być dostępne.

Dane eksploatacyjne

Taśma spiekalnicza w Voestalpine Stahl Donawitz GmbH, w Austrii ma powierzchnię ssania równą 120 m² i wydajność 35 t/m²/dzień. Wydajność nie zmieniła się po wprowadzeniu spiekania górnej warstwy w styczniu 1995 roku. Zdolność do recyklingu pozostałości poprodukcyjnych, które zawierają żelazo wynosi 18 t/godz.

Możliwość zastosowania

Zastosowanie do istniejących obiektów jest ograniczone, ponieważ brakuje miejsca na dodatkowe magazyny i drugi układ zasilania. Nowe instalacje zwykle stosują techniki minimalizujące ilość wprowadzanych węglowodorów/oleju w odzyskiwanych produktach ubocznych/pozostałościach. Elastyczność w doborze surowców jest bardzo ograniczona.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

W Europie technika ta została zainstalowana w spiekalni Voestalpine, Donawitz, w Austrii, ale obecnie (2010 r.) nie jest używana.

Bibliografia

[159, VAI 1997]

3.3.2.6 Ograniczanie polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów

3.3.2.6.1 Ograniczenie tworzenia polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów przez dodanie związków azotu do mieszanki wsadu

Opis

Powstawanie polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów może być ograniczane przez dodanie substancji, które mają działanie hamujące powstawanie polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów przy założeniu, że tworzenie takich substancji odbywa się głównie w samym spieku. W takim przypadku, skuteczną metodą redukcji polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów jest dodanie związków azotu do stałej mieszanki spiekalniczej w celu zahamowania reakcji katalitycznych na powierzchni. Z tego powodu, w różnych spiekalniach przeprowadzono testy z dodawaniem trietanolaminy (TEA), monoetanolaminy (MEA) lub mocznika. Dodanie bryłek mocznika do wsadu spiekalniczego przed mieszalnikiem i/lub peletyzерem zastosowano na pełną skalę przemysłową w kilku zakładach. Bryłki mocznika zostały w ten sposób równomiernie rozłożone w całej surowej mieszance spiekalniczej przed podaniem jej na taśmę.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

W spiekalni Corus, w Port Talbot, w Wielkiej Brytanii, wydajność dla polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów przy dodaniu mocznika wynosiła około 1 ng I-TEQ/m³ przy 17% pozostałości tlenu w warunkach optymalnych. Zazwyczaj stężenie emisji dioksyn jest ograniczone o 40 - 60% w spiekalniach wykorzystujących tylko filtry elektrostatyczne systemy ograniczające „końca rury”. tak więc ostateczny poziom emisji polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów zależy od stężenia polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów na wlocie. Stosowanie mocznika również minimalizuje emisje chlorowodoru i fluorowodoru.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Dodanie mocznika ma pewne istotne wady:

- możliwy negatywny wpływ na wydajność ograniczania pyłów filtra elektrostatycznego
- smuga gazów odlotowych ze spiekalni jest bardzo widoczna, co prowadzi do skarg od obywateli
- zastosowanie mocznika prowadzi do uwalniania amoniaku
- emisje pyły i mikrozanieczyszczeń zwiększyły się ze względu na połączenie kilku czynników wymienionych powyżej.

Dane eksploatacyjne

Ładowanie i wydawanie bryłek mocznika może powodować trudności specyficzne dla tego materiału (jest higroskopijny). W jednym z przypadków dodawano 40 kg mocznika/godz., co równa się 0,12 kg/t sortowanego spieku.

Możliwość zastosowania

Technika ta może być stosowana w istniejących zakładach i może być również wprowadzana do projektów nowych instalacji.

Aspekty ekonomiczne

Stosowanie tej techniki jest związane ze stosunkowo niskimi kosztami inwestycji i niskimi kosztami eksploatacji. Koszt inwestycji dla spiekalni o wydajności 4 mln ton/rocznie wynosi ok. 700 000 EUR (cegłany budynek, higrosterowalny silos, urządzenia dozujące i sterujące).

Koszty operacyjne wynoszą ok. 0,08 do 0,14 EUR/t spieku (wg cen z 2004 r. w Wielkiej Brytanii, 1 GBP = 1,44 EUR).

Alternatywny, prostszy system został również zainstalowany w zakładzie o podobnej wielkości w cenie około 145 000 EUR, a koszty operacyjne wynoszą tu od 0,05 EUR do 0,07/t spieku (wg cen z 2007 r. w Wielkiej Brytanii, 1 PLN = 1,45 EUR).

Motywacja do wdrożenia techniki

Motywacją dla wdrożenia tej techniki jest zmniejszenie emisji dioksyn.

Przykładowe zakłady

Wstępne próby z tymczasowym systemem dozowania w dawnej spiekalni Corus, w Llanwern, w Wielkiej Brytanii w latach 1996-98 zakończyły się wnioskiem patentowym w 1998 roku. Możliwość transferu technologii wykazano w dalszych badaniach w spiekalni Corus, w Scunthorpe, w Wielkiej Brytanii w latach 2000-2001. System ciągłego dozowania został zainstalowany w spiekalni Corus, w Port Talbot, w Wielkiej Brytanii w latach 2003-2004 dla długoterminowych ciągłych prób dozowania. Technika ta została zainstalowana na stałe w obu spiekalniach Corus, w Scunthorpe i w Teesside, w Wielkiej Brytanii w 2007 roku.

Testy z dodawaniem mocznika, MEA i TEA zostały przeprowadzone w 1999 i 2001 r. w ArcelorMittal, w Ghent, w Belgii oraz w 2008 roku w Taranto, w Rivagroup, we Włoszech, gdzie zakład przemysłowy przechowywania mocznika i system dozowania zostały zainstalowane w 2009 roku.

Bibliografia

[140, Eurofer 2009] [230, Brouhon et al. 2001] [265, Tan et al. 2004] [306, Eurofer 2007]

3.3.2.7 *Ograniczanie SO₂*

3.3.2.7.1 Główne środki ograniczania emisji SO₂ z procesu spiekania

Opis

Emisje SO₂ ze spiekania można ograniczyć na cztery sposoby:

- stosując surowce o niskiej zawartości siarki
- minimalizując zużycie paliwa, głównie koksiku
- zwiększając absorpcję siarki w spieku
- stosując grubszy koksik.

Związki siarki głównie są wprowadzane do procesu spiekania z koksiku oraz w mniejszym stopniu z rud. Emisje SO₂ można zmniejszyć stosując surowce o małej zawartości siarki. Zawartość siarki <0,8% S w koksiku i <0,08% S w rudzie żelaza można uznać za niską i będzie ona bezpośrednio związana z niższymi emisjami SO₂.

Jednostkowe zużycie koksiku zostało zmniejszone w ciągu ostatnich 30 lat o około 50% w spiekalniach w UE do aktualnego zużycia wynoszącego 39 - 64 kg/t spieku.

Innym ważnym czynnikiem jest stopień absorpcji siarki w spieku. Siarka pozostaje częściowo w produkcji spieku (w ilości około 13 - 25%), w zależności od zasadowości spieku. Także stosowanie grubszego koksiku może znacznie zmniejszyć emisję SO₂ (patrz sekcja 3.2.2.1.2.4).

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Stężenia emisji na poziomie <500 mg SO₂/Nm³ można uzyskać na podstawie średniej dziennej.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Zatrzymanie dodatkowej ilości siarki w spieku mogłoby mieć niekorzystny wpływ na działanie wielkiego pieca gdy wymagane jest stosowanie żelaza o niskiej zawartości siarki.

Dane eksploatacyjne

Nie są znane żadne specyficzne problemy. Zakład działa sprawnie.

Możliwość zastosowania

Minimalizowanie ilości siarki wprowadzanej do wsadu spiekalniczego (wykorzystanie koksiku i rudy żelaza o niskiej zawartości siarki oraz ograniczenie jednostkowego zużycia koksiku) może być stosowane zarówno w nowych, jak i istniejących zakładach. Jednak, należy zauważyć, że dostępność koksiku i rud o niskiej zawartości siarki może być ograniczona.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

ArcelorMittal, Ghent, Belgia; spiekalnie Corus, Wielka Brytania, Thyssen Krupp Stahl, Duisburg, Niemcy i Rivagroup, Taranto, Włochy. Występują również przykłady poza UE.

Bibliografia

[7, Bothe 1993][304, Eurofer 2007]

3.3.2.7.2 Mokre odsiarczanie

Opis

Istnieją procesy mokre i suche odsiarczania ale tutaj rozważamy tylko mokry system odsiarczania. Po ochłodzeniu gazów odlotowych, SO₂ jest absorbowany w wieży rozpyłowej z roztworem, który zawiera wapń (Ca) i magnez (Mg). Powstaje w ten sposób siarczan gipsu (CaSO₄) lub magnezu (MgSO₄), które usuwa się z kolumny jako zawiesina. Można stosować kilka czynników reakcji:

- żużel stalowniczy (proces odsiarczania żużłu stalowniczego). Żużel stalowniczy, który zawiera 30 - 40% CaO jest sproszkowany, zmieszany z wodą i dodawany w postaci zawiesiny, która zawiera Ca(OH)₂
- wapno gaszone (Ca(OH)₂)
- chlorek wapnia (CaCl₂) i wapno gaszone (Ca(OH)₂)
- wapno gaszone (Ca(OH)₂) i kreda (CaCO₃)
- wodorotlenek magnezu (Mg(OH)₂).

Gips jest odwadniany. Jego jakość jest silnie uzależniona od wydajności zainstalowanego urządzenia ograniczającego zapylenie. W niektórych krajach, gips jest sprzedawany do przemysłu cementowego.

Woda jest oddzielana od zawiesiny gipsowej, a większość jest zawracana. Ze względu na nagromadzenie chlorku, stosowany jest strumień wody do płukania. Tak więc powstają stałe odpady (gips) i ścieki.

Gdy wodorotlenek amonu (NH₄OH) stosowany jest jako środek reagujący, powstaje wodorosiarczyn amonu (NH₄HSO₃). Roztwór ten jest przetwarzany przez utlenianie na mokro w instalacji oczyszczania gazu z pieca do produkcji koksu w siarczan amonu ((NH₄)₂SO₄).

Odsiarczanie na mokro można również realizować za pomocą płuczki dokładnego czyszczenia (patrz sekcja 3.3.2.4).

Aktywowany koks z węgla brunatnego można wstrzykiwać do gazów odlotowych w celu adsorpcji polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów. Po tej reakcji, koks aktywowanego węgla brunatnego jest oddzielony przez filtr workowy.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Można osiągnąć skuteczność odsiarczania 85 - 90%, ale odnotowano też wydajności wynoszące 95 - 99%. Przy takich wartościach wydajności, stwierdzono mniej niż 200 mg/Nm³ SO_x dla wartości wejściowych poniżej 1,5 g/Nm³. Ponadto, HCl, HF i pył są wypłukiwane z gazu odlotowego. System nie usuwa NO_x.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Powstaje szlam, który zawiera gips. Usuwanie gipsu może powodować poważne problemy. W krajach, gdzie nie ma rynku gipsu, odwodniony materiał należy usunąć jako odpad aktywny, wymagający dalszej stabilizacji przed usunięciem, co generuje wyższe koszty składowania. Nawet tam, gdzie istnieje rynek gipsu, zanieczyszczenie produktu pyłem sprawia, że jest on mniej atrakcyjny i należy go utylizować. Ponadto, konieczne jest dodatkowe oczyszczanie ścieków, gdy urządzenie usuwa jednocześnie pył.

W jednym przypadku, gips był oddzielany w zanieczyszczonej części (10%), którą usuwano, a „czysta” część (90%) była sprzedawana. Jednak system ten nie jest już w eksploatacji.

Większość wody płuczającej może zostać zawrócona, zwłaszcza gdy urządzenia do ograniczania emisji pyłów jest stosowane przed odsiarczaniem. Upust jest zwykle konieczny, aby uniknąć gromadzenia się chlorku. Zarejestrowana upusty w zakresie od 5 do 20 m³/godz. Jednak, w niektórych przypadkach nie stosuje się upustów, a woda jest uzupełniana.

Zużycie energii elektrycznej szacuje się na 6,1 - 7,2 MJ/t spieku. Ponadto, oczyszczony gaz odlotowy powinien być podgrzewany przed emisją w celu osiągnięcia wystarczającej wysokości smugi dymu. W niektórych przypadkach, gaz koksowniczy jest stosowany do tego celu, a czasami CO w gazie odlotowym jest katalitycznie spalany.

Zużycie wapna gaszonego zależy od stężenia wlotowego SO₂, ilości przetworzonego gazu odlotowego i wymaganej wydajności. Podawane zużycie wynosi 3-4 kg wapna gaszonego (Ca(OH)₂) na m³ SO₂ w Wakamatsu Works, NSC, w Japonii.

Dane eksploatacyjne

Tabela 3.28 przedstawia przegląd danych operacyjnych i ekonomicznych z trzech jednostek odsiarczania. Wszystkie te urządzenia zostały zainstalowane w celu spełnienia przepisów ochrony środowiska ustanowionych przez władze lokalne. Nie stwierdzono szczególnych trudności operacyjnych.

Możliwość zastosowania

Technika ta może być stosowana zarówno w nowych, jak i istniejących zakładach, chociaż wymagania dotyczące przestrzeni mogą mieć duże znaczenie. Jednak obecnie (2010 r.) nie ma żadnych przykładów na stosowanie mokrego odsiarczania w spiekalniach w Europie. Ze względu na wysokie koszty inwestycyjne i operacyjne oraz znaczące efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska, takie jak wytwarzanie i unieszkodliwianie zawiesiny oraz dodatkowe środki oczyszczania ścieków, mokry proces odsiarczania nie jest stosowany w Europie, chociaż może stanowić rozwiązanie w sytuacji, gdy standardy jakości środowiska nie mogą zostać spełnione.

Aspekty ekonomiczne

Dane dotyczące skuteczności odsiarczania podane w tabeli 3,28 nie uwzględniają przestojów zakładu i odzwierciedlają funkcjonowanie przez 24 godziny na dobę; w ten sposób, w praktyce, ogólne dane dotyczące skuteczności byłyby znacznie niższe. Jak wspomniano powyżej, sprzedaż gipsu może nie być możliwa w niektórych krajach europejskich, pozostawiając problem utylizacji.

Zarejestrowano następujące koszty urządzenia odsiarczania metodą mokrą:

Dla wszystkich przykładów waluty przekształcono na ECU w 1996 r. a dla przeglądu w EUR.

- inwestycja: 50 – 80 EUR/Nm³/godz.
- operacyjne: 0,5 - 1,0 EUR na kg usuniętego SO₂.

W przypadku spiekalni o wydajności 4 Mt/rok, przy przepływie gazów odlotowych wynoszącym 1 000 000 Nm³/godz., 8640 godzin pracy rocznie, z nieoczyszczonymi emisjami SO₂ wynoszącymi 1200 g/t spieku i 90% skutecznością odsiarczania, następujących koszty byłyby typowe:

- inwestycja: 50 - 80 mln EUR
- operacyjne: 0.5 - 1.1 EUR/t spieku.

Ponieważ inwestycje są stosunkowo wysokie (większe niż koszt nowej spiekalni) i zależą w dużej mierze od strumienia gazów odlotowych, korzystne może być ograniczenie odsiarczania do gazów odlotowych o najwyższym stężeniu siarki (patrz Rysunek 3.7) i skoncentrowanie wysiłków na obniżeniu ilości siarki wprowadzanej do procesu (patrz sekcja 3.3.2.7.1).

Tabela 3.26 przedstawia łączne koszty inwestycyjne i eksploatacyjne dla instalacji mokrego odsiarczania z jednoczesnym ograniczeniem emisji NO_x w dwóch różnych przypadkach. Jest to jakościowe porównanie suchych i mokrych procesów odsiarczania tylko dla spiekalni (patrz Tabela 3.31).

Tabela 3.26: Kosztowe oszacowanie procesu mokrego wraz z systemem SCR

Wymagana efektywność ograniczania emisji	deSO _x : 95 % deNO _x : 40 %	deSO _x : 95 % deNO _x : 80 %
Koszt początkowy:	110 ⁽¹⁾	147
• główny zakład	85.4	122.6
• stacja uzdatniania wody	7.3	5.9
• inne (rurociągi, energia elektryczna i wyposażenie, zakład, technika)	17.3	18.5
Koszty eksploatacyjne (8476 godz./rok):	154.4	197.5
• energia elektryczna	51.0	56.8
• gaz koksowniczy	54.5	77.6
• Mg(OH) ₂	29.9	29.9
• inne (katalizator, NH ₃ , środki chemiczne do oczyszczalni ścieków, usługi komunalne, para)	19.0	33.2
<p>⁽¹⁾ Całkowity koszt systemu mokrego w przypadku nr 1 to 110% (wartość ta odnosi się do 100% przedstawionych w Tabeli 3.31 w Sekcji 3.3.2.7.3). Uwaga: — Przepływ gazu 1 500 000 Nm³/godz., temperatura gazu 120 °C, ilość wprowadzonego SO₂: 373 mg/Nm³, ilość wprowadzonego NO_x: 454 mg/Nm³. — Proces mokry z Mg(OH)₂ i SCR. — Odsiarczanie na mokro można również realizować za pomocą płuczki dokładnego czyszczenia (patrz sekcja 3.3.2.4). <i>Źródło:</i> [268, SHI 2006].</p>		

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

W tabeli 3.27 przedstawiono szczegóły dotyczące spiekalni stosujących mokre odsiarczanie.

Tabela 3.27: Urządzenia mokrego odsiarczania w spiekalniach

Firma	Fabryka	Zakład	Ilość oczyszczanego gazu (projektowana) (1 x10 ⁶ Nm ³ /godz.)	Środek reagujący
Nippon Kokan KK	Fukuyama		0.76	Wodorotlenek amonowy
	Keihin		1.2 - 1.3	
Kawasaki Steel Corporation	Chiba	Spiekalnia nr 4	0.62 - 0.75	Wapno gaszone
	Chiba	Spiekalnia nr 3	0.32	
	Mizushima	Trzy spiekalnie	0.75; 0.75; 0.9	
Kobe Steel Ltd.	Kakogawa		1	CAL (*)
	Kobe		0.35	
Sumitomo Metal Industries	Wakayama	Spiekalnia nr 5	0.4	Wapno gaszone i kreda
	Kashima	Dwie spiekalnie	0.88; 0.2	Wapno gaszone i kreda

Kokura	0.32	Wodorotlenek magnezu
<p>(*) CAL: Chlorek wapnia i wapno gaszone. Uwaga: W jednym zakładzie technikę stosowano w UE do czasu zamknięcia zakładu. Powodem tego jest to, że technika została zastąpiona środkiem zintegrowanym z procesem zapobiegającym efektom wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska, takim jak ścieki i odpady stałe. <i>Źródło:</i> [65, InfoMil 1997] [313, Eurofer 2007].</p>		

Bibliografia

[65, InfoMil 1997] [249, Netherlands 2007] [251, Eurofer 2007] [268, SHI 2006] [295, Hartig et al. 2006] [313, Eurofer 2007]

Tabela 3.28: Dane eksploatacyjne i ekonomiczne dla trzech spiekalni z jednostkami mokrego odsiarczania

		Jednostka	Nippon Kokan KK-Keihin	Nippon Steel Corp. Wakamatsu/Yawata	Sumitomo Metal Ind. Wakayama
Produkcja spieku	projektowana	t/godz.	500	1000	b.d.
	rzeczywista		b.d.	600	185
Ogólny przepływ spalin	projektowany	10 ⁶ Nm ³ /godz.	1.2-1.3	2	b.d.
	rzeczywisty		b.d.	1	0.4
Alkaliczność spieku		CaO/SiO ₂	1.8	1.92	2.2
Wydajność odsiarczania	projektowana	10 ⁶ Nm ³ /godz.	1.2-1.3	1 (częściowe deSO _x)	b.d. (częściowe deSO _x)
	rzeczywista		b.d.	0.45-0.51 (częściowe deSO _x)	0.2 (częściowe deSO _x)
Preinstalowane odpylanie	Typ	mg/Nm ³	Suchy filtr elektrostatyczny	Cyklon	Suchy filtr elektrostatyczny
	Czysty gaz		50	b.d.	40
Środek reagujący			NH ₄ OH	Wapno gaszone	Wapno gaszone i kreda (50:50)
Stężenie wlotowe SO ₂	projektowane	mg/Nm ³	b.d.	1140	1830
	rzeczywiste		560 - 840	513-684	730 - 940
Stężenie wylotowe SO ₂	projektowane	mg/Nm ³	b.d.	<110	370
	rzeczywiste		3-9	6 - 29	b.d.
Skuteczność odsiarczania	projektowana	%	b.d.	90	80
	rzeczywista		>99	95-98	b.d.
Produkt uboczny	Typ	kg/t spieku	Saletra amonowa	Gips	Gips
	ilość		b.d.	1.0-1.34	4.5
	przetwarzanie		Sprzedaż	Sprzedaż	Głównie usuwanie
Zapotrzebowanie na energię		GJ/t spieku	b.d.	0.0061 - 0.0072 (energia elektryczna) (<0.3 % całkowitego zużycia energii)	b.d.
Inwestycja ⁽¹⁾		EUR10 ⁶	b.d.	b.d.	19.4 (w 1976 r.)
Koszty eksploatacji ⁽¹⁾		EUR/t spieku	b.d.	0.016 (w 1986 r.) Tylko utrzymanie	0.62 (w 1986 r.)Bez utrzymaniabez amortyzacji

⁽¹⁾ Dla wszystkich przykładów waluty przekształcono na ECU w 1996 r. a dla przeglądu w EUR.
Uwaga: b.d = brak danych
Źródło:[65, InfoMil 1997].

3.3.2.7.3 Proces regenerowanego węgla aktywnego (RAC) dla odsiarczania i ograniczania emisji NO_x

Opis

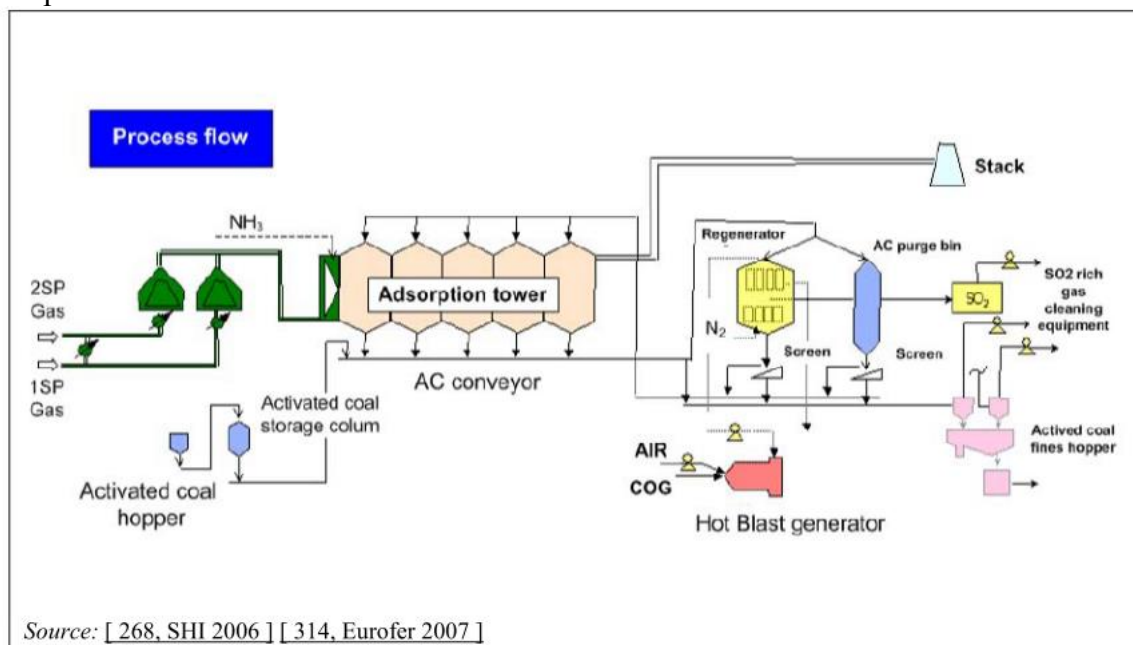
Techniki suchego odsiarczania są oparte na adsorpcji SO₂ na aktywnym węglu. Jeśli aktywny węgiel nasycony SO₂ jest regenerowany, proces ten nazywa się regeneracją węgla aktywnego (RAC). W takim przypadku można zastosować wysokiej jakości, kosztowny węgiel aktywny pozwalający na uzyskanie kwasu siarkowego (H₂SO₄) jako produktu ubocznego. Złoże jest regenerowane albo za pomocą wody, albo termicznie. Ta technika jest stosowana w piecach do spopielenia ścieków komunalnych, rafineriach, elektrowniach i spiekalniach.

W niektórych przypadkach stosowany jest węgiel aktywny na bazie węgla brunatnego. W takim przypadku aktywny węgiel nasycony SO₂ jest zwykle spopieleny w kontrolowanych warunkach. Ta technika jest zwykle stosowana do „dokładnego strojenia” przy niezmiennym kierunku procesu istniejącego zespołu odsiarczania.

Proces regeneracyjnego aktywnego węgla (Rysunek 3.19) pozwala na usunięcie kilku związków ze spalin: SO₂, HCl, HF, rtęci (Hg), pyłu, polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów i opcjonalnie NO_x. Układ może być zbudowany jako 1 stopniowy lub 2 stopniowy proces. W 1 stopniowym procesie spaliny są odprowadzane przez złoże aktywnego węgla, a substancje zanieczyszczające są absorbowane za pomocą aktywnego węgla. Usuwanie NO_x występuje tylko wtedy, gdy amoniak (NH₃) jest wtryskiwany do strumienia gazu przed złożem katalizatora.

W procesie dwustopniowym gazy odlotowe są przepuszczane przez dwa złoża aktywnego węgla. Amoniak może być wtryskiwany przed złożem, aby obniżyć emisję NO_x.

W regeneratorze, polichlorowane dibenzodioksyny/dibenzofurany rozkładają się w temperaturze od 400 do 450 °C.



Source: [268, SHI 2006] [314, Eurofer 2007]

process flow	przebieg procesu
gas	gaz
activated coal hopper	kosz samowyładowawczy dla węgla aktywowanego
activated coal storage colum	miejsce gromadzenia węgla aktywowanego
adsorption tower	wieża adsorpcyjna
AC conveyor	przeñośnik AC
Stack	komin

Regenerator	regenerator
Screen	sito
AC purge bin	kosz na odpady AC
SO2 rich gas cleaning equipment	urządzenie oczyszczające gaz bogaty w SO ₂
Air	powietrze
COG	COG
activated coal fines hopper	kosz samowyladowawczy na drobną frakcję węgla aktywowanego
Hot Blast generator	generator nagrzewnic dmuchu

Rysunek 3.19: Proces regeneracji aktywnego węgla (RAC)

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Możliwe jest osiągnięcie wysokiej skuteczności odsiarczania (> 95%). Skuteczność odazotowania może wynosić nawet do 80-90%, w zależności od temperatury roboczej, dodatku NH₃ oraz konstrukcji. Dane dotyczące skuteczności nie uwzględniają czasu przestoju i odnoszą się do 24 godzinnego dnia eksploatacji. Stąd też rzeczywiste dane dotyczące skuteczności byłyby znacznie niższe.

Tabela 3.29: Stężenie składników gazów odlotowych

Parametr	Jednostki	Wartości
Tempo przepływu gazów odlotowych	Nm ³ /min	14 200
Temperatura	K	414 - 415
Wilgoć	obj.-%	6.9
O ₂	obj.-%	14.7
CO ₂	obj.-%	7.9
CO	obj.-%	1.2
NO _x	mg/Nm ³	266 - 322
SO _x	ppm	7 - 127
SO ₃	ppm	0.1
Pył	mg/Nm ³	6 - 10
<p>Uwaga: Przetwórnia SO_x dysponuje sprzętem do hydroksylacji magnezu. Jeżeli system nie działa, osiągnane są emisje do 168 ppm. System składa się z cyklonu, filtra elektrostatycznego i układu suchego odsiarczania.</p> <p>Źródło: [261, Kasama et al. 2006].</p>		

Tabela 3.30: Osiągana wydajność piekarni przy stosowaniu węgla aktywowanego

Zanieczyszczenie	Osiągana wydajność	Jednostki	Uwagi
SO ₂	95 - >98 ⁽¹⁾	%	
	Wlot: 572 - 858	mg/Nm ³	
	Wylot: 20 - 30	mg/Nm ³	
NO _x	>40 lub 60 ⁽²⁾	%	W przypadkach gdzie wymagane jest ograniczenie > 60%, potrzebny jest proces dwuetapowy
	Wlot: 300 - 520	mg/Nm ³	
	Wylot: 120 - 200	mg/Nm ³	

polichlorowane dibenzodioxyny/dibenzofurany	Wlot: 0.03 - 3	ng I-TEQ/Nm ³ -suchy	Wlot 1 - 2
	Wylot: 0.000001 - 0.1		
Pył	Wlot: 10 - 140	mg/Nm ³	Wlot <100. Mniejsza wydajność zależy od rozkładu wielkości cząstek
	Wylot: 2 - 20		
Hg	95 - >99	%	Wyniki nie są gwarantowane
	Wlot: 20 - 30	μg/Nm ³	
<p>) Dane ze stałego monitorowania w okresie jednego miesiąca w dwóch zakładach wykazują stałą wysoką wydajność.</p> <p>(²) Dane ze stałego monitorowania w okresie jednego miesiąca w trzech zakładach pokazują wahania wydajności pomiędzy 40 i 60% dla systemu jednostopniowego i między 62 - 75% w przypadku systemu dwustopniowego.</p> <p>ródło: [268, SHI 2006].</p>			

Proces regeneracji aktywnego węgla zmniejsza stężenie pyłu z 80-100 mg/Nm³ do mniej niż 20. Emisje dioksyn są zmniejszane z 3 ng/Nm³ do mniej niż 0,3.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

W przypadku gdy stosowany jest proces RAC całkowite zużycie energii na tonę spieku wzrasta i powstaje mały przepływ wody. W zintegrowanym zakładzie hutniczym przepływ wody może być oczyszczany w istniejącym zakładzie oczyszczania wody odpadowej, jeśli taki istnieje lub jest odpowiednio zlokalizowany. W przypadku braku takiego zakładu, dodatkowe koszty musiałyby być poniesione na odpowiednią utylizację wody odpadowej. Kwas siarkowy jest produkowany jako produkt uboczny.

Nie powstają żadne stałe odpady, ponieważ aktywny węgiel jest regenerowany i częściowo spalany. Zużycie energii elektrycznej wynosi 1200 kW lub 8,6 MJ/t spieku (około 0,4% całkowitego zużycia energii elektrycznej).

Jeżeli stosowany jest proces bez regeneracji, całkowite zużycie energii na tonę spieku wzrasta i powstają zanieczyszczone stałe odpady, które powinny być właściwie utylizowane. Pyłu pochodzący z procesu oczyszczania gazu jest bardzo drobny i zawiera metale ciężkie (mogą również pojawić się materiały radioaktywne). W związku z tym, pył nie może być od razu zawracany do procesu produkcji surówki w taki sam sposób jak inne żelazonośne pyły.

Dane eksploatacyjne

Spiekalnia nr 3, Nagoya Works, Nippon Steel Corporation ma wydajność 12 000 ton spieku na dzień, przy przepływie spalin 900 000 Nm³/godz. Alkaliczność spieku wynosiła 1,72-2,1 w 1991 r. Proces RAC został opracowany jako dwie równoległe 1 stopniowe wieże absorpcyjne, każda o wydajności 450 000 Nm³/godz. Przed odsiarczaniem pył jest usuwany za pomocą cyklonu, a następnie filtru elektrostatycznego (stężenie czystego gazu: 20-30 mg/Nm³). Stężenie wlotowe SO₂ wynosiło 360 mg/Nm³ a stwierdzona skuteczność odsiarczania 97%. Odpowiednie stężenie wylotowe wynosiło 11 mg/Nm³. Stężenie wylotowe pyłów wynosiło 15-20 mg/Nm³ (wielkość cząstki 2-4 μm; 60% węgla).

Odazotowanie jest stosowane tylko w jednej z dwóch wież absorpcyjnych przez wtrysk NH₃. Skuteczność usuwania NO_x jest niska i wynosi 15% (lub 30% dla wieży absorpcyjnej z wtryskiem NH₃).

Aktywny węgiel obciążony SO₂ jest regenerowany poprzez obróbkę termiczną w temperaturze 380-430 °C. Węgiel jest pośrednio nagrzewany w piecu grzewczym opalanym gazem koksowniczym. Azot (N₂) jest domieszany (500 m³/godz.). Woda nasycona bogatym gazem SO₂ (15%) jest doprowadzana do zakładu kwasu siarkowego oczyszczania gazu

koksowniczego. Regenerowany węgiel jest sortowany i doprowadzony zwrótnie do złóż adsorpcyjnych. Cząstki o małych rozmiarach są wykorzystywane jako surowiec dla spiekalni. Ten układ jest właściwy dla rozpatrywanej spiekalni i nie powinien być uważany za ogólnie możliwy do zastosowania w innych zakładach. Zużycie aktywnego węgla wynosi do 150 kg/godz. Zużycie pary (40 bar) wynosi 600 kg/godz., a zużycie wody 0,08 m³/godz.

Należy zwrócić szczególną uwagę na temperaturę wlotową spalin (< 140 °C) i na stężenie wlotowe pyłów (maks. 50 mg/Nm³). Ograniczanie pyłu (np. filtr elektrostatyczny lub wysoko wydajne cyklony) należy zainstalować przed procesem RAC aby zmniejszyć stężenie pyłu na wlocie.

Możliwość zastosowania

Proces regeneracyjnego węgla aktywnego może być stosowany jako technika oczyszczania spalin zarówno w nowych, jak i istniejących zakładach. Proces ten jest zwykle instalowany dla potrzeb równoczesnego usuwania kilku składników ze spalin (np. SO₂, HF, HCl, NO_x, ale także pył i polichlorowane dibenzodiodoksyny/dibenzofurany). Zasadniczo rozkład instalacji oraz wymogi przestrzenne są istotnymi czynnikami przy uwzględnianiu tej techniki, szczególnie jednak w przypadku obiektu wyposażonego w więcej taśm spiekalniczych niż jedna.

Jednak obecnie (2010 r.), nie ma żadnych przykładów na stosowanie procesu RAC w spiekalniach w Europie. Ze względu na wysokie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne, szczególnie w przypadku zastosowania wysokiej jakości, kosztownego węgla aktywnego i konieczności budowy instalacji kwasu siarkowego, proces RAC nie jest stosowany w Europie. Chociaż, taka opcja może dotyczyć nowych zakładów zajmujących się SO_x, NO_x, pyłem i polichlorowanymi dibenzodiodoksynami/dibenzofuranami równocześnie lub w okolicznościach, w których standardy jakości środowiska nie mogą zostać spełnione.

Aspekty ekonomiczne

W 1987 roku inwestycje (bez zakładu kwasu siarkowego i zakładu utylizacji wody odpadowej) były szacowane na kwotę 21 milionów EUR. W 1991 firma Voest Alpine Stahl AG, Austria-Linz podała, że szacunkowa wartość nakładów na zakład regeneracyjnego aktywnego węgla wynosiła 73 milionów EUR.

W 1991 roku koszty eksploatacyjne (z wyłączeniem konserwacji i amortyzacji) wynosiły 0,75 EUR na tonę spieku. Koszty konserwacji i utrzymania są szacowane na 0,17 EUR na tonę spieku (750 000 EUR w roku). Należy zwrócić uwagę, że te dane dotyczące instalacji regeneracyjnego węgla aktywnego dotyczą połączonego usuwania SO₂ oraz NO_x.

(¹) Dla wszystkich przykładów waluty przekształcono na ECU w 1996/1997 r. a dla przeglądu w EUR.

Tabela 3.31 przedstawia łączne koszty inwestycyjne i eksploatacyjne dla instalacji suchego odsiarczania z jednoczesnym ograniczeniem emisji NO_x w dwóch różnych przypadkach. Jest to jakościowe porównanie suchych i mokrych procesów odsiarczania tylko dla spiekalni (patrz Tabela 3.26).

Tabela 3.31: Szacunkowy koszt systemu węgla aktywowanego

Wymagana efektywność ograniczania emisji	deSO _x : 95 % deNO _x : 40 %	deSO _x : 95 % deNO _x : 80 %
Koszt początkowy:	110 ⁽¹⁾	136.1
• główny zakład	60.8	86.2
• wstępne wypełnienie węgla aktywowanego	8.8	16.2
• produkt uboczny (H ₂ SO ₄)	8.5	8.5
• inne (rurociągi, oczyszczalnie ścieków, energia elektryczna i wyposażenie, zakład, technika)	21.9	25.2
Koszty eksploatacyjne (8476 godz./rok):	100	166.8
• aktywowany węgiel	57.7	115.4
• energia elektryczna	29.8	35.3
• NH ₃ (do deNO _x)	10.4	14.0
• inne (COG, media, para, NaOH)	13.6	13.6
• H ₂ SO ₄ (na rynku) ⁽²⁾	-11.5	-11.5
⁽¹⁾ Całkowity koszt systemu suchego to 110% (wartość ta odnosi się do 110% przedstawionych w Tabeli 3.26 w Sekcji 3.3.2.7.3). ⁽²⁾ Produkowany kwas siarkowy. Uwaga: Tempo przepływu gazów odlotowych: 1,5 mln Nm ³ /godz.; temperatura gazu: 120 °C; ilość wprowadzanego SO ₂ : 373 mg/Nm ³ ; ilość wprowadzanego NO _x : 454 mg/Nm ³ . Źródło: [268, SHI 2006].		

Inwestycje dla regeneracyjnego węgla aktywnego są szacowane na około 60 mln EUR w spiekalni z taśmą spiekalniczą o powierzchni 500-600 m², a koszty operacyjne są szacowane na ok. 1 EUR/t (Arcelor).

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Co najmniej osiem spiekalni wdrożyło tę technikę wykorzystując aktywny węgiel w Japonii, Korei i Australii. Proces RAC ukierunkowany na SO_x jest realizowany w spiekalni nr 3, Nagoya Steelworks, Nippon Steel Corporation w Japonii, od sierpnia 1987 roku. W 1999 roku, maszyny spiekalnicze 1 i 2 w Nagoya Steelworks zostały przygotowane do ukierunkowania na SO_x, NO_x i pył dla 1 300 000 Nm³/godz. gazów odlotowych. Inne zakłady, które zainstalowały ten system lub odmianę tego procesu:

- BlueScope Steel, Port Kembla Works, Australia, maszyna spiekalnicza nr 3, do obróbki 155 200 Nm³/godz. gazu odlotowego dla pyłu i polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów (uruchomienie w czerwcu 2003 r.)
- Nippon Steel Corporation, Oita Works, Japonia, spiekalnia nr 1, do obróbki 300 000 Nm³/godz. gazów odlotowych dla SO_x, NO_x, pyłu i polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów (uruchomienie w 2003 r.)
- POSCO, Pohang Steelworks, Korea, maszyny spiekalnicze nr 3 i 4, do obróbki 1350 000 Nm³/h gazów odlotowych dla SO_x, NO_x, pyłu i polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów (uruchomienie w listopadzie 2004 r.)
- Nippon Steel Corporation, Kimitsu Steelworks, Japonia, spiekalnia nr 3, do obróbki 1 700 000 Nm³/godz. gazów odlotowych dla SO_x, NO_x i pyłu (uruchomienie w 2004 r.)

- Kobe Steel Corporation, Kakogawa Steelworks, Japonia, spiekalnia nr 1, do obróbki 1 500 000 Nm³/godz. gazów odlotowych dla SO_x, NO_x, pyłu i polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów (na etapie planowania w 2007 r.)

Technologia filtrowania złoża węglowego została przetestowana w jednym zakładzie pilotażowym w Australii (BHP Steel) i jest wykorzystywana w niektórych spiekalniach w Japonii.

Żadna ze spiekalni w Europie nie stosuje procesu regeneracyjnego węgla aktywnego (RAC).

Bibliografia

[65, InfoMil 1997 || 215, BSS 2007 || 252, France 2007 || 254, Eurofer 2007 || 261, Kasama et al. 2006 || 268, SHI 2006 || 314, Eurofer 2007]

3.3.2.8 Ograniczanie NO_x

3.3.2.8.1 Główne środki ograniczania emisji NO_x

Zastosowanie antracytu może zmniejszyć emisje NO_x i zależy od dostępności antracytów o niższej zawartości N w porównaniu z koksikiem.

Dodatkowym środkiem, który może być uważany za mniej istotny jest zastosowanie palników o niskiej emisji NO_x dla zapłonu.

Innym sposobem ograniczenia całkowitej emisji NO_x jest zastosowanie jednej z technik recyklingu gazów odlotowych opisanych w sekcji 3.3.5.2.

3.3.2.8.2 Selektowna redukcja katalityczna (SRK)

Opis

W tym procesie tlenki azotu NO_x w spalinach są redukowane katalitycznie przy pomocy amoniaku (NH₃) lub mocznika do N₂ i H₂O. Tlenek wanadu (V₂O₅) lub tlenek wolframu (WO₃) na nośniku tlenku tytanu (TiO₂) są często stosowane jako katalizator. Innymi ewentualnymi katalizatorami są tlenek żelaza i platyna. Optymalne temperatury robocze wahają się od 300 do 400 °C.

Proces selektywnej redukcji katalitycznej może funkcjonować jako system wysokopyłowy, system niskopyłowy i jako system czystego gazu; każdy według swoich właściwości. Dotychczas w spiekalniach stosowano jedynie systemy czystego gazu.

Powinno zwrócić się szczególną uwagę na dezaktywację katalizatora, akumulację wybuchowej saletry amonowej (NH₄NO₃), gęstwę amoniaku oraz powstawanie powodującego korozję SO₃. Zwykle gazy odlotowe muszą być podgrzane przed wprowadzeniem do urządzenia SCR, aby osiągnąć wymaganą temperaturę pracy.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Skuteczność redukcji NO_x ponad 80% została uzyskana w spiekalniach, w zależności od typu katalizatora, temperatury roboczej i dodatku NH₃. Odnotowano wartości stężenia na wylocie między 56-120 mg/Nm³ (referencyjny O₂: 15%) (wartości wejściowe między 180-600 mg/Nm³).

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Ponieważ proces selektywnej redukcji katalitycznej jest suchą techniką, nie występuje w nim emisja do wody. Jedynym odpadem, który powstaje jest dezaktywowany katalizator, który może być ponownie przerobiony przez producenta. Ta technika narzuca konieczność magazynowania i stosowania amoniaku, ale nie koniecznie jako ciekłego amoniaku; mocznik lub roztwory amoniaku mogą być zastosowane.

Całkowite zużycie energii zwiększa się, ponieważ spaliny muszą być ponownie podgrzane przed kontaktem z katalizatorem. Ogranicza to możliwości odzysku ciepła jawnego z procesu spiekania. Ponadto urządzenie selektywnej redukcji katalitycznej zużywa energię elektryczną.

Zastosowanie selektywnej redukcji katalitycznej wykazuje emisje N₂O niższe niż 8 ppm. W dwóch spiekalniach stwierdzono gęstwę NH₃ między <1 - 3 ppm.

Dane eksploatacyjne

Układ selektywnej redukcji katalitycznej został zainstalowany na spiekalni zakładów Kawasaki Steel Corporation, Chiba Works w 1975 w celu obniżenia emisji NO_x. Spiekalnia ma wydajność 7000 t spieku/dzień i przepływ gazu odlotowego od 620 000 do 750 000 Nm³/godz. Emisje NO_x zostały obniżone z 450 mg/Nm³ do 37 mg/Nm³ przy pomocy katalizatora platynowego (Pt), dającego skuteczność redukcji >90%. Układ selektywnej redukcji katalitycznej pracuje jako "system czystego gazu", co oznacza, że jest on montowany po odpylaniu i odsiarczaniu.

Układ selektywnej redukcji katalitycznej może pracować w temperaturze 260 °C lub 400 °C. Przy temperaturze 260 °C katalizator musi być kilkakrotnie odnawiany w ciągu roku w procesie obróbki cieplnej. W tej temperaturze skuteczność 90% może być uzyskana jedynie przez dodanie NH₃ w ilości 1,2 powyżej stosunku stechiometrycznego. W takiej sytuacji występuje gęstwa NH₃. Po 3 latach eksploatacji w temperaturze 260 °C konwertor CO został zainstalowany w przeciwnym kierunku do urządzenia selektywnej redukcji katalitycznej. W konwertorze CO w gazie odlotowym jest katalitycznie spalany i powstaje ciepło. Konwertor CO zwiększa temperaturę gazu od około 400 °C do 480°C. 90% skuteczność w przypadku ograniczania NO_x została osiągnięta przez dodanie NH₃ przy stosunku stechiometrycznym wynoszącym 0,9. Nie występuje mąwa NH₃. Spadek ciśnienia poniżej złoża katalizatora (1 m) wynosi 140 mm (słupa wody).

W spiekalni Nippon Kokan, Keihin Works układ selektywnej redukcji katalitycznej został zainstalowany w 1979 r. Układ ten pracuje jako system czystego gazu po ponownym odpylaniu i odsiarczaniu. Spiekalnia ma wydajność 12 000 t spieku na dzień, a przepływ gazu odlotowego wynosi od 1,2 do 1,3 miliona Nm³/godz.

Proces selektywnej redukcji katalitycznej wykorzystuje rudę kawałkową (rudy limonitu i gasitu z Azji) jako katalizator. Zużyty katalizator jest sortowany i wykorzystywany jako materiał podawany do wielkiego pieca lub spiekalni.

Gazy po wstępnym podgrzaniu do temperatury 340 °C przy stężeniu NO_x 410 mg/Nm³ wchodzą do układu selektywnej redukcji katalitycznej. Stężenie czystego gazu wynosi 100-120 mg/Nm³, co odpowiada wydajności selektywnej redukcji katalitycznej wynoszącej 70-75%.

Spadek ciśnienia nad urządzeniem do selektywnej redukcji katalitycznej wynosi 60-70 mm (słupa wody). Wymiennik ciepła ma spadek ciśnienia wynoszący 80 mm (słupa wody).

Zużycie NH₃ wynosi 120 g/t spieku. Zużycie energii elektrycznej wynosi 0,014 GJ/t spieku lub <1% całkowitego zużycia energii.

Nie zgłoszono żadnych problemów odnośnie do funkcjonowania procesu selektywnej redukcji katalitycznej.

COG jest wykorzystywany do podgrzewania w pracy instalacji deNO_x w spiekalni nr 1, 3 i 4 w China Steel, na Tajwanie. Urządzenia do selektywnej redukcji katalitycznej dla spiekalni nr 3 i 4 zostały zainstalowane w czerwcu 1997 r. oraz urządzenie do selektywnej redukcji katalitycznej dla spiekalni nr 1 w czerwcu 1999 roku. Emisje NO_x zostały ograniczone do 52-100 mg/Nm³ (referencyjny O₂: 15%). Wskaźnik ograniczenia wynosi około 80%. COG służy do podgrzewania w pracy instalacji deNO_x. Ilości gazów odlotowych dla tych zakładów wynoszą:

- spiekalnia nr 1: objętość gazu odlotowego w przybliżeniu 464 000 Nm³/godz.
 - spiekalnia nr 3: objętość gazu odlotowego w przybliżeniu 850 000 Nm³/godz.; objętość katalizatora 193.2 m³
 - spiekalnia nr 4: około 1 164 000 Nm³/godz. (19 400 Nm³/min).
- Gęstwa NH₃ dla spiekalni nr 1 i nr 3 wynosi <1 ppm a dla spiekalni nr 4 między 1,5 i 3 ppm.

Możliwość zastosowania

Technika ta może być stosowana zarówno w nowych, jak i istniejących zakładach. W spiekalniach jedynie „układy czystego gazu” po odpylaniu i odsiarczaniu zostały oddane do eksploatacji. Istotne jest, aby gaz zawierał niewielką ilość pyłu ($< 40 \text{ mg pyłu/Nm}^3$) i metali ciężkich, ponieważ składniki te mogą spowodować nieskuteczność powierzchni katalizatora. Konieczne może być również odsiarczanie przed katalizatorem. Kolejnym wymogiem wstępnym jest minimalna temperatura gazu odlotowego wynosząca około $300 \text{ }^\circ\text{C}$. Wymaga to nakładu energii.

Jednak obecnie (2010 r.), nie ma żadnych przykładów na stosowanie techniki SCR w spiekalniach w Europie. Ze względu na wysokie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne oraz konieczność regeneracji katalizatora, zużycie NH_3 i możliwość pojawienia się go na wylocie z instalacji, dodatkową energię konieczną do ponownego podgrzewania, co może ograniczyć możliwości odzysku ciepła jawnego z procesu spiekania, technika SCR nie jest stosowana w Europie. Chociaż, może to stanowić rozwiązanie w sytuacji gdy standardy jakości środowiska nie mogą zostać spełnione.

Aspekty ekonomiczne

Spiekalnia, Kawasaki Steel Corporation, Chiba Works, Japonia

- inwestycje: $27.3 \times 10^6 \text{ EUR}$ w 1975 r.
- koszty konserwacji: 0.08 EUR/t spieku w 1992 r. ($200\,000 \text{ EUR/r}$)
- koszty eksploatacyjne: 0.40 EUR/t spieku w 1992 ($1\,000\,000 \text{ EUR/r}$); łącznie z kosztami wstępnego nagrzewania.

Spiekalnia, Nippon Kokan, Keihin Works, Japonia

- inwestycje: $50 \times 10^6 \text{ EUR}$ w 1979 r.
- koszty eksploatacyjne: 0.57 EUR/t spieku w 1992 r. ($900\,000 \text{ EUR/r}$)
- koszty eksploatacyjne: 0.75 EUR/t spieku w 1992 r.

[65, InfoMil 1997] podaje następujące koszty dla SCR:

- inwestycyjne: $25\text{-}45 \text{ EUR}/(\text{Nm}^3/\text{godz.})$
- eksploatacyjne: $0,7\text{-}0,9/1000 \text{ Nm}^3$ oczyszczonych tworzyw.

W przypadku spiekalni o wydajności 4 Mt/rok , przepływie gazu odlotowego wynoszącym $1 \text{ MNm}^3/\text{godz.}$ i 8640 godzinach eksploatacyjnych w ciągu roku odpowiadałoby to następującym kosztom:

- inwestycyjne: $25 \text{ do } 45 \text{ mln EUR}$
- eksploatacyjne: $1,5 \text{ do } 2,0 \text{ EUR/t}$ spieku.

Dla wszystkich przykładów waluty przekształcono na ECU w 1996 r. a dla przeglądu w EUR.

W 1997 r. szacunkowy koszt około 30 milionów EUR był podawany dla zespołu SCR obejmującego układ ponownego nagrzewania dla przepływu gazów odlotowych $630\,000 \text{ Nm}^3/\text{godz.}$ w Corus, IJmuiden, w Holandii.

Wskaźnikami decydującymi o kosztach jest wykorzystanie katalizatora, zużycie amoniaku i koszty (jeżeli występują) ponownego nagrzewania gazu odlotowego.

Obecnie (2010) żadna ze spiekalni nie pracuje w tego typu układzie odazotowania.

Motywacja do wdrożenia techniki

Badania pokazują, że ani techniki zapobiegania emisjom NO_x częściowo zastępujące koksik z bogatym w żelazo żużlem, propanem, DRI i koksem naftowym, ani stosowanie roztworu amoniaku lub węglanu amonu jako dodatków do mieszanki, nie oferowały praktycznego rozwiązania problemu zmniejszenia emisji NO_x w spiekalniach.

Przykładowe zakłady

1. Kawasaki Steel Corporation, Chiba Works, Japonia
2. Nippon Kokan, Keihin Works, Japonia
3. Spiekalnie nr 3 i 4, China Steel, Tajwan (zainstalowane w czerwcu 1999 r. i w czerwcu 1997 r.).

Nowe instalacje znajdują się na Tajwanie i w Korei. Żadne nowe zakłady SCR nie zostały zainstalowane w Japonii od 1997 roku.

Co najmniej jeden zakład SCR w Voestalpine Stahl GmbH, Linz, w Austrii jest planowany, jednak w 2008 r., w UE nie funkcjonowała żadna instalacja SCR. W latach 2008-2009, SCR została zainstalowana dla 1/10 gazu odlotowego w zakładzie demonstracyjnym. Wyniki w zakładzie demonstracyjnym zostaną wykorzystywane do skalowania, które planowane jest na 2011 rok.

Bibliografia

[65, InfoMil 1997] [387, Fisher et al. 2005] [277, Wiesenberger 2007]

3.3.3 Gromadzenie i ograniczanie emisji pyłu ze źródeł wtórnych

Opis

Wtórne emisje mogą zostać przechwycone przez drugorzędne systemy odpylania (używa się również terminu „odpylanie pomieszczenia” spiekalni). Technika ta obejmuje różne źródła takie jak paleniska, strefy wylotowe z kruszeniem i przesiewaniem spieku i punkty transportowe przenośnika spieku. Odprowadzone gazy są zazwyczaj oczyszczane w urządzeniu odpylającym, np. filtry elektrostatycznym lub workowym. Operacje są wykonywane w zamkniętym budynku aby wspomóc przechwytywanie emisji rozproszonych/niezorganizowanych.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

W jednej spiekalni, większość tych odprowadzonych strumieni gazu z operacji spiekalniczych i z punktów transferowych jest łączona i oczyszczana w trzech równoległych filtrach elektrostatycznych. Emisje pyłu są mierzone w sposób ciągły i mają roczną wartość 270 ton, dla połączonego przepływu gazu wynoszącego około 815 000 m³/godz. Stężenie pyłu wynosi około 35 mg/Nm³.

W niemieckim zakładzie, osiągnięto emisje z odpylania pomieszczenia spiekalniczego <4 mg pyłu/Nm³ jako roczną średnią z filtrów workowych [342, GWAA Bremen 2005]. Inny niemiecki zakład osiąga <21 mg pyłu/Nm³ dla odpylania pomieszczenia i <18 mg pyłu/Nm³ dla odpylania chłodni spieku. W obu przypadkach, stosowane są filtry elektrostatyczne, a wartości stanowią półgodzinne średnie mierzone w sposób ciągły. Trzecia niemiecka spiekalnia osiąga <19 mg pyłu/Nm³ dla odpylania kruszarki na gorąco i punktów przekazania za pomocą filtra elektrostatycznego (średnia dzienna wartość). W innym niemieckim zakładzie, odpylanie pomieszczenia odbywa się za pomocą filtra elektrostatycznego, a dla części gazów odlotowych z chłodzenia spieku za pomocą filtra tkaninowego. Odpowiednie stężenia emisji wynoszą 25 dla filtra elektrostatycznego i <15 mg pyłu/Nm³ dla filtra tkaninowego [244, Plickert 2007].

W jednym zakładzie austriackim, odpylanie pomieszczenia, w tym wylotu spieku, kruszenia, przesiewania i transportu spieku odbywa się za pomocą filtra elektrostatycznego i filtra tkaninowego. Gazy odlotowe łączą się i osiągają stężenie emisji <16 mg pyłu/Nm³ (średnia półgodzinowa). Inna austriacka spiekalnia osiąga wartości 3 mg pyłu/Nm³ [211, Remus, Rainer 2008].

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Wtórne odpylanie stosowane jest dla wszystkich elementów procesów przygotowawczych i procesów wsparcia, które prowadzą do emisji zanieczyszczeń do powietrza, w tym punktów przeładunkowych, operacji obciążania mieszanki lub spieku i chłodzenia spieku, mieszania, przesiewania i kruszenia spieku.

Aspekty ekonomiczne

Na wspomnianym przykładzie z przepływem gazu 815 000 m³/godz., koszty inwestycji dla filtrów workowych wyniosły 12 mln EUR, a roczne koszty operacyjne 3.25 mln EUR.

Motywacja do wdrożenia techniki

Różne operacje spiekalnicze, takie jak mieszanie, kruszenie, chłodzenie i przesiewanie, a także transport (szczególnie w punktach transferu pomiędzy przenośnikami taśmowymi) i recykling spieku między tymi operacjami są źródłem emisji pyłu. Pył składa się z 75 % PM₁₀ i 35 % PM_{2.5}.

Przykładowe zakłady

W spiekalni Voestalpine Stahl Linz, w Austrii, przechwytywanie i czyszczenie części gazów odlotowych (370 000 m³/godz.) odbywa się za pomocą filtra elektrostatycznego. Kolejna część gazów odlotowych (160 000 m³/godz.) jest oczyszczana w filtrze workowym.

W holenderskim zakładzie spiekalniczym, gaz wylotowy ze strefy ładowania jest oczyszczany za pomocą filtra workowego. Emisje ze stref rozładowywania, kruszenia i przesiewania, z przenośników oraz części chłodni są wyodrębniane i oczyszczane za pomocą filtra elektrostatycznego [114, Remus, Rainer 2008].

W ArcelorMittal, Eisenhuttenstadt, w Niemczech, odpylanie emisji z chłodzenia taśmy i innych źródeł wtórnych odbywa się za pomocą filtra elektrostatycznego.

Instalacja Thyssen Krupp Stahl, w Duisburg, w Niemczech posiada chłodną umieszczoną blisko huty żelaza i stali. Pomiary wykazały, że emisje te znacznie przyczyniają się do osadzania pyłu w obszarze poza granicą zakładu. W związku z tym, system odpylania chłodni został zainstalowany i uruchomiony w kwietniu 2003 roku. Pył generowany przez transport, przeładunek i chłodzenie spieku jest przechwytywany. Zapyłone powietrze z chłodnicy, sita na gorąco i innych obszarów zakładu jest oddzielane od istniejącej instalacji odpylania obiektu i doprowadzane do nowego filtra elektrostatycznego. Rozproszone emisje z rejonu chłodni są znacznie ograniczane poprzez optymalizację szybkości przepływu powietrza w układzie odpylania w różnych punktach ekstrakcji zapewniających stosunkowo wysoki przepływ (300 000 Nm³/godz.) w rejonie wylotu taśmy. Zainstalowany filtr elektrostatyczny oczyszcza powietrze w tempie około 1 400 000 Nm³/godz., i został zaprojektowany w celu osiągnięcia zawartości cząstek stałych 30 mg/Nm³ przy wylocie, mierzonej jako półgodzinna wartość średnia. Pył zebrany w filtrze elektrostatycznym jest wysyłany za pomocą przenośnika łańcuchowego do pojemnika wyrównawczego. Następnie jest zwilżany i wysyłany do złóż drobnej rudy przez taśmy przenośnikowe.

Bibliografia

[128, Sporenberg 2006] [241, Poland 2007] [249, Netherlands 2007] [342, GWAA Bremen 2005]

3.3.4 Korzystanie z pozostałości produkcyjnych, takich jak odpady i produkty uboczne w spiekalni

Opis

Wykorzystanie pozostałości jest ważną funkcją spiekalni w zintegrowanej hucie. Pozostałościami są głównie zgorzeliny żelaza z walcowni i różnorodne pyły i szlamy, w tym z urządzeń oczyszczania spalin. Gdy pyły, szlamy i zgorzeliny mają wystarczającą wysoką zawartość żelaza lub węgla (lub innych materiałów mineralnych, np. wapna, tlenu magnezu), mogą być stosowane jako surowiec dla spiekalni. Materiały o dużej zawartości wapna, tak jak w przypadku wielu żużli stalowych, również można zaakceptować,

zmniejszając ilość wprowadzanego wapna i wapienia. Mogą występować ograniczenia procesowe dotyczące stosowania pozostałości w spiekalni, inne niż te związane z efektami wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska zgłoszonymi poniżej. Ograniczenia te są związane z negatywnym wpływem, jaki niektóre elementy mają na prawidłowe funkcjonowanie wielkiego pieca. W związku z tym, w zależności od składu obciążenia wielkopieczowego, ograniczenia mogą być stosowane do zawartości cynku, ołowiu i chlorków w spieku, ograniczając tym samym zakres zastosowania pozostałości w spiekalni. Obecnie (2010 r.), prawie wszystkie spiekalnie na świecie wykorzystują w pewnym stopniu pył, szlam i zgorzelinę. W większości zakładów w UE stanowią one 5-6% wsadu spiekalniczego a w niektórych nawet do 10-20%. W co najmniej dwóch zakładach wykorzystuje się 100% pyłów, szlamów, żużli i dodatków.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Ilość zaoszczędzonego surowca jest równa ilości wykorzystanych osadów, pyłów i zgorzelin. Ponadto, pozostałości te nie muszą być usuwane.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Niektóre pozostałości procesowe mają znaczną zawartość oleju, co może prowadzić do wzrostu emisji niektórych lotnych związków organicznych (np. węglowodorów, polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów). Korzystanie z pozostałości, które zawierają znaczne ilości lotnych metali ciężkich (np. Hg, Cd) może prowadzić do zwiększenia emisji tych metali. Zawracanie niektórych pozostałości może również przyczynić się do wzrostu zawartości tych metali w gazach odlotowych. Ponadto, niepożądane składniki, takie jak zasady i chlorki mogą gromadzić się w procesie spiekania i mogą zwiększyć emisję spalin (np. wzrost zawartości cząstek w urządzeniach służących ograniczaniu emisji). W celu uniknięcia tych problemów, czasami urządzenia służące ograniczaniu emisji są usprawniane (np. filtry workowe lub ulepszone/zaawansowane techniki ESP) aby poradzić sobie z wykorzystaniem odpowiedniej ilości odpadów/pozostałości [247, Holandia 2007] [248, Eurofer 2007] [302, Eurofer 2007].

Recykling wytrąconego pyłu spiekalniczego może prowadzić do zwiększenia emisji polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów do powietrza wskutek recyklingu katalizatorów dioksyn de novo i chloru [224, Xhrouet 2002] [255, Kasai et al. 2001]. Pył z filtra workowego/elektrostatycznego zanieczyszczony polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów zawracanych do złoża spieku nie zwiększa stężenia polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów w pyle wytrącanym na filtrze workowym/elektrostatycznym [255, Kasai et al. 2001].

Dane eksploatacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Technikę można stosować w nowopowstałych i już istniejących zakładach.

Aspekty ekonomiczne

Przy zastosowaniu techniki opisanej tutaj, koszty surowców są mniejsze i koszty usuwania (w tym wstępnej obróbki) nie są ponoszone.

Motywacja do wdrożenia techniki

Najważniejszą motywacją do wdrożenia techniki jest maksymalizacja wykorzystania pozostałości w interesie zrównoważonego zużycia, minimalizująca tym samym korzystanie z surowców pierwotnych, a w wielu przypadkach praktyczne możliwości usuwania są ograniczone i/lub kosztowne [302, Eurofer 2007].

Przykładowe zakłady

Prawie wszystkie spiekalnie na świecie wykorzystują szlamy, pyły i zgorzeliny powstałe w zintegrowanych hutach. Spiekalnia DK Recycling, w Duisburg, w Niemczech została specjalnie zaprojektowana do obróbki pozostałości poprodukcyjnych z produkcji żelaza i stali i jest zintegrowana z procesem wielkopiecowym w celu odzyskiwania cennych jednostek żelaza wraz z pyłem i szlamem bogatym w cynk i ołów, które mogą być stosowane w przemyśle metali nieżelaznych.

Bibliografia

[65, InfoMil 1997] [116, Rentz et al. 1996] [224, Xhrouet 2002] [247, Netherlands 2007] [248, Eurofer 2007] [255, Kasai et al. 2001] [302, Eurofer 2007] [317, Endemann, G. et al 2006]

3.3.5 Odzysk ciepła w procesie spiekania

3.3.5.1 Odzyskiwanie ciepła ze spiekania i chłodzenia spieku

Opis

Ze spiekalni odprowadzane są dwa rodzaje potencjalnie odzyskiwalnej energii odpadowej:

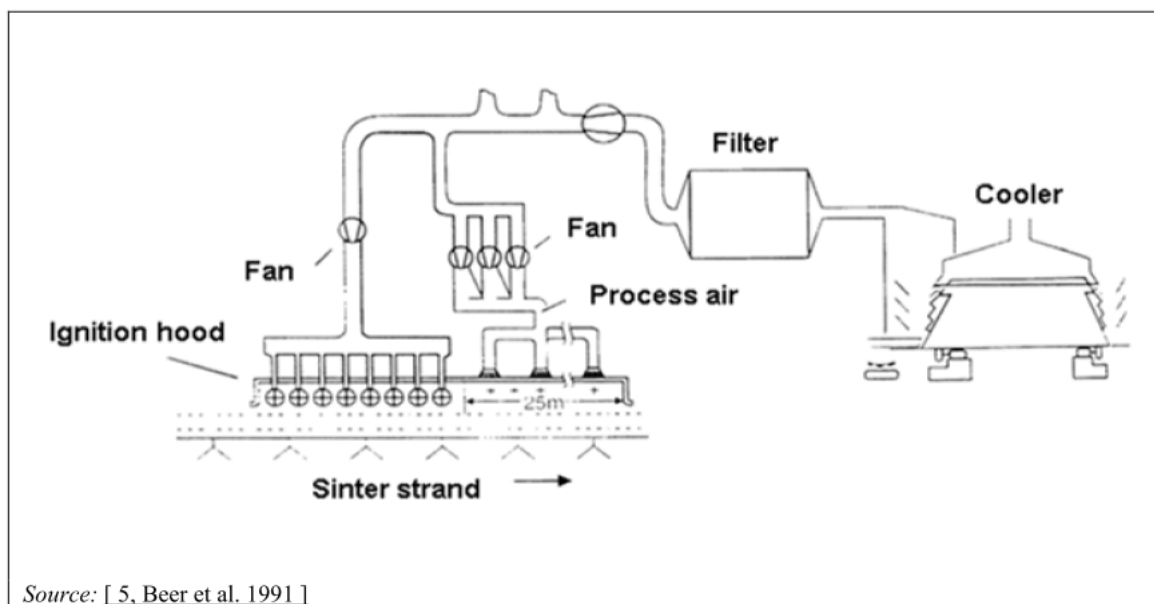
- a) ciepło jawne z gazów odlotowych z urządzeń spiekalniczych
- b) ciepło jawne odzyskiwane z powietrza chłodzącego chłodni spieku.

W odniesieniu do elementu a), w normalnych warunkach eksploatacji, zastosowanie wymiennika ciepła do odzyskiwania ciepła z gazów odlotowych procesu spowodowałaby niedopuszczalną kondensację oraz problemy z korozją. Ograniczenia te oznaczają, że odzyskiwanie energii cieplnej z gazów odlotowych za pomocą wymiennika ciepła nie było stosowane.

Częściowa recyrkulacja gazów odlotowych jest szczególnym przypadkiem odzyskiwania ciepła i została omówiona w sekcji 3.3.5.2. Ciepło jawne jest przekazywane bezpośrednio z powrotem do złoża spieku przez gorące gazy recyrkulowane. W momencie powstawania niniejszego dokumentu (rok 2010) jest to jedyna praktyczna metoda odzysku ciepła z gazów odlotowych.

Odnosnie do pkt b), ciepło jawne w gorącym powietrzu z chłodni spieku może być odzyskane w następujące sposoby:

- wytwarzanie pary wodnej w kotle odzysknicowym, przeznaczonej do wykorzystania w hutach żelaza i stali
- wytwarzanie gorącej wody dla sieci ciepłowniczej
- wstępne podgrzewanie powietrza spalania w odciągu nad palnikiem zapłonowym maszyny spiekalniczej (patrz Rysunek 3.20)
- wstępne podgrzewanie mieszanki wsadowej do spieku
- wykorzystanie gazów z chłodni spieku w systemie recyrkulacji gazu odlotowego.



ignition hood	okap zapłonu
fan	wentylator
sinter strand	taśma spiekalnicza
process air	powietrze procesowe
filter	filtr
cooler	chłodnia

Rysunek 3.20: Odzyskiwanie ciepła z powietrza chłodzącego z chłodni spieku

Na ilość ciepła odzyskanego może mieć wpływ konstrukcja spiekalni i system odzysku ciepła.

Poniżej podano pięć różnych przykładów odzyskiwania ciepła:

1. Odzysk ciepła z chłodni spieku tradycyjnymi metodami

Ciepło jawne gorącego powietrza z chłodni spieku jest używane do wytwarzania pary w kotle odzysknicowym i do podgrzewania powietrza do spalania w okapach zapłonowych.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Stwierdzono odzysk energii do 18% całkowitej energii wejściowej dla kotła odzysknicowego i 2,2% całkowitej energii do recyrkulacji do okapów zapłonowych [65, InfoMill 1997].

Dane eksploatacyjne

Brak dostępnych danych.

2. Chłodnia spieku i odzysk ciepła z gazów odlotowych z segmentową recyrkulacją spalin

W spiekalni nr 3 Sumitomo Heavy Industries, Kokura, w Japonii, stosuje się częściową recyrkulację spalin. Przed recyrkulacją, spaliny są kierowane do kotła odzysknicowego. Gazy z chłodni spieku są również kierowane do kotła odzysknicowego.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Odzyskiwanie energii w tym zakładzie za pomocą tego układu wynosi 23,1% energii wejściowej.

Dane eksploatacyjne

Wytworzono 120 kg pary/t spieku w temperaturze 273 °C i pod ciśnieniem 9 bar [123, SHI 1987].

3. Odzysk ciepła z chłodni spieku do złoża spieku z recyrkulacją spalin

W spiekalni nr 5 Voestalpine, Linz, w Austrii, odzysk ciepła odpadowego z chłodni spieku odbywa się poprzez proces EPOSINT (patrz sekcja 3.3.5.2.1). Gdy stosowany jest układ

recyrkulacji spalin, gorące powietrze z chłodni może być stosowane zamiast świeżego powietrza do podniesienia zawartości tlenu w recyrkulowanych gazach zawracanych do złoża spieku. W tych warunkach, ciepło zawarte w gazach chłodni spieku odzyskuje się w procesie spiekania. Niewielka część gorącego powietrza z chłodni może być również stosowana do podgrzewania powietrza zapłonu w okapie zapłonowym.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Osiągnięto ograniczenie rzędu 2-5 kg koksu/t spieku w Voestalpine Linz, w Austrii.

Dane eksploatacyjne

Brak dostępnych danych.

4. Chłodzenie taśmy i odzysk ciepła odpadowego z częściową recyrkulacją spalin

W spiekalni nr 4 Sumitomo Heavy Industries w Wakayama, w Japonii, chłodnia spieku jest zintegrowana z taśmą spiekalniczą (chłodzenie taśmy). W tym zakładzie, spaliny ze strefy spiekania i ze strefy chłodzenia na ruszcie przechodzą przez kotły odzysknicowe, a następnie są zawracane do taśmy.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Odzyskane ilości ciepła wynoszą do 30% ciepła wejściowego.

Dane eksploatacyjne

Wytworzono ok. 120 kg pary/t spieku w temperaturze 375 °C i pod ciśnieniem 25 bar. Zakłady zostały zaprojektowane do produkcji 10 000 t/dzień i mają obszar spieku równy 360 m² [123, SHI 1987], ale na wydajność może mieć negatywny wpływ stosowanie układu system dla istniejącego zakładu działającego na maksymalnej lub prawie maksymalnej mocy.

5. Odzysk ciepła z chłodni spieku dla sieci ciepłowniczej

W spiekalni nr 3 w ArcelorMittal, w Dunkierce, we Francji, gorące powietrze z chłodni spieku jest gromadzone i sprzedawane partnerowi, który przekształca ciepło w gorącą wodę (105 °C), która jest dostarczana rurociągami do sieci ciepłowniczej miasta.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Odzyskiwane jest około 15 kW/t spieku.

Dane eksploatacyjne

Brak dostępnych danych.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Emisjom CO₂ można zapobiec poprzez zastąpienie paliw kopalnych, gdzie chłodniejsze spaliny są wykorzystywane do produkcji energii cieplnej dla sieci ciepłowniczej.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

W niektórych przypadkach, poziom emisji pyłu zostaje ograniczony za pomocą zainstalowanych separatorów pyłu gruboziarnistego. Zastosowanie gazów odlotowych chłodni spieku w układzie recyrkulacji spalin spowoduje zmniejszenie niezorganizowanych emisji pyłu z chłodni spieku.

Możliwość zastosowania

Odzysk ciepła odpadowego z komina lub chłodni spieku może być stosowany zarówno w nowych, jak i istniejących zakładach. Uznaje się jednak, że koszty inwestycji są niższe dla nowych instalacji uwzględniających układy odzysku ciepła na etapie planowania, a w niektórych zakładach, istniejąca konfiguracja może powodować wzrost tych kosztów. W 1995 r. stwierdzono, że 64% japońskich spiekalni stosowało układ odzysku ciepła z chłodzenia spieku, a 43% japońskich spiekalni stosowało odzysk ciepła odpadowego z komina.

Aspekty ekonomiczne

Inwestycje będą zależą od zakładu. Jednakże, zastosowanie odzysku ciepła zmniejsza koszty eksploatacji.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Odzyskiwanie ciepła z chłodzenia spieku jest często stosowane w UE (np. w Corus, IJmuiden, w Holandii, w Riva, Taranto, we Włoszech, w Thyssen Krupp Stahl, Duisburg, w Niemczech).

Odzyskiwanie ciepła z gorącego powietrza chłodni spieku jest praktykowane w ArcelorMittal, w Dunkierce, we Francji, w spiekalni nr 3 od 1991 roku. Trzy taśmy w Corus w Wielkiej Brytanii odzyskują ciepło z gorącego powietrza chłodni spieku.

W spiekalni nr 5 Voestalpine, Linz, w Austrii, odzysk ciepła odpadowego z chłodni spieku jest realizowany jako część procesu EPOSINT od kwietnia 2005 r.

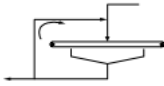
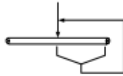
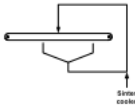
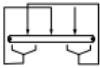
Bibliografia

[1, Arimitsu 1995 || 65, InfoMil 1997 || 103, OECD 1988 || 123, SHI 1987 || 305, Eurofer 2007 1 ||241, Poland 2007]

3.3.5.2 Częściowy recykling gazu odlotowego

W przypadku częściowego recyklingu gazu odlotowego część gazu odlotowego ze spiekalni jest ponownie wprowadzana do procesu spiekania. Część gazu odlotowego, która jest zawracana do taśmy przechodzi przez gorący spiek i czoło płomienia (patrz Rysunek 3.3). Różne procesy zostały opracowane dla zastosowania częściowej recyrkulacji spalin na skalę przemysłową. Następujące techniki przedstawione w Tabeli 3.32 zostały zawarte w tej sekcji:

Tabela 3.32: Techniki częściowej recyrkulacji gazów odlotowych zawarte w tej sekcji

Sekcja	Nazwa handlowa technologii	Przykład instalacji	Schemat (strzałki wskazują przepływ gazu)
3.3.5.2.1 Częściowy recykling spalin z całej taśmy	Spiekanie z optymalizowaną emisją (EOS)	Corus IJmuiden, Holandia	
3.3.5.2.2 Recykling gazu odlotowego z końca taśmy spiekalniczej w połączeniu z wymianą ciepła:	Proces spiekania zoptymalizowany pod kątem niskiej emisji i zużycia energii (LEEP)	HKM, Niemcy	
3.3.5.2.3 Recykling gazu odlotowego z części końca taśmy spiekalniczej i wykorzystanie gazu odlotowego z chłodni spieku	Środowiskowy proces optymalizacji spiekania (EPOSINT)	Voestalpine Linz, Austria	
3.3.5.2.4 Recykling części gazu odlotowego do innych części taśmy spiekalniczej.		NSC, Tobata spiekalnia nr 2 w Japonii	

Zródło: [307, Eurofer 2007].

Ogólne uwagi na temat stosowania

Możliwość zastosowania tej techniki zależy od spiekalni. W zależności od przypadku należy rozważyć zastosowanie środków towarzyszących, mających na celu zapewnienie, że technika ta nie będzie miała negatywnego wpływu na jakość spieku (wytrzymałość mechaniczna na zimno) i wydajność taśmy. W zależności od lokalnych warunków, środki te mogą być stosunkowo nieistotne, a ich wdrożenie może być łatwe, lub przeciwnie – mogą mieć bardziej fundamentalne znaczenie oraz być kosztowne i trudne do wprowadzenia. W każdym razie w przypadku wprowadzania tej techniki należy dokonać przeglądu warunków eksploatacji taśmy.

Do istotnych czynników przy określaniu możliwości zastosowania tej techniki należą:

- pierwotna konfiguracja taśmy (np. kanały z podwójną lub pojedynczą skrzynią powietrzną, dostępność miejsca na nowe urządzenia oraz, jeżeli to konieczne, wydłużenie taśmy);
- pierwotny projekt istniejących urządzeń (np. wentylatorów, urządzeń do oczyszczania gazów oraz urządzenia do sortowania i chłodzenia spieku);
- pierwotne warunki eksploatacji (np. surowce, wysokość warstwy, ciśnienie ssania, procent wapna palonego w mieszaninie, specyficzne natężenie przepływu, procent zwrotów zwracanych do wsadu w ramach instalacji);
- istniejąca efektywność w zakresie wydajności oraz zużycia paliwa stałego;
- wskaźnik zasadowości spieku i skład wsadu wielkopieczowego (np. procent spieku w stosunku do grudek we wsadzie, zawartość żelaza w tych składnikach).

Wprowadzenie tej techniki może zmniejszyć elastyczność eksploatacyjną taśmy. Rzeczywiście, znaczna zmiana składu mieszanki surowców lub warunków eksploatacji może znacznie zmodyfikować profile emisji wzdłuż taśmy, a w konsekwencji zagrozić przyjętej równowadze dla recyrkulacji gazu. Chociaż technika ta może przyczynić się do zmniejszenia emisji masowej w spiekalni (pod względem ładunku zanieczyszczeń), stężenie niektórych substancji może wzrosnąć (np. związków kwasowych) w zwracanych i wylotowych gazach. W odniesieniu do związków kwasowych, ścisła kontrola temperatury, wilgotności i punktu rosy kwasu jest niezbędna aby zapobiec nadmiernej korozji.

Wszystkie powyższe rozważania są oparte na doświadczeniach trzech spółek; w tych konkretnych przypadkach recyrkulacji gazów, zakładom udało się pokonać wspomniane ograniczenia przez stosowanie środków zaradczych.

3.3.5.2.1 Częściowy recykling gazu odlotowego z całej taśmy

Opis

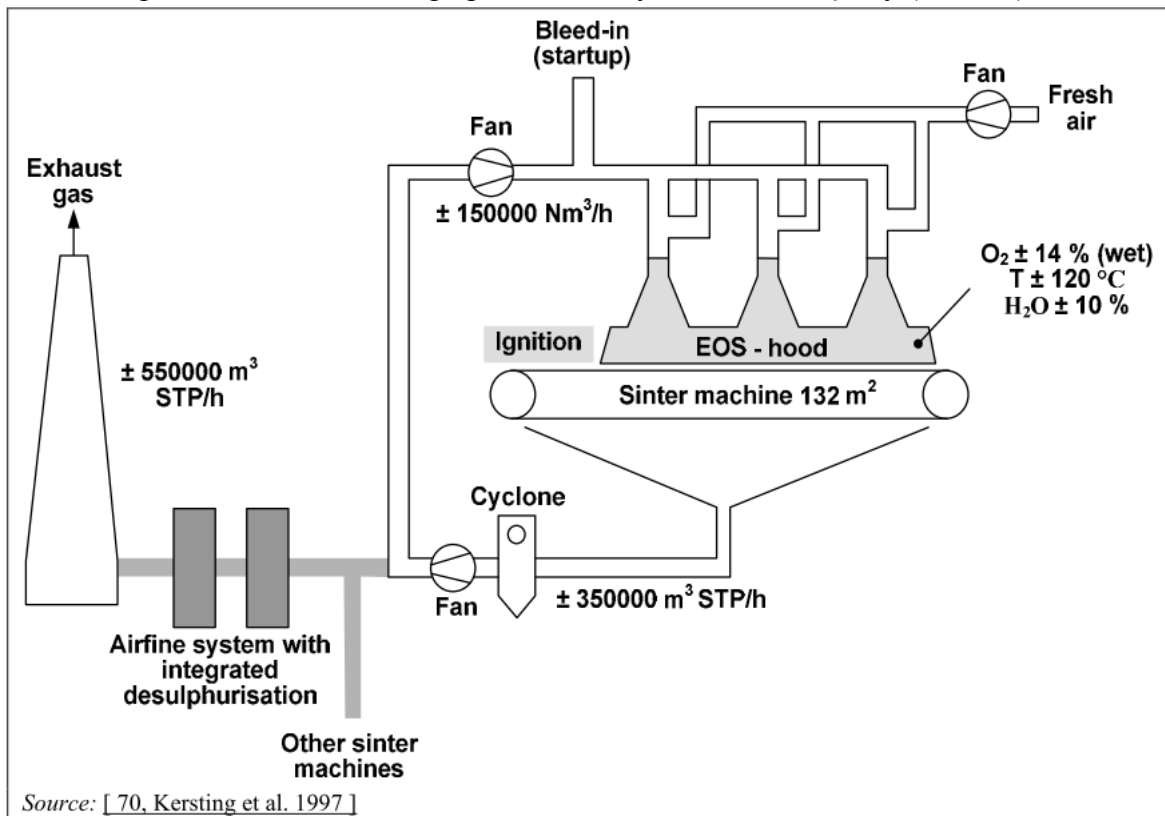
Koncepcją tej techniki jest odzyskiwanie części zmieszanego gazu odlotowego z całej taśmy do całej powierzchni taśmy (patrz Rysunek 3.21). Stopień odzysku gazu odlotowego ze spiekania wynosi 40-45%, co odpowiada 14-15% stężenia tlenu w mieszaninie mokrego gazu/powietrza w okapie i daje w efekcie 45-50% zmniejszenie emisji gazu odlotowego do atmosfery.



Source: [104, te Lindert et al. 1997]

Rysunek 3.21: Osłonięta taśma spiekalnicza zgodnie z procesem EOS

Gazy odlotowe są oczyszczone w cyklonie przed zawróceniem przez dodatkowy wentylator do okapu powyżej taśmy. W tych warunkach wydajność taśmy pozostaje bez zmian, a zużycie koksiku jest zmniejszone o 10-15% w porównaniu z konwencjonalną praktyką w Corus IJmuiden, w Holandii. Jakość spieku, zdefiniowana jako redukcja-dezintegracja, jest stała, FeO w spieku wzrasta o 1,5%, redukowalność zwiększa się, zimno zmniejsza się nieznacznie, a średnia średnica wynosi około 17 mm. Zastosowanie spieku wytwarzanego w wielkim piecu nie wykazuje żadnych niekorzystnych skutków, ale należy zauważyć, że spiek ten stanowi jedynie około 50% wsadu ze względu na wysoki procent granulek stosowanych w wielkich piecach w Corus, IJmuiden, w Holandii. W innym zakładzie, poziom spieku stosowanego we wsadzie wielkiego pieca może być znacznie większy (do 95%).



Source: [70, Kersting et al. 1997]

exhaust gas

gazy odlotowe

airfine system with integrated desulphurisation	system airfine ze zintegrowanym odsiarczaniem
other sinter machines	inne maszyny spiekalnicze
fan	wentylator
cyclone	cyklon
ignition	zapłon
bleed-in (startup)	upust (rozruch)
fresh air	świeże powietrze
EOS - hood	EOS - okap
sinter machine	maszyna spiekalnicza
wet	mokry

Rysunek 3.22: Schemat procesu spiekania zoptymalizowanego pod względem emisji (EOS)

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Częściowy recykling spalin z całej taśmy został pierwotnie opracowany w celu zmniejszenia przepływu spalin, a tym samym masowych emisji pyłu i polichlorowanych dibenzodioxyn/dibenzofuranów, z dodatkowym urządzeniem służącym ograniczeniu emisji w celu dalszego oczyszczania spalin przed odprowadzeniem do atmosfery, które będzie musiało oczyszczać mniejsze wolumeny, z domniemanymi oszczędnościami kapitałowymi i kosztów operacyjnych. Przed przystąpieniem do instalacji tego systemu w zakładzie w Holandii, techniką ograniczania emisji był cyklon i było kwestią czasu, że dodatkowe urządzenia służące redukcji emisji będzie również wymagane (patrz sekcja 3.3.2.4). Wyniki tego konkretnego zakładu w zakresie wysokiej zasadowości spieku ($\geq 1,7 \text{ CaO/SiO}_2$) wskazują, że skuteczne wdrożenie tej techniki jest możliwe (patrz Tabela 3.33). Wyniki dla spieku o niskiej zasadowości są podobne.

Tabela 3.33: Porównanie właściwości i wartości emisji tradycyjnego spiekania i spiekania zoptymalizowanego pod względem emisji na taśmie spiekalniczej w Corus, IJmuiden, w Holandii

Składnik	Jednostka	Konwencjonalne spiekanie		Spiekanie z optymalizowaną emisją (EOS)	
		lipiec 1994	październik 1994	lipiec 1994	październik 1994
Całkowity przepływ gazu	Nm ³ /godz.	394000	372 000	328 000	328000
Przepływ recyrkulacji	Nm ³ /godz.	0	0	153 000	120 000
Przepływ emitowanych spalin	Nm ³ /godz.	394000	372 000	175000	208000
Temperatura	°C	164	114	155	149
Procent wilgoci	%	10	11	16	19
Kwasowy punkt rosy	°C	46±5	b.d.	71±5	b.d.
Pył ⁽¹⁾	g/t spieku	500	b.d.	170	b.d.
O ₂	%	15	15	11.5	12.1
CO ₂	%	7.5	7	11.7	11.2
CO	%	1	1.2	1	1
SO ₂	g/t spieku	1 430	890	840	680
NO _x	g/t spieku	630	570	300	410
C _x H _y	g/t spieku	200	145	95	83

Polichlorowane dibenzodoksyny/dibenzofurany	µg I-TEQ/t spieku	2	b.d.	0.6	b.d.
⁽¹⁾ W 1994 r. emisja pyłów była ograniczana tylko przez cyklony. Uwaga: — Powierzchnia ssania 132 m ² i produkcja 4700 t spieku o wysokiej zasadowości na dzień. — b.d. = brak danych. <i>Źródło:</i> [104, te Lindert et al. 1997].					

Ograniczenie emisji (wg masy) wynikające z zastosowania tej techniki w Corus IJmuiden przedstawiono w Tabeli 3.34.

Tabela 3.34: Stwierdzone ograniczenie emisji (wg masy) z zastosowaniem spiekania zoptymalizowanego pod względem emisji w Corus, IJmuiden, w Holandii

Parametr	Ograniczenie emisji ⁽¹⁾ (masa %)	
	Spiek o niskiej zasadowości	Spiek o wysokiej zasadowości
Strumień gazów odlotowych	40	40 - 50
Pył	50	60
Tlenek węgla (CO)	45	50
SO ₂	b.d.	15 - 20
NO _x	35	30 - 45
Węglowodory (C _x H _y)	b.d.	50
Polichlorowane dibenzodoksyny/dibenzofurany	70	65
⁽¹⁾ Ograniczenie emisji jest wyrażone jako ograniczenie przepływu masy składnika. Nie musi to oznaczać zmniejszenia stężenia. UWAGA: b.d = brak danych <i>Źródło:</i> [104, te Lindert et al. 1997].		

Technika ta pozwala na ograniczenie zużycia koksiku z 60 kg/t spieku do 48 kg/t spieku. Te znaczne oszczędności energii cieplnej w holenderskim zakładzie niekoniecznie mogą być możliwe do przeniesienia do innych zakładów, ponieważ mogą one już działać przy niskim wkładzie energii cieplnej z paliw stałych w wyniku zastosowania środków optymalizacji procesu. Dane z badania Europejskiego Komitetu ds. Wielkich Pieców dotyczącego danych eksploatacyjnych dla spiekalni (1996), wyraźnie wskazują, że wiele europejskich zakładów działa już przy znacznie niższych poziomach.

Zastosowanie procesu spiekania zoptymalizowanego pod względem emisji wymaga zainstalowania dodatkowych wentylatorów ssących. To wymaga dodatkowo zainstalowania mocy elektrycznej od 200 do 400 kW, w wysokości równej wzrostowi zużycia energii o 3-8 MJ/t spieku, co jest niskim poziomem w porównaniu do całkowitych potencjalnych oszczędności.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Technika ta zmniejsza zarówno emisje do powietrza jak i zużycie energii w procesie spiekania. Dodatkowe wentylatory ssące zwiększają zużycie prądu, ale wzrost ten jest niewielki w porównaniu z oszczędnościami koksiku. Należy zwrócić szczególną uwagę na tlenek węgla (CO) w recykulowanym gazie odlotowym, aby zapobiec zatruciu pracowników tą substancją.

Dane eksploatacyjne

Technika ta po raz pierwszy weszła do eksploatacji w UE w maju 1994 r. na taśmie spiekalniczej nr 31 w Corus, IJmuiden, w Holandii. Obecnie, proces spiekania zoptymalizowanego pod względem emisji jest wykorzystywany na wszystkich trzech taśmach spiekalniczych w zakładzie. Do tej pory, dostępność systemu wynosi > 95%. W przypadku awarii, system automatycznie przełącza się na konwencjonalne spiekanie.

Możliwość zastosowania

Technika ta może być stosowana w zakładach, zarówno nowych, jak i istniejących, chociaż uznaje się, że koszty inwestycji są niższe w przypadku nowych obiektów, w których zastosowano system od etapu planowania, niż w niektórych istniejących zakładach, które mogą ponosić znacznie większe koszty z powodu projektowania instalacji. W istniejących instalacjach wprowadzenie częściowego recyklingu gazu odlotowego może być niemożliwe ze względu na ograniczenia przestrzenne. Stosowanie recyrkulacji gazu odlotowego wymaga szczególnych wysiłków w celu dopilnowania, aby nie miała ona negatywnego wpływu na jakość i wydajność procesu spiekania (patrz sekcja 3.3.5.2).

Aspekty ekonomiczne

Koszt inwestycji konieczny do wdrożenia tej techniki w spiekalni w Corus, IJmuiden, w Holandii z całkowitym przepływem gazów odlotowych wynoszącym ok. 1,2 mln Nm³/godz. z trzech taśm spiekalniczych wynosił 17 mln EUR. Koszty eksploatacyjne zmniejszyły się w porównaniu z konwencjonalnymi metodami z powodu ograniczenia ilości wprowadzanego koksiku. Oszczędności operacyjne szacuje się na 2,5 mln EUR/rok. Liczba ta opiera się na zużyciu koksiku obniżonym o 6 kg/t spieku, przy cenie 100 EUR/t koksiku i produkcji spieku wynoszącej 4,2 mln ton/rok. Dane te mogą być wyjątkowe i mogą być niemożliwe do osiągnięcia w innych spiekalniach w UE, zwłaszcza tych, które funkcjonują przy znacznie niższych ilościach wejściowych stałych paliw niż te podawane przez Corus, IJmuiden, w Holandii (patrz wyżej). Należy również podkreślić, że szacunkowa średnia cena koksiku stosowanego w pozostałych spiekalniach UE jest około 40% mniejsza, co sprawia że ewentualne oszczędności koksiku są mniej atrakcyjne ekonomicznie. Jednak mniejsza ilość spalin emitowanych z taśmy spiekalniczej po zastosowaniu recyrkulacji spalin oznacza zmniejszenie kosztu redukcji.

Dla wszystkich przykładów waluty przekształcono na ECU w 1996 a dla przeglądu w EUR.

Motywacja do wdrożenia techniki

Najważniejszą motywacją dla wdrożenia były rygorystyczne wymagania i normy emisji ustanowione przez władze.

Przykładowe zakłady

Corus, IJmuiden, Holandia. Cała produkcja spieku w tym zakładzie jest obecnie (2010 r.) realizowana z zastosowaniem tej techniki. Inne zakłady poza UE (np. w USA) również stosują tę technikę.

Bibliografia

[49, Goverde et al. 1995] [104, te Lindert et al. 1997] [252, France 2007] [254, Eurofer 2007] [307, Eurofer 2007]

3.3.5.2.2 Recykling gazu odlotowego z końca taśmy spiekalniczej w połączeniu z wymianą ciepła

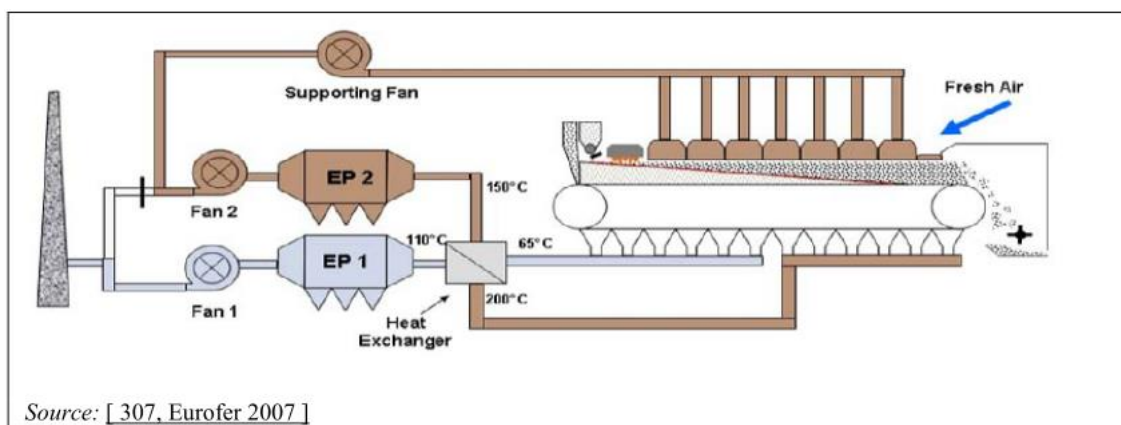
Opis

Ze względu na charakter procesu spiekania, stężenia różnych składników spalin nie wykazują równomiernego rozkładu na taśmie spiekalniczej (patrz Rysunek 3.5, Rysunek 3.7 i Rysunek 3.12). W pierwszej połowie procesu głównie usuwa się wodę z mieszaniny rudy. W drugiej połowie, obecne są wyższe stężenia tlenków siarki, związków chloru i polichlorowanych dibenzodioxyn/dibenzofuranów. Ilości tlenku węgla i dwutlenku węgla, jak i tlenki azotu, są równomiernie rozłożone pomiędzy dwiema połowami taśmy spiekalniczej. Po usunięciu wody w połowie długości taśmy spiekalniczej, temperatura gazów odlotowych wzrasta w

drugiej połowie taśmy, aż osiągnie swój maksymalny poziom w obszarze strefy gorącej punktu przepalenia.

W przeciwieństwie do innych technik recyklingu gazów odlotowych, technika ta zbiera wszystkie gazy odlotowe z drugiej połowy taśmy. Gazy te są zawracane do systemu na całej długości taśmy spiekalniczej. Tlen w zawracanym gazie zapewnia większość wymaganej do spalania paliwa ilości tlenu. Gdy gaz odlotowy jest zawracany, pył jest odfiltrowywany w złożu spieku, polichlorowane dibenzodiodoksyny/dibenzofurany są częściowo niszczone, a tlenki siarki, a także związki chloru, są adsorbowane. Utlenianie tlenku węgla w zawracanym gazie w czole płomienia dostarcza ciepło do układu, przemieszczając część ciepła pochodzącego z dodawania stałego paliwa i umożliwia stałe zmniejszenie ilości stałego paliwa.

Ze względu na recyrkulację spalin z drugiej części taśmy spiekalniczej, tylko gazy odlotowe z pierwszej połowy o niższych stężeniach opuszczają proces przez komin. Zmniejsza to znacznie ilość spalin i emisji. Stężenia emisji są określane przez wydajność asymilacji pyłu w złożu spieku, adsorpcję związków, takich jak chlorki i tlenki siarki, oraz utlenianie pewnych związków (np. CO, polichlorowane dibenzodiodoksyny/dibenzofurany) gdy recyrkulowany gaz przechodzi przez czoło płomienia.



Fan	Wentylator
supporting fan	wentylator pomocniczy
heat exchanger	wymiennik ciepła
fresh air	świeże powietrze

Rysunek 3.23: Niskoemisyjny i zoptymalizowany energetycznie proces spiekania (LEEP) opracowany przez Hüttenwerke Krupp Mannesmann

Przed tym jak dwa strumienie gazu zostaną wprowadzone do jednego z filtrów elektrostatycznych, przechodzą one wymiennik gazu/ciepła gazu. Wyrównanie temperatur strumienia gazu (przed wymiennikiem ciepła: 200/65 °C, za wymiennikiem ciepła: 150/110 °C) umożliwia wentylatorom wyciągowym na pracy w tych samych punktach, jak w konwencjonalnym procesie spiekania. Co więcej, obszar, w którym chłodniejsze gazy z pierwszej sekcji taśmy osiągają punkt rosy jest ograniczony do rur gazowych znajdujących się przed wymiennikiem ciepła. Poziome temperatury we wszystkich dodatkowych rurach gazowych przekraczają punkt rosy kwasu. Chłodzenie gorących gazów, które krążą w temperaturze około 150 °C, także zapewnia zachowanie jakościowych właściwości spieku.

Po przejściu spalin przez filtr elektrostatyczny i wentylatory wyciągowe, recyrkulowany gaz procesowy jest wdmuchiwany z powrotem do taśmy spiekalniczej poprzez dodatkowy

wentylator o regulowanej prędkości. Spaliny z pierwszej sekcji taśmy są emitowane do atmosfery przez komin.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Dzięki technice LEEP, można osiągnąć ograniczenie konkretnych emisji masowych przedstawionych w Tabeli 3.35 w porównaniu do konwencjonalnego procesu spiekania.

Tabela 3.35: Korzyści dla środowiska ze stosowania LEEP w porównaniu do tradycyjnego procesu spiekania

Parametr	Redukcja
Objętość spalin na tonę spieku	Okolo 50% w kominie
Emisje pyłu z taśmy spiekalniczej	50 - 55 %
Emisje SO ₂	27 - 35 %
Emisje NO _x	25 - 50 %
Emisje CO	50 - 55 %
Emisje HF	50 %
Emisje HCl	50 %
Emisje polichlorowanych dibenzodioxyn/dibenzofuranó w	Okolo 75 - 85 %
Paliwo stałe	Okolo 5-7 kg/t spieku umożliwia zmniejszenie emisji CO i CO ₂
Uwaga: Energia zawarta w zaoszczędzonym koksiku jest równa energetycznej z odzyskanego gazu. 10 MJ/t spieku energii elektrycznej jest wymagane do działania wentylatora wspierającego, co prowadzi do całkowitej redukcji zapotrzebowania na energię w wysokości 213 MJ/t spieku lub 12,5 %.	
Źródło: [307, Eurofer 2007 374, Eisen, H.-P. et al 2004].	

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Występuje niewielki wzrost zużycia energii elektrycznej przy dodatkowym wentylatorze. Należy zwrócić szczególną uwagę na tlenek węgla w recykulowanym gazie odlotowym, aby zapobiec zatruciu pracowników tą substancją.

Dane eksploatacyjne

Kiedy technikę tę zastosowano po raz pierwszy zaobserwowano zmniejszenie produktywności. Obecnie (2010 r.) osiągnięto ten sam poziom wydajności, w porównaniu z konwencjonalnymi metodami. W przyszłości należy spodziewać się wyższej wydajności w związku ze zmianami w piecu zapłonowym, dodaniem O₂, wzrostem zasadowości spieku i zmniejszeniem ilości powietrza z zewnątrz. W porównaniu z konwencjonalnym wytwarzaniem, jakość spieku wytwarzanego metodą LEEP wykazuje ten sam poziom wielkości ziarna i wytrzymałości i redukowalności oraz lepsze wyniki dla rozpadu w niskiej temperaturze.

Spiekalnia Hüttenwerke Krupp Mannesmann ma obszar ssania 420 m². Spiekalnia posiada dwa gazociągi dla gazów odlotowych umieszczone równolegle do taśmy spiekalniczej. W celu rozdzielenia obu stref wylotowych, postawiono przegrodę aby całkowicie oddzielić jeden gazociąg gazu odlotowego od tylnego rejonu taśmy spiekalniczej, zapewniając, że gazociąg wyciąga powietrze tylko z pierwszej połowy taśmy. Osłony oddzielają skrzynie powietrzne z części przedniej taśmy od drugiej głównej rury wylotowej, zapewniając, że zbiera ona spaliny tylko z tylnej części taśmy. Ponieważ warunki pracy mogą ulec zmianie,

cztery skrzynie powietrzne (z 29) w środkowej części taśmy spiekalniczej mogą być opcjonalnie zintegrowane z układem cyrkulacji lub obiegu spalin.

Możliwość zastosowania

Technika ta może być realizowana w nowych i istniejących spiekalniach. W istniejących instalacjach wprowadzenie częściowego recyklingu gazu odlotowego może być niemożliwe ze względu na ograniczenia przestrzenne. Jeśli istniejąca spiekalnia posiada dwa oddzielne gazociągi dla gazów odlotowych, zaletą jest możliwość zachowania oryginalnych głównych dmuchaw i filtrów elektrostatycznych, jak pokazuje przykład Hüttenwerke Krupp Mannesmann. Stosowanie recyrkulacji gazu odlotowego wymaga szczególnych wysiłków w celu dopilnowania, aby nie miała ona negatywnego wpływu na jakość i wydajność procesu spiekania (patrz sekcja 3.3.5.2).

Aspekty ekonomiczne

Przy inwestycji w wysokości 14 mln EUR, zużycie paliwa stałego zmniejsza się o 5-7 kg na tonę spieku (12,5% zapotrzebowania na paliwo) wraz z odpowiednimi oszczędnościami kosztów eksploatacyjnych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Technika ta funkcjonuje od grudnia 2001 r. w Hüttenwerke Krupp Mannesmann, Duisburg-Huckingen, w Niemczech.

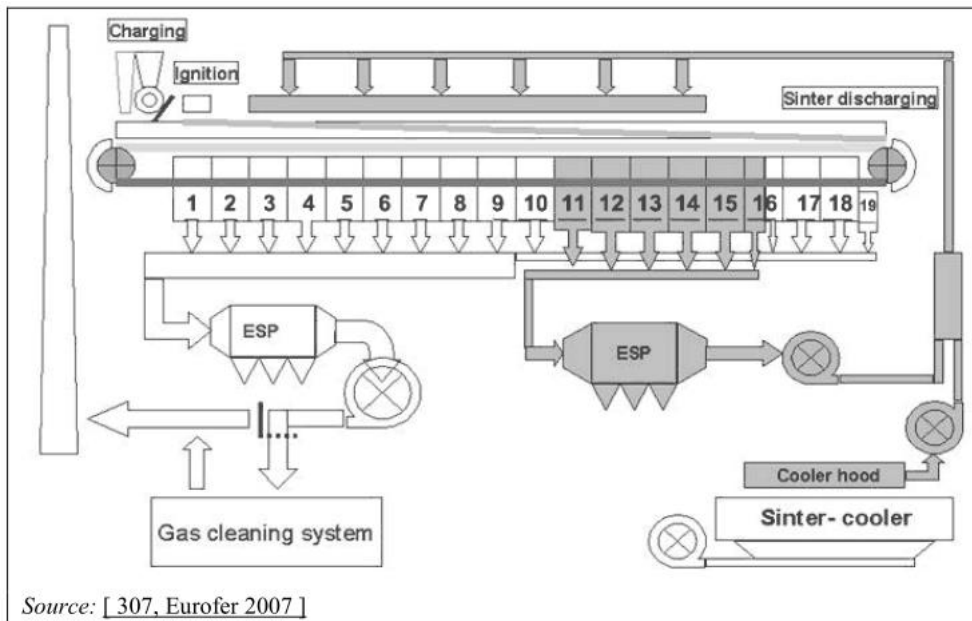
Bibliografia

[277, Wiesenberger 2007] [295, Hartig et al. 2006] [307, Eurofer 2007]

3.3.5.2.3 Recykling gazu odlotowego z części końca taśmy spiekalniczej i wykorzystanie gazu odlotowego z chłodni spieku

Opis

Selektywna recyrkulacja spalin w procesie EPOSINT (środowiskowy proces optymalizacji spiekania) wykorzystuje fakt, że uwalnianie cząstek i innych związków ze złoża spieku jest bardziej skoncentrowany w skrzyniach znajdujących się bliżej końca wylotowego taśmy spiekalniczej, gdzie temperatura gazu odlotowego wykazuje duży wzrost (patrz np. Rysunek 3.7). Skrzynie powietrzne są wybierane do recyklingu gazów spalinowych gdzie punkt przepalenia znajduje się w dolnej części złoża lub w jej pobliżu. Stwierdzono, że temperatura gazu obiegowego powinna być taka sama jak gazu odprowadzanego do komina gazów spalinowych w celu uniknięcia problemów z korozją w gazach w temperaturze niższej od punktu rosy kwasu. W spiekalni Stahl Voestalpine w Linz, w Austrii, skrzynie powietrzne nr 11 do 16 z nowej taśmy spiekalniczej okazały się być najbardziej odpowiednie do recyklingu spalin. Pokazano to schematycznie na Rysunku 3.24. Drugi wentylator ssący został zainstalowany równolegle do istniejącego wentylatora procesowego w celu zapewnienia, że ciśnienie ssania dla spiekania zostanie utrzymane. Wentylator ten jest przeznaczony do przechwycenia gazów odlotowych z wybranych skrzyń powietrznych i zawrócenia ich do obiegu poprzez filtry elektrostatyczne do okapu recyrkulacji.



Charging	ładowanie
ignition	zapłon
sinter discharging	zrzut spieku
ESP	filtr elektrostatyczny
gas cleaning system	układ oczyszczania gazu
cooler hood	okap chłodni
sinter - cooler	spiek - chłodnia

Rysunek 3.24: Schemat techniki recyklingu gazu EPOSINT zainstalowanej na taśmie spiekalniczej nr 5 w Voestalpine, Linz, w Austrii

Obszar, w którym temperatura wzrasta może ulegać zmianom wzdłuż taśmy zależnie od mieszanki spieku i innych uwarunkowań eksploatacyjnych. Cechą tego procesu jest możliwość kierowania gazów odlotowych z poszczególnych skrzyń w zakresie od 11 do 16 niezależnie do komina lub do okapu recyrkulacji. Funkcja ta sprawia, że proces jest wysoce elastyczny.

W celu rozwiązania problemu braku tlenu w recyrkulowanych gazach, gorące gazy spalinowe z chłodni spieku są zawracane do systemu za pośrednictwem innego wentylatora, komory mieszania gazu i okapu recyrkulacji. Prowadzi to nie tylko do zwiększenia zawartości tlenu w okapie recyrkulacji w celu zapewnienia, że jakość spieku zostanie utrzymana, ale także zwiększa możliwość zmniejszenia tempa koksu przez zwiększenie temperatury gazu i zmniejszenie niezorganizowanych emisji pyłów z chłodni.

Okap obejmuje całą szerokość taśmy i jest uszczelniony z paletowymi ścianami bocznymi przez bezkontaktowe, uszczelnienie labiryntowe wąskiej szczeliny uniemożliwiającej przypadkowe zwolnienie zawróconych gazów i pyłu. Ponieważ cała struktura paletowa nie jest zamknięta, koła paletowe, itp. są w stanie pracować w czystej atmosferze, eliminując zużycie/awarii związane z przenikaniem pyłu do łożysk. Uszczelnienie zapewnia ochronę przed ucieczką recyrkulowanego gazu zawierającego CO, a specjalne środki zapobiegają ucieczce gazu z powodu awarii zakładu lub instrumentów. Okap nie rozciąga się na całej długości taśmy (patrz Rysunek 3.24), co pozwala na przepływ zimnego powietrza przez złożę spieku w kilku ostatnich skrzyniach powietrznych. Pomaga to zapewnić, że spiek jest odpowiednio chłodzony na taśmie przed chłodnią i ułatwia usuwanie palet w celu konserwacji.

Niektóre cechy zastosowania EPOSINT obejmują:

- zwracanie części gazu odlotowego następuje selektywnie z obszaru wzrostu temperatury, gdzie wszystkie emisje są wyższe od wartości średnich
- recyrkulacja prowadzi do zmniejszenia zużycia koksiku oraz ilości gazów odlotowych
- okap recyklingowy gazu obejmuje szerokość taśmy spiekalniczej
- okap recyklingowy gazu nie obejmuje całego obszaru ssania
- ze względu na niskie stężenie O₂ w recyrkulowanych spalinach, w połączeniu z dużą efektywnym systemem uszczelniającym okapu w celu zminimalizowania ilości powietrza z zewnątrz, stosowane jest dodatkowe powietrze z chłodni spieku. Aby upewnić się, że nie ma żadnych negatywnych skutków dla produkcji spieku i jakości spieku, minimalne stężenie O₂ w recyrkulowanym gazie (procesowe powietrze spalania) wynosi 13%.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Korzyści środowiskowe ze stosowania tej techniki obejmują zmniejszenie zużycia energii, zmniejszenie objętości gazów odlotowych do 40% i zmniejszenie zużycia koksiku. Recyrkulacja gazu odlotowego ze spiekania (również w przypadku technik opisanych w sekcjach 3.3.5.2.1 i 3.3.5.2.4) zmniejsza emisję NO_x i polichlorowanych dibenzodiodoksyn/dibenzofuranów ze względu na ich rozkład w złożu spieku. SO_x jest wchłaniany lub filtrowany przez warstwę spieku, a CO jest stosowany jako paliwo. Dzięki tej technice recyrkulacji spalin osiągnięta jest nie tylko znaczna redukcja objętości gazu odlotowego, ale także emisji pyłowych i gazowych oraz ograniczenie niezorganizowanych emisji pyłu z chłodni spieku. Tabela 3.36 pokazuje korzyści z zastosowania selektywnej techniki recyrkulacji spalin w procentach w odniesieniu do konkretnych parametrów.

Tabela 3.36: Główne korzyści dla środowiska ze stosowania techniki segmentowej recyrkulacji spalin

Parametr	Redukcja
Objętość spalin na tonę spieku	Zmniejszenie o 25-28% w kominie
Emisje pyłu ⁽¹⁾	Zmniejszenie o 30-35 %
Emisje pyłu z taśmy spiekalniczej	85 - 90 %
Cząstki metali ciężkich	Około 30-35 % ⁵⁾
Emisje SO ₂	Około 25-30 %
Emisje NO _x ⁽²⁾	Około 25-30 %
Emisje polichlorowanych dibenzodiodoksyn/dibenzofuranów ⁽³⁾	Mogą zostać zmniejszone o około 30%
Emisje CO	Mogą zostać zmniejszone o około 30%
Zużycie koksiku ⁽⁴⁾	Około 2-5 kg na tonę spieku
⁽¹⁾ Redukcja emisji pyłu jest większa niż objętość gazu, ze względu na recyrkulację strumienia gazu o bardzo wysokim stężeniu pyłu i oczyszczanie tego strumienia za pomocą filtra elektrostatycznego. ⁽²⁾ Zwracany strumień gazu ma względnie wysokie stężenie NO _x , podczas gdy gaz w końcu taśmy spiekalniczej, o wysokim stężeniu O ₂ i niskim stężeniu NO _x jest doprowadzany do komina. ⁽³⁾ Stężenie w spalinach w ostatniej ćwiartce taśmy spiekalniczej (część strumienia gazu doprowadzana do komina) jest niskie. ⁽⁴⁾ Bez pogorszenia wydajności i jakości. ⁽⁵⁾ Odpowiadające redukcji emisji pyłu. Źródło: [307, Eurofer 2007].	

Tabela 3.37 przedstawia dane operacyjne dla stężeń emisji i współczynniki emisji przed i po zastosowaniu segmentowej techniki recyrkulacji spalin dla zakładu w Austrii.

Tabela 3.37: Dane operacyjne ze spiekalni przed i po instalacji segmentowej recyrkulacji spalin (2007, stosowanie AIRFINE do redukcji spalin)

Parametr	Jednostki	Przed instalacją	Po instalacji (w tym instalacji selektywnego recyklingu spalin)
Produkcja spieku	t/dzień	6350	8300 (8500 max.)
Tempo paliwa	kg/t spieku	45	41
Gaz zapłonowy	MJ/t spieku	50	40
Całkowite zużycie energii elektrycznej (w tym oczyszczanie gazów odlotowych)	kWh/t spieku	40	40
Emisje po oczyszczeniu gazów odlotowych			
Emisje pyłu	mg/m ³	46	38
	g/t spieku	104	66
Emisje SO ₂	mg/m ³	420	390
	g/t spieku	952	677
NO _x	mg/m ³	240	240
	g/t spieku	544	416
HF	mg/m ³	1	0.6
	g/t spieku	2.3	1
<i>Źródło: [277, Wiesenberger 2007].</i>			

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Dodatkowa energia elektryczna dla dodatkowego wentylatora jest odzyskiwana poprzez zwiększenie produkcji i zmniejszenie zapotrzebowania na paliwo stałe do 2-5 kg koksu/t spieku. Należy zwrócić szczególną uwagę na tlenek węgla (CO) w recyrkulowanym gazie odlotowym, aby zapobiec zatruciu pracowników tą substancją.

Dane eksploatacyjne

Taśma spiekalnicza nr 5 w Voestalpine Stahl w Linz, w Austrii wykorzystuje tę technikę od kwietnia 2005 roku. Parametry jakościowe dla spieku pozostały takie sam jak przed instalacją tej techniki. Zmniejszenie zużycia koksiku wynosi 2-5 kg/t spieku (45 kg/t spieku do 40 kg/t spieku). Nie zgłoszono problemów związanych z tym procesem. Zaletami tej techniki są zwiększona produkcja spieku na Nm³ gazów odlotowych i stabilna jakość spieku oraz możliwość zwiększenia wydajności spiekalni o około 40% (np. poprzez wydłużenie maszyny spiekalniczej) bez zwiększenia objętości gazów odlotowych.

Możliwość zastosowania

Technika ta może być realizowana w nowych i istniejących spiekalniach. W istniejących instalacjach wprowadzenie częściowego recyklingu gazu odlotowego może być niemożliwe ze względu na ograniczenia przestrzenne. W zakładzie w Linz, możliwe było zaprojektowanie systemu tak aby zachować istniejący system spalin (tj. główny rurociąg, system oczyszczania gazów, główny wentylator i komin) bez zmian. Stosowanie recyrkulacji gazu odlotowego wymaga szczególnych wysiłków w celu dopilnowania, aby nie miała ona negatywnego wpływu na jakość i wydajność procesu spiekania (patrz sekcja 3.3.5.2).

Aspekty ekonomiczne

Koszty inwestycyjne dla powierzchni ssania 250 m² wyniosły około 15 mln EUR. W powyższym zakładzie, instalacja była szczególnie ekonomiczna, ponieważ nie były konieczne zmiany w istniejącym systemie spalin. Zmniejszenie kosztów operacyjnych wynika z obniżenia zużycia paliwa o około 2-5 kg koksu/t spieku i minimalizacji kosztów oczyszczania gazów odlotowych z powodu mniejszej objętości gazu, zwłaszcza przy użyciu drogiej technologii oczyszczania gazów, takich jak mokre płuczki dokładnego czyszczenia lub filtry workowe z dodatkiem środków adsorbujących.

Zastosowanie tej techniki obniża koszty inwestycyjne i eksploatacyjne dla nowoczesnych obiektów oczyszczania gazów odlotowych.

W 2007 roku koszt systemu selektywnej recyrkulacji spalin dla spiekalni ArcelorMittal, w Ghent, w Belgii oszacowano na 14 milionów EUR dla spiekalni nr 1 (175 m²) i 27,3 mln EUR dla spiekalni nr 2 (498 m²).

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Technika ta jest w użyciu od maja 2005 r. w Voestalpine w Linz, w Austrii na taśmie spiekalniczej nr 5 i została zmodernizowana z 56 do 74 metrów.

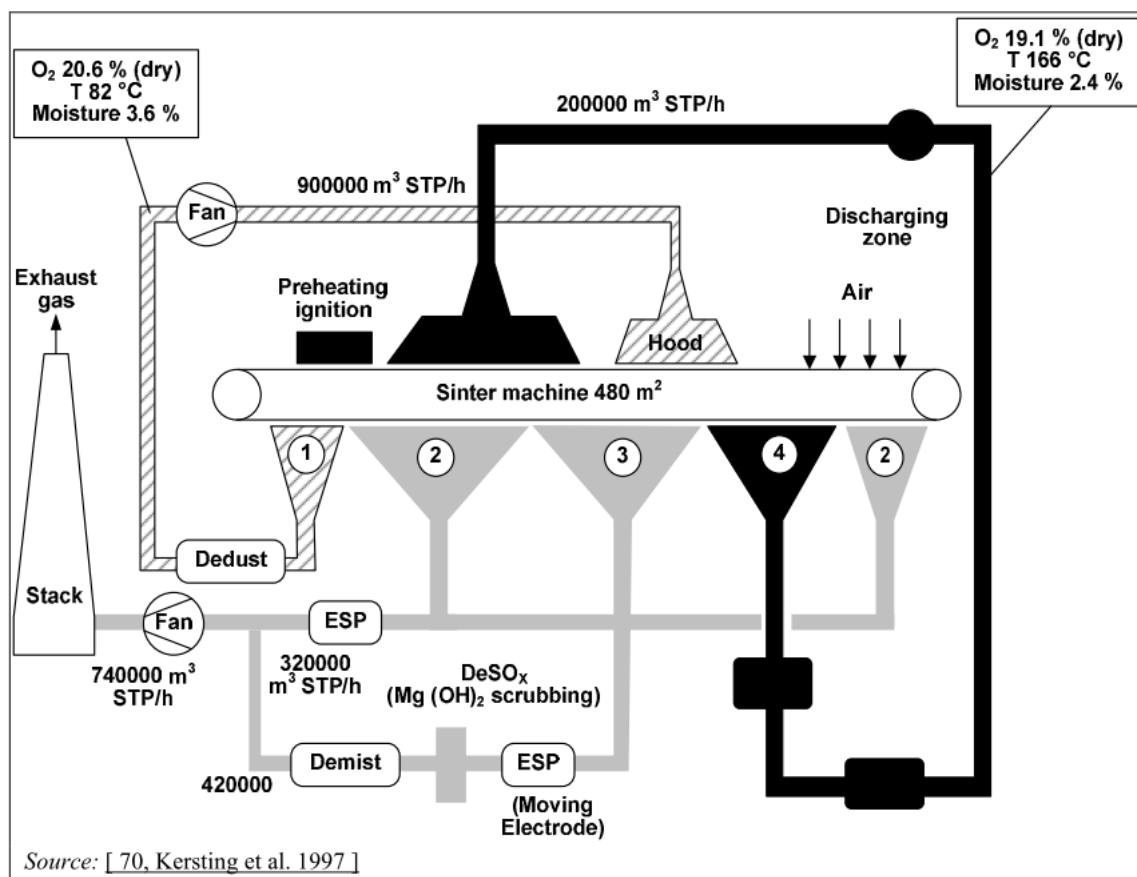
Bibliografia

[217, Siemens-vai 2006][277, Wiesenberger 2007][295, Hartig et al. 2006][307, Eurofer 2007]

3.3.5.2.4 Recykling części gazu odlotowego do innych części taśmy spiekalniczej

Opis

Koncepcja selektywnej techniki recyklingu jest oparta na lokalnym odciąganiu spalin ze spiekania pod taśmą i ich miejscowym odzyskiwaniu nad złożem spieku. Selektywne zasysanie i recykling to główna różnica między tym procesem i procesem spiekania zoptymalizowanego pod względem emisji. Rysunek 3.25 przedstawia schemat takiej segmentowej recyrkulacji spalin realizowanej w zakładzie spiekalniczym w Japonii.



dry	suchy
moisture	wilgotność
fan	wentylator
exhaust gas	gazy odlotowe
discharging zone	strefu zrzutu
preheating ignition	zapłon wstępnego ogrzewania
hood	okap
air	powietrze
sinter machine	maszyna spiekalnicza
stack	komin
dedust	odpylanie
ESP	filtr elektrostatyczny
demist	odmgławiacz
moving electrode	ruchoma elektroda
scrubbing	płukanie

Rysunek 3.25: Schemat selektywnej recykulacji spalin w spiekalni nr 3 Nippon Steel Corporation, Yawata Works, Tobata, w Japonii

W tym przypadku, 480 m² powierzchni spiekania zostało podzielonych na cztery różne strefy (patrz Rysunek 3.5, Rysunek 3.7 i Tabela 3.38):

- Strefa 1: gaz odpowiedni do podgrzewania części mieszanki surowców przeznaczonych do recyklingu, w środku taśmy (wysoka zawartość O₂, H₂O, nawet w niskiej temperaturze)
- Strefa 2: gaz o niskiej zawartości SO₂ może być odprowadzany do kominu po odpyleniu (niska zawartość O₂, wysoka H₂O, niska temperatura)

- Strefa 3: gaz bogaty w SO₂ odprowadzany do komina po odpyleniu i odsiarczeniu (płukanie roztworem wodorotlenku magnezu, w tym przypadku) (niska zawartość O₂, wysoka H₂O, niska temperatura)
- Strefa 4: gaz bogaty w SO₂ odpowiadającej gorącej sekcji wokół czoła płomienia, przeznaczone do recyklingu w pierwszej połowie taśmy zaraz za strefą zapłonu (wysoka zawartość O₂, niska H₂O, bardzo wysoka temperatura).

W tej procedurze, stężenie O₂ w gazie odlotowym z recyklingu pozostaje wysokie (19%) a wilgotności niska (3,6%). Wskaźnik recyklingu równy 25% został osiągnięty bez negatywnego wpływu na jakość spieku (RDI pozostaje praktycznie stały, a SI (wskaźnik rozbicia) wzrasta o 0,5%). Oszczędności stałego paliwa wynoszą 6%.

Istnieją dwie korzyści z zastosowania tego systemu w porównaniu do konwencjonalnego spiekania:

1. Niewykorzystany tlen w spalinach może być skutecznie wykorzystany przez recyrkulację.
2. Spaliny z różnych sekcji mogą być oczyszczane oddzielnie, w zależności od składu gazu. Zatem inwestycje i koszty operacyjne związane z infrastrukturą oczyszczania spalin mogą zostać znacznie ograniczone w porównaniu z konwencjonalnymi metodami, nawet w porównaniu z systemem EOS.

Tabela 3.38 przedstawia charakterystykę przepływu spalin za pomocą segmentowej recyrkulacji spalin w spiekalni nr 3 w Nippon Steel Corporation, Yawata Works, Tobata, w Japonii.

Tabela 3.38: Charakterystyka przepływu spalin za pomocą segmentowej recyrkulacji spalin w spiekalni nr 3 w Nippon Steel Corporation, Yawata Works, Tobata, w Japonii.

Seksja przepływu gazów odlotowych	Skład gazów odlotowych					Oczyszczanie gazów odlotowych
	Przepty w (Nm ³ /h)	Temp. (°C)	O ₂ (obj.-%)	H ₂ O (obj.-%)	SO ₂ (mg/Nm ³)	
Skrzynie powietrzne 1 - 3	62 000	82	20.6	3.6	0	Zawracane do taśmy spiekalniczej
Skrzynie powietrzne 4-13 + 32	290000	99	11.4	13.2	21	Doprowadzane do komina po filtrze elektrostatycznym
Skrzynie powietrzne 14 - 25	382000	125	14.0	13.0	1 000	Doprowadzane do komina po filtrze elektrostatycznym i odsiarczaniu
Skrzynie powietrzne 26 - 31	142 000	166	19.1	2.4	900	Zawracane do taśmy spiekalniczej
Komin	672000	95	12.9	13.0	15	Emisje do powietrza

Źródło: [119, Sakuragi et al. 1995].

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Następujące usprawnienia zostały osiągnięte w zakresie redukcji zanieczyszczeń: znaczne zmniejszenie ilości spalin uwalnianych do atmosfery (około 28%), w emisji pyłów (o 56%. Należy zauważyć, że obejmuje to wpływ modernizacji odpylacza elektrostatycznego, który wyposażony jest w elektrody ruchome) i wylot SO₂ (około 63%, w tym odsiarczanie gazu ze strefy 3). Odnotowano również nieznaczny spadek emisji NO_x (około 3%). Tabela 3.39 przedstawia porównanie emisji przed i po zastosowaniu segmentowej recyrkulacji spalin.

Tabela 3.39 przedstawia porównanie końcowego składu spalin przed i po wprowadzeniu segmentowej recyrkulacji spalin w spiekalni nr 3 Nippon Steel Corporation, Yawata Works, Tobata, w Japonii.

Tabela 3.39: Porównanie końcowego składu spalin przed i po wprowadzeniu segmentowej recyrkulacji spalin w spiekalni nr 3 Nippon Steel Corporation, Yawata Works, Tobata, w Japonii.

Charakterystyka/ komponent	Jednostka	Konwencjonalne spiekanie (z instalacją odsiarczania)	Spiekanie z segmentową recyrkulacją spalin	Usprawnienie
Strumień gazów odlotowych	Nm ³ /h	925000	665000	28 %
Pył ⁽¹⁾	mg/Nm ³	50	30 ⁽²⁾	56% wagowo
SO _x ⁽³⁾	mg/Nm ³	26	14	63% wagowo
NO _x	mg/Nm ³	408	559	3% wagowo
Zużycie energii netto	GJ/t spieku	1.662	1.570	6 % ⁽⁴⁾

(¹) Spaliny oczyszczane przez odpylanie elektrostatyczne.
(²) Redukcja emisji pyłu częściowo osiągnięta przez naprawę filtra elektrostatycznego.
(³) Część spalin oczyszczana w instalacji odsiarczania.
(⁴) Zmniejszenie zużycia energii netto należy rozważyć w odniesieniu do wymagań względem wydajności i jakości w spiekalniach w Japonii i w UE.
Źródło: [119, Sakuragi et al. 1995].

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Instalacja dodatkowych wentylatorów powoduje zwiększenie zużycia energii elektrycznej. Jednak wzrost zapotrzebowania na energię jest niewielki w porównaniu do zmniejszenia zużycia koksiku.

Dane eksploatacyjne

System wykorzystujący segmentową recyrkulację spalin został zainstalowany w spiekalni Tobata nr 3 w Nippon Steel Corporation's Yawata Works w październiku 1992 roku. Spaliny są podzielone na cztery części, z których każda jest oczyszczana oddzielnie. System działa sprawnie, a recykling spalin nie wpływa na jakość spieku. Jednak ten ostatni punkt należy rozpatrywać w odniesieniu do niższej wydajności w zakładzie w Japonii, w porównaniu ze spiekalniami w UE.

Możliwość zastosowania

Technika segmentowej recyrkulacji gazów może być stosowana w zakładach, zarówno nowych, jak i istniejących, chociaż uznaje się, że koszty inwestycji są niższe w przypadku nowych obiektów, w których zastosowano system od etapu planowania, niż w niektórych istniejących zakładach, które mogą ponosić znacznie większe koszty z powodu projektowania instalacji. W istniejących instalacjach wprowadzenie częściowego recyklingu

gazu odlotowego może być niemożliwe ze względu na ograniczenia przestrzenne. Stosowanie recykulacji gazu odlotowego wymaga szczególnych wysiłków w celu dopilnowania, aby nie miała ona negatywnego wpływu na jakość i wydajność procesu spiekania (patrz sekcja 3.3.5.2).

Aspekty ekonomiczne

Europejskie koszty inwestycyjne dla systemu recyklingu gazu wynosiły 8-10 mln EUR w 1997 r., z wyjątkiem deNO_x i deSO_x i innych urządzeń służących redukcji emisji. Koszty operacyjne były tajne. Stwierdzono zmniejszenie zużycia koksu o 6%.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

W Japonii technikę tę stosuje pięć zakładów. Wszystkie dane odnoszą się do spiekalni nr 3 w Tobata, Yawata Works, Nippon Steel Corporation.

Bibliografia

[65, InfoMil 1997] [119, Sakuragi et al. 1995]

4 GRUDKOWNIE

[208, Lindfors et al. 2006] [318, Eurofer 2007]

Jak zostało to wspomniane w pkt. 3.1.1, peletyzacja i spiekanie rudy żelaza są komplementarnymi procesami przygotowania surowców z tlenku żelaza do wstępnego procesu wytwarzania żelaza i stali. Każdy z nich ma swoje zalety i wady. Duży wpływ mają na nie lokalne warunki, takie jak dostępność i rodzaj surowców. Z różnych powodów spiek jest praktycznie zawsze produkowany w hucie: pozwala to na recykling odpadów stałych; miał koksowy służący jako paliwo jest dostępny w hucie; podczas transportu i przenoszenia spiek może ulec rozkładowi. Pelety są formowane z surowców – drobnej rudy i dodatków < 0,05 mm – w kulki o średnicy 9–16 mm przy zastosowaniu bardzo wysokich temperatur, przy czym formowanie odbywa się głównie w kopalni rudy lub w porcie wysyłkowym. W Unii Europejskiej istnieje tylko jedna zintegrowana huta, która posiada grudkownię (w Holandii). W 2007 r. Szwecja posiadała pięć samodzielnych grudkowni. Produkcja grudek w tych sześciu zakładach wynosiła w 2007 r. ok. 27 mln ton rocznie. Całkowite zużycie grudek w UE-25 wynosi około 43 mln ton.

4.1 Stosowane procesy i techniki

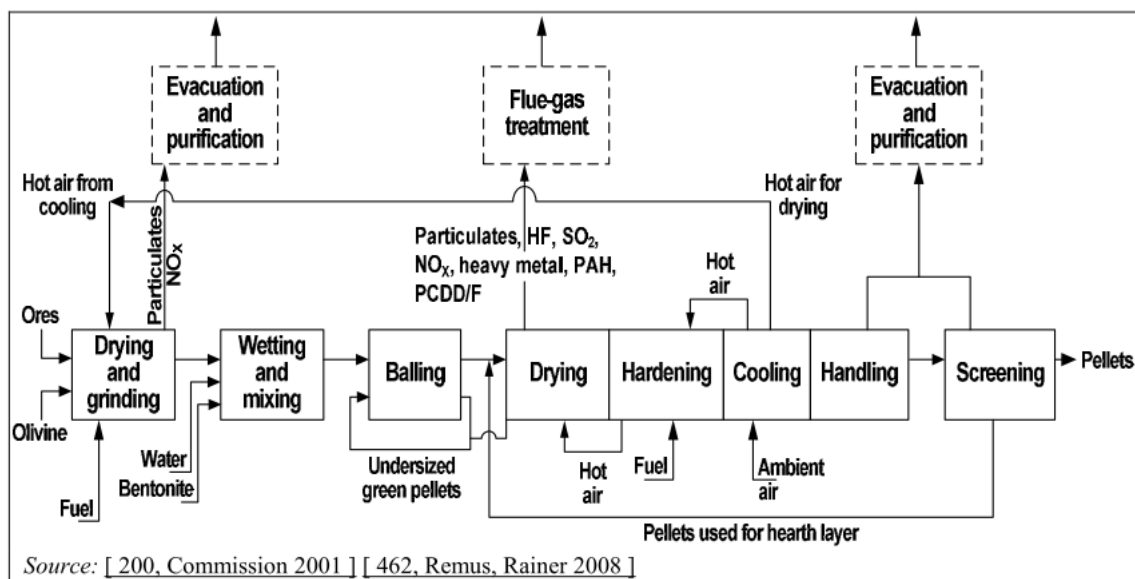
Pelety to małe skryształizowane grudki rudy żelaza o wielkości 9–16 mm. Rysunek 4.1 przedstawia grudkownik bębnowy, który stanowi część grudkowni.

Rysunek 4.1: Grudkownik bębnowy jako część grudkowni produkującej surowe pelety



Source: [200, Commission 2001] [318, Eurofer 2007]

Proces peletyzacji składa się z mielenia i suszenia lub odwadniania, nawilżania i mieszania, grudkowania i utwardzania, po których następuje sortowanie i transport pelet (zob. Rysunek 4.2).



Rysunek 4.2: Schemat holenderskiej grudkowni

ANG	PL
Evacuation and purification	Opróżnianie i oczyszczanie
Flue-gas treatment	Oczyszczanie gazów odlotowych
Hot air from cooling	Gorące powietrze ze schładzania
Particulates, NOx	Cząstki stałe, NOx
Particulates, HF, SO ₂ , NO _x , heavy metals, PAH, PCDD/F	Cząstki stałe, HF, SO ₂ , NO _x , metale ciężkie, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), polichlorowane dibenzo-p-dioksyny/debenzofurany (PCDD/F)
Hot air	Gorące powietrze
Hot air for drying	Gorące powietrze do suszenia
Ores	Rudy
Olivine	Oliwin
Drying and grinding	Suszenie i mielenie
Fuel	Paliwo
Water	Woda
Bentonite	Bentonit
Wetting and mixing	Nawilżanie i mieszanie
Balling	Grudkowanie
Undersized green pellets	Surowe pelety o zbyt małych rozmiarach
Drying	Suszenie
Hardening	Utwardzanie
Cooling	Chłodzenie
Ambient air	Powietrze o temperaturze pokojowej
Handling	Transport
Screening	Sortowanie
Pellets	Pelety
Pellets used for heath layer	Pelety stosowane do wyłożenia trzonu pieca

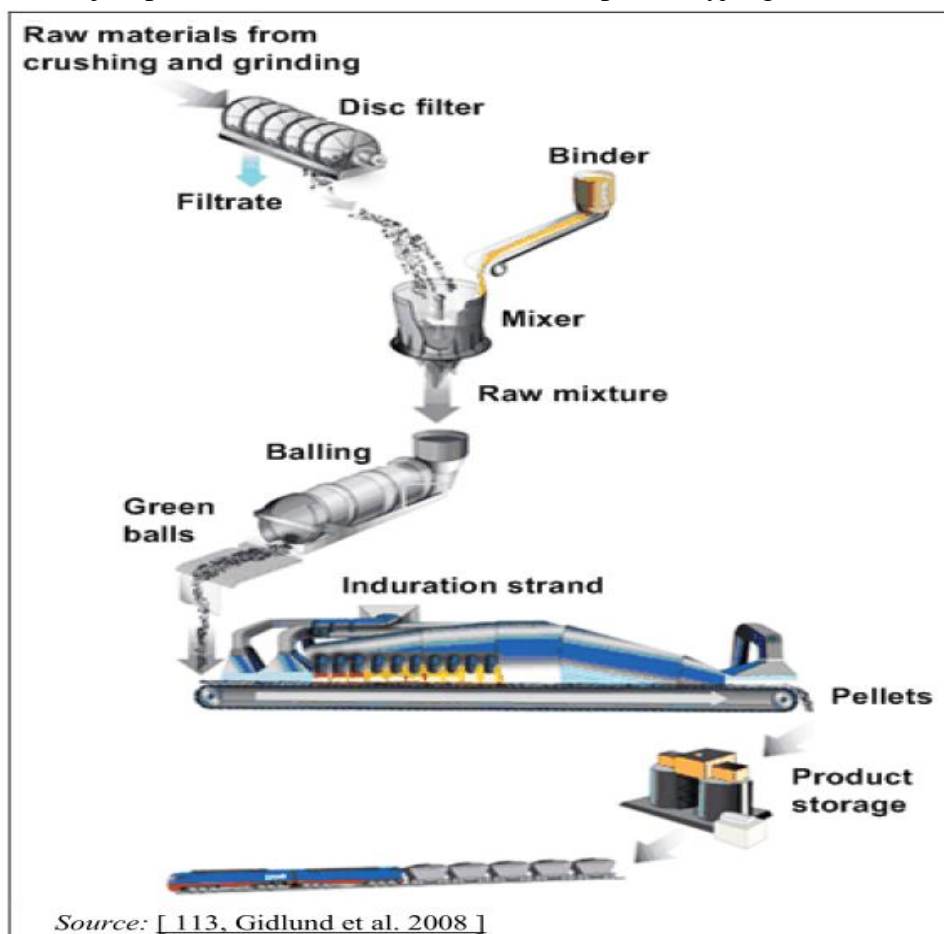
4.1.1 Mielenie i suszenie / odwadnianie

[208, Lindfors et al. 2006]

Szwedzkie rudkownie znajdują się zwykle na terenie zakładów wydobywczych, a wzbogacanie rudy, w tym przez separację magnetyczną, przeprowadzane jest przed procesem peletyzacji. W związku z tym, że procesy te przeprowadzane są na mokro, ostateczne mielenie przed rudkowaniem również odbywa się na mokro (zob. Rysunek 4.3). Dodatki (oliwin, dolomit, kwarcyt i/lub wapień, w zależności od produktu końcowego) są mielone, a następnie dodawane do zawiesiny rudy, przeważnie na poziomie od 3 do 3,5%, przed procesem odwadniania. Substancja wiążąca dodawana jest na etapie mieszania przed procesem rudkowania.

Zakłady holenderskie dla odmiany pracują z importowaną rudą, która jest zestawiana przed procesem mielenia (chyba że ruda jest wystarczająco drobna i nie musi być poddawana mieleniu przed etapem nawilżania i mieszania (zob. Rysunek 4.2). Rudy są suszone i mielone razem z odpowiednimi topnikami, takimi jak oliwin. Temperatura konieczna do suszenia osiągnięta jest dzięki zastosowaniu palników tlenowo-paliwowych, gazu konwertorowego lub gazu ziemnego, a dodatkowe ciepło pozyskiwane jest z etapu schładzania pelet. Temperatura ta wynosi ok. 100°C.

Suche kruszarki w Corus IJmuiden pracują w obiegu zamkniętym z instalacją separatora powietrznego. Po wyjściu z kruszarki ruda rozdzielana jest przez separator powietrzny na dwie frakcje; frakcja o zbyt dużych rozmiarach zawracana jest do kruszarki, natomiast drobne cząsteczki o właściwym rozmiarze przechodzą do etapu nawilżania i mieszania. Bardzo drobne cząsteczki są wychwytywane przez filtr elektrostatyczny będący integralną częścią instalacji separatora i zawracane do strumienia produkcyjnego.



Rysunek 4.3: Schemat rudkowni z mieleniem na mokro

ANG	PL
Raw material from crushing and drying	Surowce z kruszenia i mielenia
Disc filter	Filtr tarczowy
Filtrate	Przesącz
Binder	Substancja wiążąca
Mixer	Mikser
Raw mixture	Surowa mieszanka
Balling	Grudkowanie
Green balls	Surowe grudki
Induration strand	Linia utwardzania
Pellets	Pelety
Product storage	Magazynowanie produktu

4.1.2 Przygotowanie surowych grudek

[318, Eurofer 2007]

Po mieleniu na gorąco materiał łączony jest z dodatkami przed ponownym nawilżeniem w oddzielnym etapie nawilżania i mieszany z substancją wiążącą (betonitem lub lepiszczem organicznym w zależności od rodzaju pelet). Na etapie mieszania i nawilżania w zakładzie holenderskim dodatki ostrożnie wymierzonego paliwa w postaci stałej (miału koksowego i/lub antracytu) dodawane są razem z betonitowym lepiszczem.

Zarówno w szwedzkich jak i w holenderskich zakładach wilgotność mieszaniny pelet przed etapem grudkowania utrzymuje się na poziomie od 7 do 9%.

Odwodniona lub nawilżona partia pelet (surowa mieszanka) jest przerabiana w zakładzie przygotowania (surowych) grudek. Zakład taki jest zwykle wyposażony w 4 do 6 układów grudkowania składających się z pojemnika podającego, grudkownika bębnowego, sit rolkowych i przenośników do przemieszczania materiału. Grudkownik bębnowy jest nachylony pod kątem od 6 do 8° do płaszczyzny poziomej. Aby otrzymać określoną wielkość surowej grudki, przeważnie w zakresie od 9 do 16 mm, zbyt małe lub zbyt duże frakcje zostają odsiane i zawrócone ponownie do układu.

4.1.3 Utwardzanie

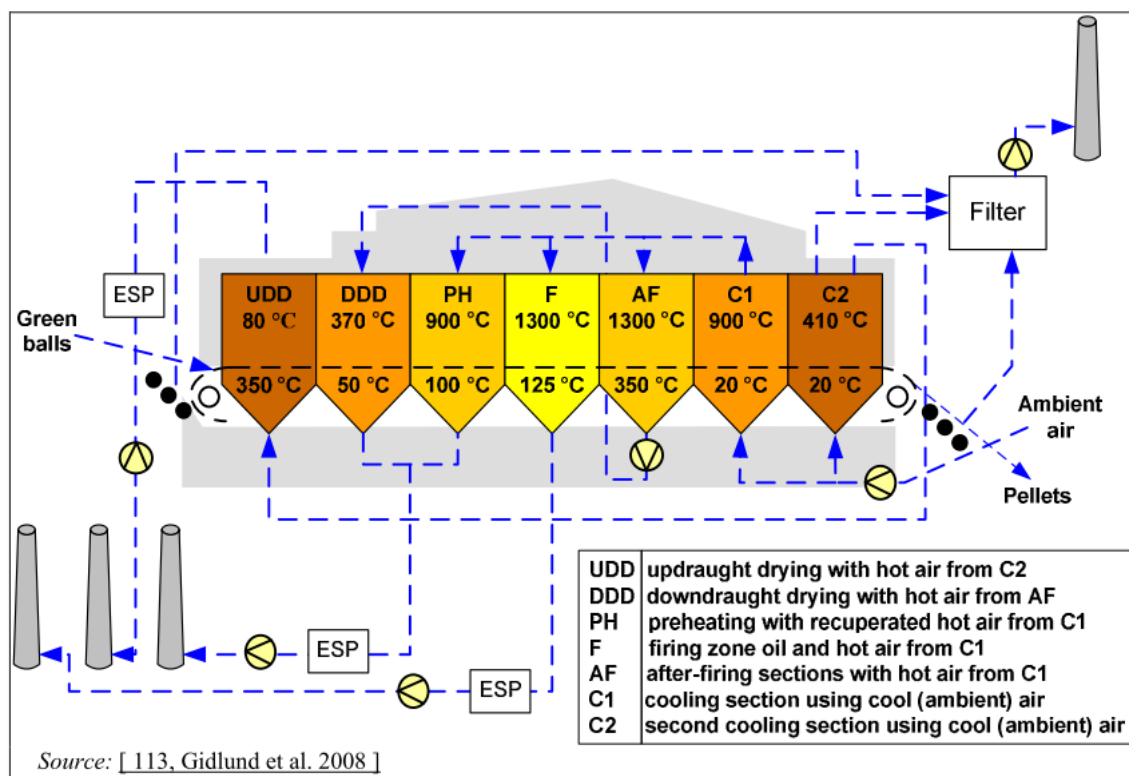
[208, Lindfors et al. 2006]

Utwardzanie, czyli obróbka cieplna składająca się z procesu suszenia, nagrzewania i chłodzenia, może być przeprowadzone w dwóch różnych systemach; w systemie „rusztu wzdłużnego” lub „pieca rusztowego”. Podczas obróbki termicznej magnetyt jest prawie całkowicie utleniany do hematytu. Szwedzkie rudy mają bardzo wysoką zawartość magnetytu. W związku z tym, że utlenianie magnetytu jest reakcją egzotermiczną, może ona dostarczyć do 60% energii potrzebnej do utwardzania pelet. Mieszanina rud przetwarzana w zakładzie holenderskim ma mniejszą zawartość magnetytu (max. 25%), przy czym faktyczna ilość zależy od warunków na globalnym rynku, na którym zasoby rud magnetytowych są nieznaczne. Miał koksowy i/lub antracyt dodawane są do holenderskich pelet w celu zrekompensowania mniejszej zawartości magnetytu w porównaniu z sytuacją w Szwecji (zob. tabela 4.1, gdzie znajdują się informacje dotyczące zapotrzebowania na energię i paliwo).

4.1.3.1 *Proces rusztu wzdłużnego*

[114, Remus, Rainer 2008][318, Eurofer 2007]

W procesie rusztu wzdłużnego używany jest przesuwny ruszt podzielony na kilka różnych sekcji na potrzeby suszenia, wstępnego podgrzewania, wypalania i schładzania surowych grudek (zob. Rysunek 4.4).

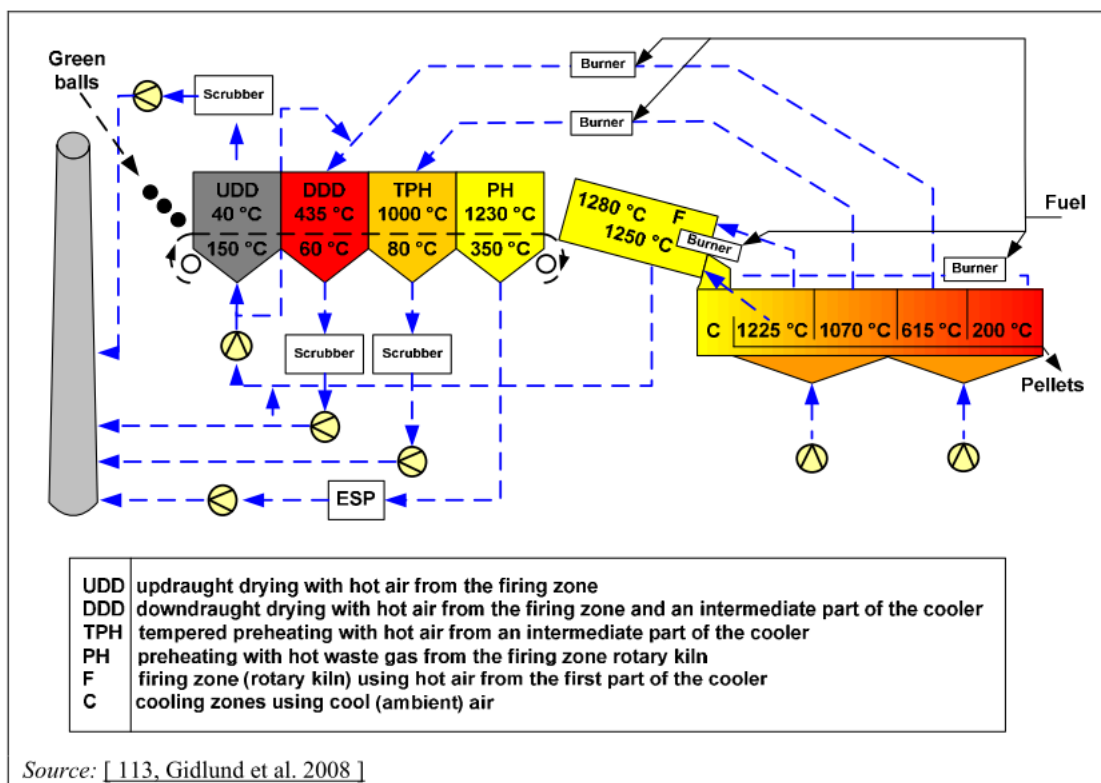


Rysunek 4.4: Schemat procesu rusztu wzdłużnego

ANG	PL
ESP	ESP (filtr elektrostatyczny)
Filter	Filtr
Ambient air	Powietrze o temperaturze pokojowej
Pellets	Pelety
UDD	Suszenie z wyciągiem górnym przy użyciu gorącego powietrza z C2
DDD	Suszenie z wyciągiem dolnym przy użyciu gorącego powietrza z AF
PH	Wstępne podgrzewanie rekuperowanym ciepłem z C1
F	Strefa spalania z olejem opałowym i gorącym powietrzem z C1
AF	Sekcje samospalania z gorącym powietrzem z C1
C1	Sekcja chłodzenia wykorzystująca chłodne powietrze (o temperaturze pokojowej)
C2	Druga sekcja chłodzenia wykorzystująca chłodne powietrze (o temperaturze pokojowej)

Przed podaniem surowych grudek na pręty rusztu, pręty te są pokrywane warstwą wypalonych pelet o grubości od 5 do 10 cm. Następnie surowe grudki są nakładane na warstwę pokrywającą trzon pieca, aby utworzyć przepuszczalną dla gazu warstwę o całkowitej grubości 40–55 cm. Surowe grudki muszą być nagrzane do około 1300–1350° C podczas utleniania i spiekania w celu otrzymania pelet o wysokiej wytrzymałości. Można to uzyskać za pomocą rzędu palników rozmieszczonych po obu stronach rusztu przesuwne, zwykle opalanych olejem opałowym lub gazem. W hucie w zakładzie holenderskim do

opalania palników stosowany jest gaz koksowniczy (COG), podczas gdy miał koksowy/antracyt dodawany do pelet zapewnia dodatkowe wewnętrzne ogrzewanie (tak jak utlenianie magnetytu w zakładach w Szwecji). Na końcu linii utwardzania część utwardzonych pelet jest zawracana i wykorzystywana jako warstwa pokrywająca trzon pieca.



Rysunek 4.5: Schemat procesu pieca rusztowego

ANG	PL
ESP	ESP (filtr elektrostatyczny)
Green balls	Surowe grudki
Fuel	Paliwo
Scrubber	Fluczka
Burner	Palnik
Pellets	Pelety
UDD	Suszenie z wyciągiem górnym przy użyciu gorącego powietrza ze strefy spalania
DDD	Suszenie z wyciągiem dolnym przy użyciu gorącego powietrza ze strefy spalania oraz pośredniej części chłodnicy
TPH	Umiarkowane wstępne podgrzewanie przy użyciu gorącego powietrza z pośredniej części chłodnicy
PH	Wstępne podgrzewanie przy użyciu gorących gazów odlotowych z pieca obrotowego
F	Strefa spalania (piec obrotowy) z gorącym powietrzem z pierwszej części chłodnicy
C	Strefy chłodzenia z chłodnym powietrzem (o temperaturze pokojowej)

4.1.3.2 Proces pieca rusztowego

[318, Eurofer 2007]

Instalacja pieca rusztowego wykorzystuje przesuwany ruszt podobny do tego stosowanego w procesie rusztu wzdłużnego. Spalanie zachodzi w piecu obrotowym, a chłodzenie w oddzielnej chłodnicy pierścieniowej.

Ruszt składa się z zamkniętego łańcucha płyt rusztu, które są połączone ze skrzyniami dmuchowymi w sposób gazoszczelny. Surowe grudki są podawane bezpośrednio na płyty rusztu, gdzie tworzą warstwę o grubości około 20–25 cm. Po wstępnej obróbce na ruszcie pelety są wrzucane przez zsyp do pieca obrotowego. Piec wyposażony jest w pojedynczy palnik olejowy lub węglowy na końcowej części wylotowej i pracuje w temperaturze ok. 1250°C. Dno chłodnicy pierścieniowej składa się z rusztu, co pozwala na przepływ chłodnego powietrza przez warstwę pelet. Chłodnica podzielona jest przez ściany na odcinki w sposób zapewniający dostęp gorącego powietrza do wcześniejszych etapów procesu. Podczas obróbki rud magnetytowych utlenianie do hematytu i spiekanie zachodzi po etapie wstępnego podgrzewania przesuwanego rusztu, za strefą spalania i chłodzenia.

4.1.4 Sortowanie i transport

[318, Eurofer 2007]

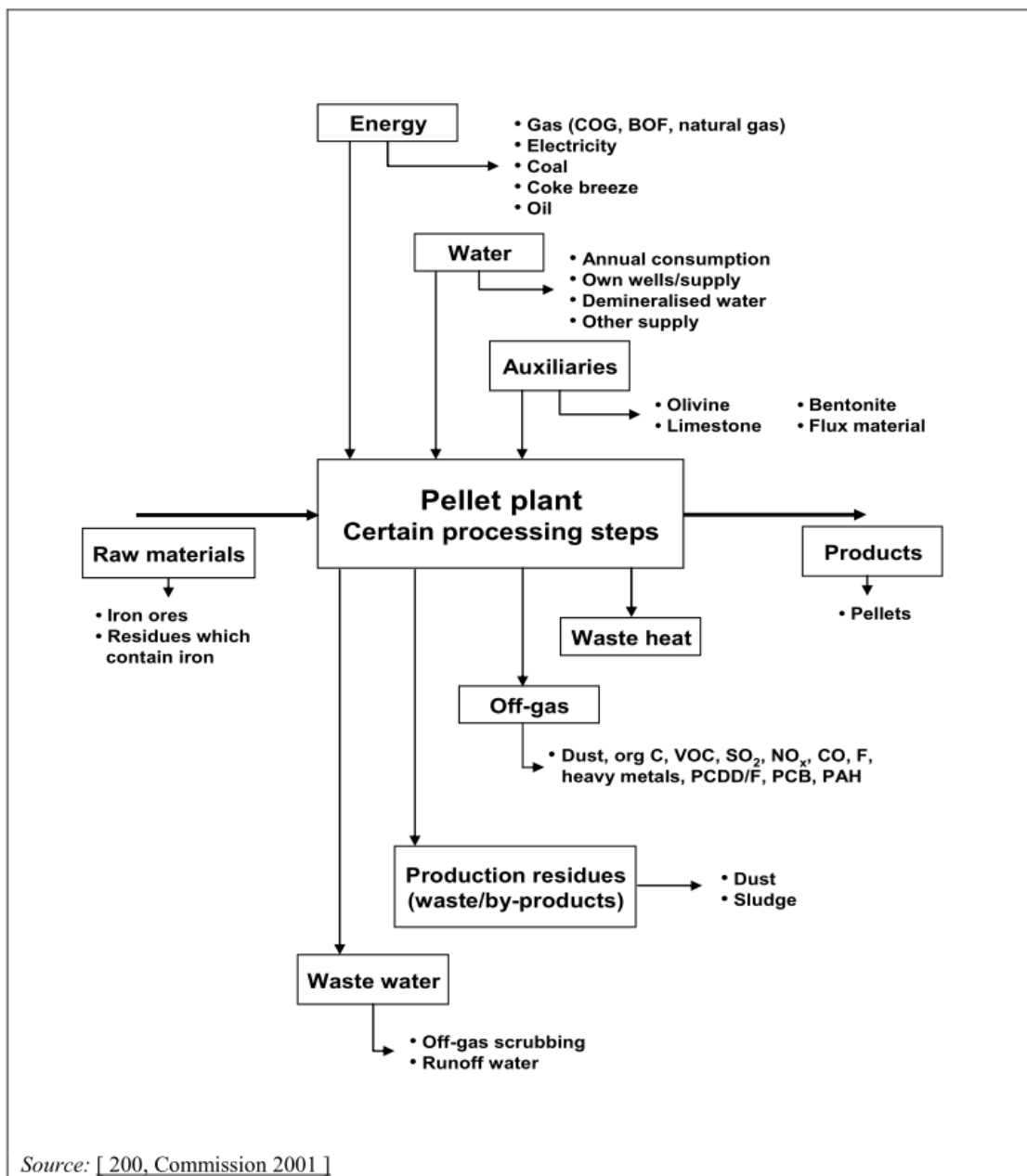
Na końcu ciągu utwardzania pelety są zbierane i sortowane. Zbyt małe lub rozłamane pelety mogą zostać ponownie wprowadzone do obiegu np. jako warstwa wyściełająca trzon pieca (zob. Rysunek 4.2). Może przy tym wystąpić znaczna emisja pyłów.

W przypadku samodzielnych zakładów szwedzkich utwardzone pelety są przechowywane w zamkniętych skrzyniach zanim zostaną załadowane na otwarte wagony kolejowe w celu przetransportowania ich do portów w Narviku i Luleå. Przy załadunku na statek 2–3% tworzyw jest odrzucane jako materiał podwymiary, a następnie sprzedawane jako surowiec do spiekania. W przypadku materiałów dla wielkiego pieca (koks, spiek, pelety i ruda kawałkowa), końcowe sortowanie odbywa się przy wielkim piecu.

4.2 Obecne poziomy emisji i zużycia

4.2.1 Schemat strumieni tworzyw i dane dotyczące wejścia/wyjścia

Rysunek 4.6 przedstawia schemat strumieni materiałów wejściowych i wyjściowych w grudkowni. Schemat ten może być wykorzystywany do zbierania danych z pojedynczych grudkowni.



Rysunek 4.6: Schemat strumieni materiałów w grudkowni

ANG	PL
Pellet plant	Grudkownia
Certain processing steps	Niektóre etapy produkcji
Raw materials	Surowce
Iron ores	Rudy żelaza
Residues which contain iron	Pozostałości zawierające żelazo
Energy	Energia
(COG, BOF, natural gas)	Gaz (koksowniczy, konwertorowy, ziemny)
Electricity	Energia elektryczna
Coal	Węgiel
Coke breeze	Miał koksowy
Oil	Olej opałowy
Water	Woda
Annual consumption	Roczne zużycie

Own wells/supply	Własne studnie/zasoby
Demineralised water	Woda zdemineralizowana
Other supply	Inne zasoby
Auxiliaries	Materiały pomocnicze
Olivine	Oliwin
Limestone	Wapień
Bentonite	Bentonit
Flux material	Topnik
Products	Produkty
Pellets	Pelety
Waste heat	Ciepło odlotowe
Off-gas	Gazy odlotowe
Dust, org C, VOC, SO ₂ , NO _x , CO, F, heavy metals, PCDD/F, PCB, PAH	Pył, C organiczny, lotne związki organiczne (VOC), SO ₂ , NO _x , CO, F, metale ciężkie, polichlorowane dibenzo-p-dioksyny/debenzofurany (PCDD/F), polichlorowane bifenyle (PCB), wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA,)
Production residues (waste, by-products)	Pozostałości po procesie produkcji (odpady, produkty uboczne)
Dust	Pył
Sludge	Osad kanalizacyjny
Waste water	Ścieki
Off-gas scrubbing	Czyszczenie gazów odlotowych
Runoff water	Bezpośredni odpływ

Następnie można obliczyć jednostkowe wskaźniki wejścia i emisji dla grudkowni. Wartości tych wskaźników w trzech grudkowniach w Unii Europejskiej zostały przedstawione w tabeli 4.1.

Tabela 4.1.: Dane wejściowe/wyjściowe z trzech grudkowni w UE-25

Wejście			Wyjście		
Surowce			Produkt		
ruda żelaza	kg/t	935–965	pelety	kg/t	1 000,00
bentonit	kg/t	4,1–6,8			
oliwin ⁽¹⁾	kg/t	0–27,6	Emisje		
wapień	kg/t	0–5	strumień gazów odlotowych	Nm ³ /t	1 940–2 400
dolomit ⁽²⁾	kg/t	0–13,5	pył	g/t	14–150
Kwarcyt	kg/t	0–20	pył	mg/Nm ³	7–70
			Cd	mg/t	0,02–2,2
Energia			Cr	mg/t	5,1–22,4
COG/BOF ⁽³⁾	MJ/t	306	Cu	mg/t	1,5–6,7
gaz ziemny ⁽³⁾	MJ/t	14	Hg ⁽⁴⁾	mg/t	0,4–24,2
miał koksowy ⁽³⁾	MJ/t	342	Mn	mg/t	5,1–64,3
węgiel ⁽⁵⁾	MJ/t	223	Ni	mg/t	6,5–12,7
olej opałowy ⁽⁵⁾	MJ/t	43–186	Pb	mg/t	15,6–70,8
energia elektryczna	MJ/t	54–99	Tl	mg/t	0,6–3,0
			V	mg/t	13,4–15,1
Woda	m ³ /t	0,11–1,25	Zn	mg/t	3–1 300
			HF ⁽⁶⁾ (⁷)	g/t	1,8–5,8
Sprężone powietrze	Nm ³ /t	6,2–12,8	HCl ⁽⁶⁾ (⁷)	g/t	2,4–41
			SO _x ⁽⁸⁾ (⁷)	g/t	11–213
			NO _x	g/t	150–550
			NO _x	mg/Nm ³	73–283
			CO	g/t	<10 ⁽⁵⁾ –410
			CO ₂	kg/t	17–193
			VOC ⁽⁹⁾	g/t	<5 ⁽⁵⁾ –40 ⁽³⁾
			WWA ⁽¹⁰⁾	mg/t	0,7–1,1
			PCDD/F ⁽⁴⁾	ng I-TEQ/t	8,2–196
			PCDD/F ⁽⁴⁾	ng I-TEQ/Nm ³	0,005–0,1
			Pozostałości (produkty uboczne/odpady)		
			pyły	kg/t	-

(¹) W przypadku produkcji pelet do wielkich pieców.

(²) W przypadku produkcji pelet do bezpośredniego rozdrabniania.

(³) Kiedy grudkownia jest częścią zintegrowanej huty (np. NL). Dane z [200, Komisja Europejska 2001].

(⁴) Rtęć głównie w stanie wolnym. Masa zależy od przetwarzanych rud.

(⁵) W przypadku samodzielnych grudkowni w Szwecji (rudę magnetytowe). Dane z [200, Komisja Europejska 2001].

(⁶) Niższa wartość jeżeli stosowane są technologie usuwania kwaśnych składników gazów odlotowych.

(⁷) Obliczone na podstawie bilansu masy.

(⁸) Niższa wartość jeżeli stosowane są technologie odsiarczania.

(⁹) Technika pomiaru nie jest znana.

(¹⁰) Brak danych czy jest to Borneff 6, EPA 16, czy też benzo(a)piren.

Uwaga: Dane pochodzą z 2004 r. i odnoszą się do trzech grudkowni, które w 2004 r.

wyprodukowały łącznie prawie 13 mln ton pelet, co stanowiło ok. 63% całkowitej produkcji w UE-25.

Źródło: [208, Lindfors et al. 2006] [318, Eurofer 2007]

4.2.2 Problemy środowiskowe związane z procesem produkcji pelet

Grudkownia jest przede wszystkim źródłem emisji gazów i pyłów do atmosfery. W przypadku stosowania technik ograniczania zanieczyszczeń w celu zredukowania emisji występują inne oddziaływania na środowisko. W poniższych punktach 4.2.2.1 do 4.2.2.5 opisane zostały najważniejsze problemy środowiskowe związane z działalnością grudkowni.

4.2.2.1 Emisje do atmosfery

[208, Lindfors et al. 2006][300, Eurofer 2007]

Emisje pyłów z procesu mielenia

Gaz wylotowy pochodzący z procesu po przejściu przez separator powietrza zawiera duże ilości pyłu. Pył ten składa się głównie z żelaza i odzwierciedla skład surowców. Emisje mogą być zmniejszone za pomocą filtrów elektrostatycznych.

Pył z procesów sortowania i transportu

Sortowanie i transport mają miejsce na etapie grudkowania, czyli na samym początku procesu, kiedy cała materia jest jeszcze wilgotny. Może wtedy dojść do nieznacznych emisji pyłu, ale nie są to znaczące ilości i zwykle nie wychodzą poza obszar grudkowania w zakładzie. Na końcu ciągu utwardzania pelety są zbierane i sortowane. Zbyt małe lub rozbite pelety mogą być przetwarzane ponownie. Znacznym emisjom pyłu z tych obszarów zapobiega się dzięki zastosowaniu różnych rozwiązań. W zakładzie IJmuiden pelety są nawilżane (wilgotność 3%) w celu uniknięcia emisji pyłu, a niektóre punkty transferu są lokalnie odpylane.

Emisje pyłu i gazu z linii utwardzania

Emisje gazu i pyłu pochodzą ze strefy opalania linii utwardzania. Emisje te mają charakter ciągły i muszą być wyeliminowane za pomocą skutecznego filtra elektrostatycznego, filtra workowego lub za pomocą płuczki.

Emisje NO_x pochodzące z procesów utwardzania i suszenia

Emitowane związki tlenków azotu NO_x powstają podczas spalania w wyniku dwóch mechanizmów. Utlenianie związków azotu w paliwie węglowodorowym prowadzi do powstania związku „paliwowego NO_x”. Drugim, ważniejszym mechanizmem jest powstawanie tlenków azotu w procesie peletyzacji w wyniku działania wysokich temperatur. Powoduje to dysocjację azotu i tlenu z powietrza oraz reakcję, której produktem jest „termiczny NO_x”. Dane przedstawione w tabeli 4.1 odzwierciedlają istotne różnice w tworzeniu się NO_x. Czasami miał koksowy zastępowany jest antracytem, co może prowadzić do ograniczenia emisji NO_x nawet o 25%. Innym stosowanym sposobem na ograniczenie emisji NO_x jest dodanie wody w celu obniżenia szczytowych temperatur.

Emisje SO₂ pochodzące z procesu utwardzania

Podczas procesu utwardzania tworzy się dwutlenek siarki (SO₂). Źródłem siarki jest przede wszystkim węgiel i olej opałowy, a w mniejszym stopniu rudy i dodatki mialu koksowego i/lub antracytu. Tabela 4.1 pokazuje, że emisje SO₂ są około dziesięć razy wyższe w przypadku, gdy nie są stosowane techniki ograniczania emisji.

Emisje HCl i HF

Grudkownia jest również źródłem powstawania kwasu fluorowodorowego (HF) i kwasu solnego (HCl). Składniki te wytwarzają się podczas utwardzania minerałów zawierających fluorki i chlorki (apatyt), które są obecne w rudzie. Tabela 4.1 pokazuje, że emisje HF i HCl są około dziesięć razy większe, gdy nie stosuje się technik ograniczania emisji.

Rudy ze Szwecji znane są z wysokiej zawartości fluorku (zob. pkt. 3.2.2.1.2.5)

Polichlorowane dibenzo-p-dioksyny i dibenzofurany (PCDD/F)

[318, Eurofer 2007]

Tworzenie się PCDD i PCDF w procesach wysokotemperaturowych wyjaśniają dwa różne mechanizmy:

1. niecałkowite zniszczenie PCDD/F obecnych w surowcach/paliwie;
2. synteza nowych związków ze składników zawierających węgiel i chlor.

W czasie spalania w grudkowni pierścieniowe rodzaje węglowodorów (prekursorów) powstają częściowo jako pośrednie produkty spalania. W obecności chloru mogą one wchodzić w reakcje, których produktem będzie PCDD/F. Prekursorów obejmują dibenzofurany lub wielopierścieniowe związki aromatyczne (WWA) utworzone w wyniku niepełnego procesu spalania. Innym źródłem powstawania dioksyn jest sadza, gdyż utlenianie może prowadzić do wytworzenia niechlorkowych prekursorów. Reakcje zachodzą w strefach chłodzenia, prawdopodobnie w temperaturze pomiędzy 300 a 400°C.

Tabela 4.1 przedstawia znaczące różnice w procesie tworzenia się dioksyn. Wyniki z pomiarów bezpośrednich zawierają się w przedziale od 8,2 do 196 ng I-TEQ/t pelet. Tak duża rozpiętość wyników może być wyjaśniona tym, iż emisje PCDD/F związane są z następującymi elementami:

- formowanie: im mniejsza obecność prekursorów, tym mniej powstanie dioksyn. Wysoka zawartość tlenu w gazach spalinowych ogranicza możliwość wystąpienia prekursorów węglowych, więc wytworzy się mniej związków PCDD/F;
- techniki ograniczające emisje: jeżeli obniży się temperaturę gazów spalinowych (do <80°C), wytworzone związki PCDD/F skondensują się na cząsteczkach pyłu, a więc emisje PCDD/F będą spójne z emisjami pyłu;
- skuteczne ograniczanie emisji pyłów w niskich temperaturach usunie problem PCDD/F.

4.2.2.2 Ścieki

W przypadku, gdy do usuwania zanieczyszczeń stosuje się płuczkę, wytwarzany jest strumień ścieków. Takie ścieki potrzebują dużego wypływu ze względu na obecność HF. Bezpowrotna utrata wody jest stosunkowo niewielka, kiedy woda poddawana jest recyklingowi i dodawany jest NaOH. W niektórych przypadkach woda ta oczyszczana jest w zakładzie usuwania arsenu.

Oprócz tego ścieki odprowadzane są z przemywania zakładu i urządzeń. W zakładzie Corus IJmuiden w Holandii ścieki te są w 100% ponownie wykorzystywane, a przepływ wynosi około 0,04 m³/t grudek. Woda chłodząca może pochodzić z sekcji mielenia i suszenia, jak również z linii utwardzania. W przypadku wspomnianego zakładu holenderskiego przepływ jednostkowy wynosi odpowiednio 0,16 m³/t grudek z mielenia i suszenia oraz 0,05 m³/t grudek z utwardzania.

W zakładzie szwedzkim sytuacja jest w pewnym stopniu szczególna. Część wód kopalnianych wykorzystywana jest jako woda technologiczna do płuczek i mokrych filtrów elektrostatycznych na etapie oczyszczania. Ścieki technologiczne, woda odpływowa i woda kopalniana wpływają przez zagęszczacz do zbiornika odpadowego, gdzie zachodzi wstępne osadzanie zanieczyszczeń. Stamtąd woda prowadzona jest do zbiornika klarującego, gdzie zachodzi dodatkowa sedymentacja.

W nowej grudkowni MK3 w Malmberget (Szwecja) prowadzone są ciągłe pomiary zanieczyszczenia wód. Tabela 4.2 prezentuje osiągalne wartości stężenia dla zakładów znajdujących się w miejscowościach Kiruna i Malmberget w Szwecji.

Tabela 4.2: Dane operacyjne z oczyszczania wód w miejscowościach Malmberget i Kiruna (Szwecja)

	Malmberget 2006	Malmberget 2007	Kiruna 2006	Kiruna 2007	Jednostki
Parametr	Stężenie				
Zawiesina	9,12	10,9	4,13	2,33	mg/l
Razem N	39,5	41	19,8	17,5	mg/l
Fosfor	41,4	48,7	0,039	0,028	µg/l
Kadm	0,018	0,011	0,025	0,014	µg/l
Kobalt	3,63	6,23	0,35	0,37	µg/l
Chrom	0,70	0,35	0,05	0,1	µg/l
Miedź	2,30	3,73	2,68	4,03	µg/l
Rtęć	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	µg/l
Ołów	0,20	0,14	0,13	0,24	µg/l
Cynk	6,87	5,95	0,63	4,56	µg/l
Nikiel	13,7	16	1,83	2,39	µg/l
Arsen	3,34	1,47	3,56	0,7	µg/l
<i>Źródło: [113, Gidlund et al. 2008][166, Lundqvist, A. 2009].</i>					

4.2.2.3 Pozostałości po procesie takie jak odpady i produkty uboczne

To nie grudkownia jest pierwotnym źródłem odpadów stałych, lecz sortowanie i wzbogacanie surowców. Oprócz tego odpady stałe powstają wszędzie tam, gdzie ogranicza się emisje pyłu. Odfiltrowany pył kończy jako osad kanalizacyjny w oczyszczalni ścieków.

4.2.2.4 Zużycie energii

[318, Eurofer 2007]

Jednostkowe zużycie energii w ciągu ostatnich dziesięcioleci sukcesywnie malało. Było to możliwe dzięki systematycznym udoskonaleniom procesu. W 2005 r. jednostkowe zużycie energii mieściło się w zakresie od 186 do 662 MJ/t pelet.

Istnieją pewne różnice pomiędzy różnymi rodzajami zakładów, zarówno jeśli chodzi o rodzaj wykorzystywanej energii, jak i o rodzaj zużywanej energii. Piece rusztowe wykorzystują przede wszystkim węgiel, podczas gdy ruszty przesuwne wiążą się z wykorzystaniem oleju opałowego lub gazu.

W większości grudkowni na świecie, tak samo jak w Holandii, dodatki do pelet zawierające węgiel zapewniają część ciepła potrzebnego do spiekania. Skutkiem tego są wyższe od przeciętnych wartości zużycia energii ze źródeł zewnętrznych, jak zostało to wspomniane powyżej.

Samodzielne zakłady w Szwecji korzystają głównie z rud ze złóż magnetytu, co daje duże korzyści dzięki utlenianiu magnetytu. Ok. 60% potrzebnej energii termicznej zapewniane jest przez utlenianie magnetytu, co skutkuje niższym niż przeciętne zużyciem energii termicznej z zewnątrz.

W celu oszczędności energii w procesie peletyzacji odzyskiwane jest paliwo oraz ciepło uzyskane z utleniania magnetytu. Większość nadmiarowego ciepła z sekcji chłodzenia zawracana jest do stref gorących, co ogranicza zapotrzebowanie na energię ze źródeł zewnętrznych. W niektórych zakładach przemysłowych ciepło stanowiące produkt uboczny odzyskiwane jest do wewnętrznych instalacji grzewczych. Tam gdzie jest to możliwe, ciepło to jest również przekazywane do miejskich sieci ciepłowniczych.

4.2.2.5 Hałas

Suche kruszarki w Corus IJmuiden napelniane są 150 t żelaznych kulek i obracają się z prędkością dwóch obrotów na sekundę (prędkość obrotów ustawiona jest na optymalną wydajność mielenia). Kruszarki te mogą powodować emisję dźwięków o natężeniu ok. 85

dB(A), w związku z czym są one zamknięte w izolowanych akustycznie pomieszczeniach. Mokre kruszarki nie generują takiego natężenia dźwięku i na ogół nie zachodzi potrzeba ich izolacji akustycznej.

4.3 Techniki, które należy rozważyć przy określaniu najlepszych dostępnych technik (BAT) dla grudkowni

W niniejszym podrozdziale opisane zostały techniki (lub ich połączenia) oraz ich monitorowanie, które mogą zapewnić wysoki poziom ochrony środowiska w czasie prowadzenia działań opisywanych w niniejszym dokumencie.

Obejmuje on techniki zintegrowane z procesem oraz rozwiązania stosowane po jego zakończeniu. Rozważane są również procedury unikania generowania odpadów oraz zarządzanie nimi, w tym minimalizacja ilości odpadów i ich recykling. Co więcej omawiane są techniki ograniczające zużycie surowców, wody oraz energii.

Informacje zawarte w tym rozdziale będą odnosiły się do kryteriów określania najlepszych dostępnych technik wymienionych w aneksie III do dyrektywy. Kiedy to tylko możliwe, do prezentacji zgromadzonych informacji dotyczących każdej z technik stosowana jest standardowa struktura przedstawiona w tabeli 4.3 w celu umożliwienia porównania technik i ich oceny w odniesieniu do definicji BAT podanej w dyrektywie.

Niniejszy podrozdział niekoniecznie przedstawia pełną listę technik, które można zastosować w sektorze. Przy określaniu BAT dla poszczególnych instalacji funkcjonować mogą lub mogą zostać opracowane a następnie uwzględnione inne techniki.

Tabela 4.3: Podział informacji dla każdej z technik omawianej w niniejszym podrozdziale

Rodzaj rozważanej informacji	Rodzaj zawartej informacji
Opis	Krótki opis techniczny z obrazkami, diagramami i grafami, jeśli to właściwe.
Osiągnięte korzyści dla środowiska	Główne potencjalne korzyści dla środowiska możliwe do osiągnięcia dzięki zastosowaniu techniki (w tym oszczędność energii, wody, surowców, jak również zwiększenie produktywności, wydajności energetycznej itp.).
Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)	Potencjalne efekty uboczne dla środowiska i niekorzystne oddziaływanie na inne komponenty związane z zastosowaniem techniki, w tym szczegóły wpływu środowiskowego techniki w porównaniu z innymi (wady i zalety podparte danymi, jeśli są dostępne) w celu dokonania oceny wpływu techniki na środowisko jako całość. Może to obejmować takie kwestie jak: <ul style="list-style-type: none"> • zużycie surowców i wody, • zużycie energii i przyczynianie się do zmian klimatu, • możliwość kurczenia warstwy ozonu w stratosferze, • możliwość tworzenia ozonu fotochemicznego, • zakwaszanie w związku z emisjami do atmosfery, • pyłki w powietrzu (w tym mikrocząsteczki i metale), • eutrofizacja gleb i wód w związku z emisjami do atmosfery lub wody, • możliwość zmniejszania ilości tlenu w wodzie, • trwałe/toksyczne/bioakumulujące związki w wodzie

	<p>lub glebie (w tym metale),</p> <ul style="list-style-type: none"> • tworzenie lub zmniejszanie ilości pozostałości z procesu (odpadów), • możliwość ponownego wykorzystania lub recyklingu pozostałości z procesu (odpadów), • hałas i/lub przykre zapachy, • ryzyko wypadków.
Dane operacyjne	Faktyczne dane dotyczące wydajności (w tym warunki odniesienia, okresy i metody monitorowania) oraz poziomów emisji, poziomów zużycia (surowców, wody, energii) oraz ilości wytworzonych odpadów. Wszelkie inne użyteczne informacje dotyczące działania, konserwacji i sterowania daną techniką.
Możliwość zastosowania	Wskazanie na rodzaj zakładów lub procesów, w których dana technika może lub nie może zostać zastosowana, jak również na ograniczenia jej zastosowania w określonych przypadkach, z uwzględnieniem np. wieku zakładu (nowy lub istniejący), czynników związanych z modernizacją (np. dostępność miejsca), rozmiar zakładu (duży lub mały), już zainstalowanych technik oraz rodzaju lub jakości produktu.
	Informacje dotyczące kosztów (inwestycyjnych i operacyjnych) oraz wszelkich możliwych oszczędności (np. ograniczone zużycie surowców lub energii, opłaty za odpady) lub przychodów, w tym szczegółowe informacje dotyczące sposobu ich obliczenia/oszacowania. Podane zostaną informacje gospodarcze związane z nową budową i modernizacją dostosowującą technikę do istniejących instalacji. Powinno to pozwolić na określenie, tam gdzie to możliwe, całkowitego wpływu ekonomicznego techniki.
Motywacja do wdrożenia techniki	Konkretne warunki lokalne, wymagania (np. legislacyjne, środki bezpieczeństwa) lub bodźce nieśrodowiskowe (np. zwiększona produktywność, lepsza jakość produktu), które doprowadzały dotychczas do wdrożenia techniki.
Przykładowe zakłady	Odniesienie do zakładu/zakładów, w których wdrożona została dana technika i z których dane zostały zebrane i wykorzystane do opracowania podrozdziału. Wskazanie na rozpowszechnienie danej techniki w Europie i na świecie.
Bibliografia	Literatura przedmiotu lub inne materiały referencyjne (np. książki, raporty, opracowania, strony internetowe) wykorzystane do opracowania podrozdziału i zawierające bardziej szczegółowe informacje dotyczące techniki.

4.3.1 Odpylanie elektrostatyczne w kruszarkach (mielenie na sucho)

Opis

Po operacji mielenia cząsteczki są oddzielane za pomocą rozdzielania w strumieniu powietrza. Większe cząsteczki są zawracane do kruszarek, a drobne cząsteczki o właściwym rozmiarze przechodzą do etapu mieszania. Powietrze stosowane do rozdzielania zawiera duże ilości pyłu, który musi być wychwycony. Własności pyłu pozwalają zwykle na skuteczne wychwytywanie przy zastosowaniu filtra elektrostatycznego. Wytrącony materiał może przejść bezpośrednio do etapu mieszania, ponieważ posiada on ten sam skład chemiczny co

surowiec (ok. 1,1 wt-% mialu koksowego, ok. 1,3 wt-% oliwinu (FeO, MgO, SiO₂) oraz mieszanina rud: magnetytu (FeO) i hematytu (Fe₂O₃)).

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Filtr elektrostatyczny funkcjonuje bardziej lub mniej jako integralna część układu separatora powietrznego. Stężenie emisji wynosi <20 mg/Nm³. Przy użyciu nowoczesnych konstrukcji filtrów elektrostatycznych możliwe jest uzyskanie niższych emisji i stąd również odzyskiwanie surowców.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Odfiltrowany materiał z filtra elektrostatycznego jest w całości wykorzystywany jako surowiec w grudkowniku. Praca filtra elektrostatycznego powoduje zużycie energii. Przy strumieniu gazów odlotowych o wielkości 300 000 Nm³/h i produkcji 4 Mt/rocznie zużycie energii wynosi około 1 MJ/t pelet.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Filtry elektrostatyczne mogą zostać zastosowane zarówno w nowych jak i w już istniejących zakładach.

Aspekty ekonomiczne

Filtr elektrostatyczny jest integralną częścią zakładu; część surowców z etapu rozdzielania w strumieniu powietrza jest odzyskiwana przez filtr elektrostatyczny. Można jednak obliczyć, że oczyszczanie strumienia gazów odlotowych o wielkości 300 000 Nm³/h za pomocą odpylania elektrostatycznego na sucho będzie wymagało inwestycji w wysokości około 2 milionów euro (ceny z roku 1996). Koszty operacyjne można obliczyć jako 0,03 do 0,05 euro (ceny z roku 1996)/t pelet dla grudkowni o rocznej produkcji 4 Mt i strumieniu gazów odlotowych z procesu suszenia wielkości 300 000 Nm³/h.

Motywacja do wdrożenia techniki

Bodźcem do wdrożenia tej techniki jest całkowite odzyskanie surowca, co wiąże się z oszczędnością zasobów.

Przykładowe zakłady

Grudkownia Corus IJmuiden w Holandii.

Bibliografia

[65, InfoMil 1997][318, Eurofer 2007][247, Holandia 2007]

4.3.2 Osobne lub połączone ograniczanie zanieczyszczeń stałych i gazowych ze strefy suszenia i utwardzania

Opis

W grudkowniach stosuje się kilka technik usuwania pyłów (cząstek stałych). Głównymi urządzeniami wykorzystywanymi w tych technikach są kolektory mechaniczne (dla większych cząsteczek), multicyklony, płuczki mokre, filtry workowe i filtry elektrostatyczne (ESP). Filtry elektrostatyczne i filtry workowe zapewniają wysoką skuteczność czyszczenia, jednak mogą pracować tylko powyżej ograniczonego zakresu warunków temperaturowych i wilgotności. W związku z tym do usuwania pyłu w grudkowniach są również stosowane płuczki mokre. Skrubery mogą być wysoko wydajnymi urządzeniami odpylającymi. Woda z płuczki jest zbierana i oczyszczana przez sedymentację (odstojnik, klarownica). Pył jest zawracany z powrotem do procesu produkcyjnego.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Skuteczność odpylania wymienionych powyżej technik wynosi zwykle >95%, a w niektórych przypadkach nawet >99%. Możliwe jest uzyskanie stężenia emitowanego pyłu na poziomie <10 mg/Nm³ (zob. tabela 4.1). Na przykład w najnowszym szwedzkim zakładzie KK3 w Kirunie stężenie pyłu w emitowanych gazach odlotowych ze strefy suszenia i utwardzania

wynosi poniżej 10 mg/Nm³, natomiast całkowita emisja pyłu z zakładu jako całości wynosi poniżej 100 g/t pelet dzięki zastosowaniu skrubera do ograniczania emisji ze strefy suszenia i filtra elektrostatycznego do oczyszczania emisji ze strefy utwardzania.

Zaletą mokrych płuczek jest również usuwanie SO_x, HF i HCl. Możliwe do osiągnięcia stężenia emisji do atmosfery (przy zastosowaniu mokrej płuczki z dodatkiem NaOH) wynoszą dla SO₂ <30–50 mg/Nm³, a dla HF i HCl <1–3 mg/Nm³. Dodatkowo wychwytywane są również pary i aerozole. Dzięki zastosowaniu skrubików w grudkowni LKAB Kiruna emisje SO₂ zostały w 1995 r. ograniczone o ponad 95%. [114, Remus, Rainer 2008].

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Zwykle zebrany pył jest zwracany do procesu peletyzacji. W przypadku płuczek część nadmiaru wody musi być spuszczone po odpowiednim uzdatnieniu.

Zastosowanie filtrów workowych za mokrą płuczką wymaga, żeby strumienie gazów odlotowych były ponownie podgrzane po przejściu przez płuczkę.

Dane operacyjne

Nie są znane żadne specyficzne problemy.

Możliwość zastosowania

Opisane techniki poprocesowe można stosować w nowopowstałych i już istniejących zakładach.

Aspekty ekonomiczne

Przeprowadzone zostało badanie jednej instalacji filtra workowego za płuczką. W związku z tym, że konieczne jest ponowne podgrzanie strumieni gazów odlotowych za płuczką koszty inwestycyjne i operacyjne muszą uwzględniać koszt podgrzewania. Inwestycja w filtry workowe wraz ze sprzętem do ponownego ogrzewania szacowana jest na 25 mln euro. W związku z kosztem ponownego ogrzewania koszty operacyjne są wysokie – 8 mln euro rocznie. [249, Holandia 2007].

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Grudkownia KK3 i LKAB, Kiruna w Szwecji; Corus IJmuiden w Holandii.

Bibliografia

[65, InfoMil 1997][114, Remus, Rainer 2008][169, LKAB 2004][208, Lindfors et al. 2006][249, Holandia 2007][251, Eurofer 2007][318, Eurofer 2007]

4.3.3 Absorber zawiesziny gazu (GSA)

Opis

Proces, w którym wykorzystywany jest absorber zawiesziny gazu (GSA) jest procesem półsuchym. Mokra zawieszina wapienna jest natryskiwana w gazach odlotowych w reaktorze fluidyzacyjnym. Woda z zawiesziny wapiennej wyparowuje, a wapno gaszone reaguje z zanieczyszczeniami (HF, HCl i SO₂). Wysokie stężenie cząsteczek stałych w gazach odlotowych wzmacnia działanie GSA, a w miarę jak zwiększa on powierzchnię czynną reakcji, pył pokrywany jest roztworem wapna gaszonego.

Za reaktorem fluidyzacyjnym gazy odlotowe przechodzą przez odpylacze cyklonowe. Część suchego produktu (wapno po reakcji chemicznej i pyły) jest usuwana w tym miejscu i zwracana do reaktora, aby utrzymać wysokie stężenie pyłu w reaktorze. Końcowe oczyszczanie gazów odlotowych zachodzi przy zastosowaniu filtra elektrostatycznego.

Ilość wtryskiwanego wapna gaszonego jest proporcjonalna do stężenia SO₂ w gazach odlotowych.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Dane na temat eksploatacji GSA w grudkowni zostały zebrane w tabeli 4.4. Dane te zostały dostarczone przez szwedzką firmę LKAB, która posiada GSA do oczyszczania gazów

odlotowych z linii utwardzania w swojej grudkowni KK3. Spaliny ze strefy suszenia linii utwardzania prowadzi się przez zwężkowe płuczki Venturiego, aby usunąć pyły przed ich emisją do atmosfery.

Wartości podane w tabeli 4.4 przedstawiają całkowite emisje z tego zakładu.

Tabela 4.4: Dane na temat wydajności podwieszanego absorbera gazu (GSA)

Składnik	Przed GSA (mg/Nm ³)	Po GSA (mg/Nm ³)	Skuteczność usuwania (%)
Tlenki siarki (SO ₂)	300	9,6	96,8
Kwas fluorowodorowy (HF)	78	<0,1	99,9
Kwas chlorowodorowy (HCl)	133	0,6	99,5
Pył	1400	2	99,9
Uwaga: Dane dotyczą grudkowni KK3 firmy LKAB, Kiruna w Szwecji w 1995. Źródło: [200, Komisja Europejska 2001].			

Dla zakładu tego można podać następujące dane: zakład został oddany do eksploatacji w styczniu 1995 roku i posiada roczną zdolność produkcyjną w wysokości 4,5 Mt. Rzeczywista produkcja w 1995 roku wyniosła 2,8 Mt pelet. Zakład jest wyposażony w dwa palniki: jeden palnik pracuje w strefie spalania linii utwardzania, a drugi jest używany w celu zwiększenia temperatury gazu wychodzącego z drugiej sekcji chłodzenia, który jest stosowany jako powietrze do wstępnego podgrzewania w pierwszej strefie nagrzewania.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

GSA jest urządzeniem półsuchym z filtrem elektrostatycznym (ESP) jako ostatnim etapem filtrowania. Suchy osad z filtra elektrostatycznego zawiera pył, CaSO₃, CaCl₂ i CaF₂ oraz trochę nieprzereagowanego wapna (CaO). Suchy osad jest osadzany.

Zużycie wapna gaszonego wynosi 264 kg/h (wielkość projektowana) a zużycie wody 10,6 m³/h (wielkość projektowana). Ponadto, stosuje się sprężone powietrze (7 barów): 690 kg/h (wielkość projektowana). Zużycie energii wynosi około 0,64 MJ/t pelet (wielkość projektowana).

Dane operacyjne

Nie są znane żadne specyficzne problemy.

Możliwość zastosowania

GSA jest rozwiązaniem odrębnym od samego procesu produkcji, które może być stosowane zarówno w nowych jak i w istniejących zakładach.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Grudkownia KK3 firmy LKAB, Kiruna w Szwecji.

Bibliografia

[200, Komisja Europejska 2001][247, Holandia 2007][248, Eurofer 2007]

4.3.4 Zintegrowane z procesem produkcji ograniczanie emisji NO_x

Opis

Głównymi rodzajami NO_x w grudkowni ze względu na jego powstawanie jest „termiczny”, „paliwowy” i „natychmiastowy” NO_x. Tlenki azotu, które powstają w warstwie pelet składają się głównie z tzw. „natychmiastowego NO_x” i „paliwowego NO_x”. Oba tworzą się w reakcjach między węglowodorami i azotem w miale koksowym i tlenem oraz azotem

zawartym w powietrzu (dodatek miału koksowego w zakładzie holenderskim). Głównym czynnikiem prowadzącym do powstawania „termicznego” NO_x są wysokie temperatury (1300–1400°C) na linii utwardzania oraz duża dostępność tlenu w strefie palnika. Nie jest możliwe rozróżnienie różnych rodzajów tlenków azotu NO_x po ich utworzeniu, ponieważ nie istnieją różnice w ich składzie chemicznym. W przypadku grudkowni można założyć, że całkowite emisje NO_x zdominowane są przez „termiczny NO_x”.

Najważniejsze rozwiązania ukierunkowane są na ograniczenie tworzenia się termicznego NO_x. Można to osiągnąć poprzez obniżenie temperatury (maksymalnej) w palnikach i redukcję nadmiaru tlenu w spalonym powietrzu. Dodatkowo niższe emisje NO_x mogą być osiągnięte przez połączenie niskiego zużycia energii, niskiego stężenia azotu w paliwie (węglu i oleju opałowym) oraz przez ograniczenie nadmiaru tlenu.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

W grudkowni KK3 firmy LKAB, Kiruna (Szwecja), emisje NO_x ze strefy spalania wynoszą 175–196 g/t grudek lub 73–82 mg/Nm³ na każde 2400 Nm³ gazu odlotowego/t grudek. Zakład ten został oddany do eksploatacji w styczniu 1996 roku i nie są w nim stosowane niezwiązane z procesem produkcji techniki redukcji emisji NO_x. Niższe emisje NO_x zostały osiągnięte przez połączenie niskiego zużycia energii, niskiego stężenia azotu w paliwie (węglu i oleju opałowym) oraz przez ograniczenie nadmiaru tlenu. Zakład stosuje dwa duże palniki w linii utwardzania.

W grudkowni KK2 firmy LKAB, w miejscowości Kiruna w Szwecji, stosowana jest technika opalania przetworzonym węglem. Emisje NO_x z tego zakładu wynoszą 150 g/t pelet. „Opalanie przetworzonym węglem” oznacza, że węgiel jest mielony, filtrowany i magazynowany zanim zostanie wykorzystany w palniku. Technika ta umożliwia dokładne dostosowanie zużycia energii. Ilość powietrza w transporcie jest niewielka, co oznacza, że jeden z warunków tworzenia się cieplnego NO_x jest ograniczony do minimum.

Sytuacja w grudkowni Hoogovens IJmuiden jest nieco inna. W zakładzie wykorzystywanych jest 56 palników (z których 44 pracują jednocześnie). Emisje NO_x z linii utwardzania wynoszą około 550 g/t pelet lub 283 mg/Nm³ (z 1940 Nm³/t pelet). Rozwiązania zintegrowane z procesem produkcji w tym zakładzie są skomplikowane i zostały opracowane specjalnie na jego potrzeby.

Nowy zakład MK3 z Malmberget w Szwecji, wyposażony jest w dodatkowe palniki w kołpaku rekuperacyjnym, co umożliwia niższe temperatury płomienia w kołpakach palników. Przy zastosowaniu tej techniki można oczekiwać ograniczenia tworzenia się NO_x. Ponadto komory palników zaprojektowane są tak, aby umożliwiać formowanie i zmianę kształtu płomienia. Dodatkowo w ostatnim czasie rozpoczęły się długofalowe starania nad opracowaniem nowych technik związanych z palnikami mających na celu redukcję emisji NO_x w grudkowniach.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Nie występują żadne skutki uboczne stosowania techniki.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Gdy budowany jest nowy zakład, rozwiązania zintegrowane z procesem produkcji mające na celu ograniczenie wytwarzania NO_x mogą być rozważane na etapie projektowania. W przypadku już istniejących zakładów preferowane są zintegrowane z procesem produkcji techniki ograniczania emisji NO_x. Rozwiązania nie uzależnione od procesu projektowania mogą być rozważane zarówno dla nowych jak i dla istniejących zakładów.

Aspekty ekonomiczne

Koszty ponoszone przez nowe zakłady są zdecydowanie niższe niż koszty modernizacji.

Motywacja do wdrożenia techniki

Motywacją jest obniżenie krajowych emisji w celu sprostania krajowym celom redukcyjnym zgodnie z krajowymi i międzynarodowymi rozporządzeniami, pro-ekologiczna reputacja oraz lepsze wyniki gospodarcze.

Przykładowe zakłady

Grudkownie KK2 i KK3, LKAB, Kirusa w Szwecji; zakład MK3, Malmberget w Szwecji i Corus IJmuiden w Holandii.

Bibliografia

[114, Remus, Rainer 2008][200, Komisja Europejska 2001][208, Lindfors et al. 2006][318, Eurofer 2007]

4.3.5 Selektywna redukcja katalityczna (SRK)

Opis

Zob. pkt. 3.3.2.8.2.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Ograniczenie emisji NO_x.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Zob. pkt. 3.3.2.8.2.

Dane operacyjne

To, że SRK może być z powodzeniem stosowana w nowej grudkowni, nie oznacza jeszcze, że jej stosowanie przyniosłoby pożądane efekty w rozsądnej cenie w już istniejących zakładach. Firma LKAB zbadała już możliwości zastosowania technik poprocesowych w istniejących zakładach. Na ogół temperatury są zbyt niskie, by zoptymalizować ograniczenie emisji NO_x. Z tego powodu strumień gazu musi być w takim systemie wstępnie podgrzany, co wiąże się z niekorzystnymi skutkami, takimi jak zwiększone zużycie paliwa, a więc i większe emisje i koszty.

Możliwość zastosowania

W istniejących zakładach zarówno z układem rusztu wzdłużnego jak i pieca rusztowego, ciężko jest uzyskać warunki eksploatacji konieczne dla funkcjonowania reaktora SRK. W nowych grudkowniach i układ SRK mogą być właściwie projektowane pod względem wymaganej temperatury reaktora i umiarkowanych strumieni gazu. W związku z wysokimi kosztami redukcja gazów odlotowych przy użyciu tlenu azotu na koniec procesu może być rozważana w warunkach, kiedy nie dałoby się inaczej sprostać normom jakości środowiska.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Motywacją jest obniżenie krajowych emisji w celu sprostania krajowym celom redukcyjnym zgodnie z krajowymi i międzynarodowymi rozporządzeniami.

Przykładowe zakłady

Do 2010 r. firma LKAB będzie zaangażowana w obszerny program badawczy poświęcony redukcji emisji NO_x. Z tego względu podjęto decyzję o wyposażeniu nowej grudkowni KK4, Kiruna w Szwecji, w system redukujący NO_x.

Reaktor selektywnej redukcji katalitycznej (SRK) Alstom został zainstalowany w KK4 na okres pełnego testu pilotażowego. Test rozpoczął się wiosną 2008 r., a sprawozdanie z jego wyników zostanie złożone do końca 2009 roku. Będzie to pierwszy na świecie system zainstalowany w grudkowni z piecem rusztowym. Celem jest ocena pracy reaktora SRK w nowym zakładzie w okolicznościach, kiedy warunki eksploatacji tej techniki mogą być zoptymalizowane.

Badania laboratoryjne dotyczące żywotności SRK zostały przeprowadzone na niedużą skalę i przyniosły jak do tej pory pozytywne rezultaty. Co do funkcjonowania reaktora SRK w grudkowni pozostaje jednak wiele niepewności.

Bibliografia

[318, Eurofer 2007]

4.3.6 Oczyszczanie wody z grudkowni

Opis

Przed trafieniem do zbiornika obiegowego, ścieki z płuczki są neutralizowane. Stamtąd są one prowadzone do zbiorników sedymentacyjnych. Własności sedymentacyjne osadu często zwiększa się, dodając czynniki kłaczkujące. Część ścieków z osadnika wykorzystywana jest ponownie jako woda w płuczce. W zakładzie Corus IJmuiden w Holandii, część ścieków upuszczana jest do zakładu usuwania arsenu, gdzie podlega dalszej filtracji (zob. pkt. 4.3.7).

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Wstępne czyszczenie wody technologicznej i oddzielenie osadu kanalizacyjnego pozwala na recykling wody w płuczce.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Osad kanalizacyjny może zawierać metale ciężkie, takie jak Ni, Cr i Cd i musi być poddany recyklingowi lub zostać usunięty.

Dane operacyjne

Nie są znane żadne specyficzne problemy.

Możliwość zastosowania

Brak dostępnych danych.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Corus IJmuiden w Holandii

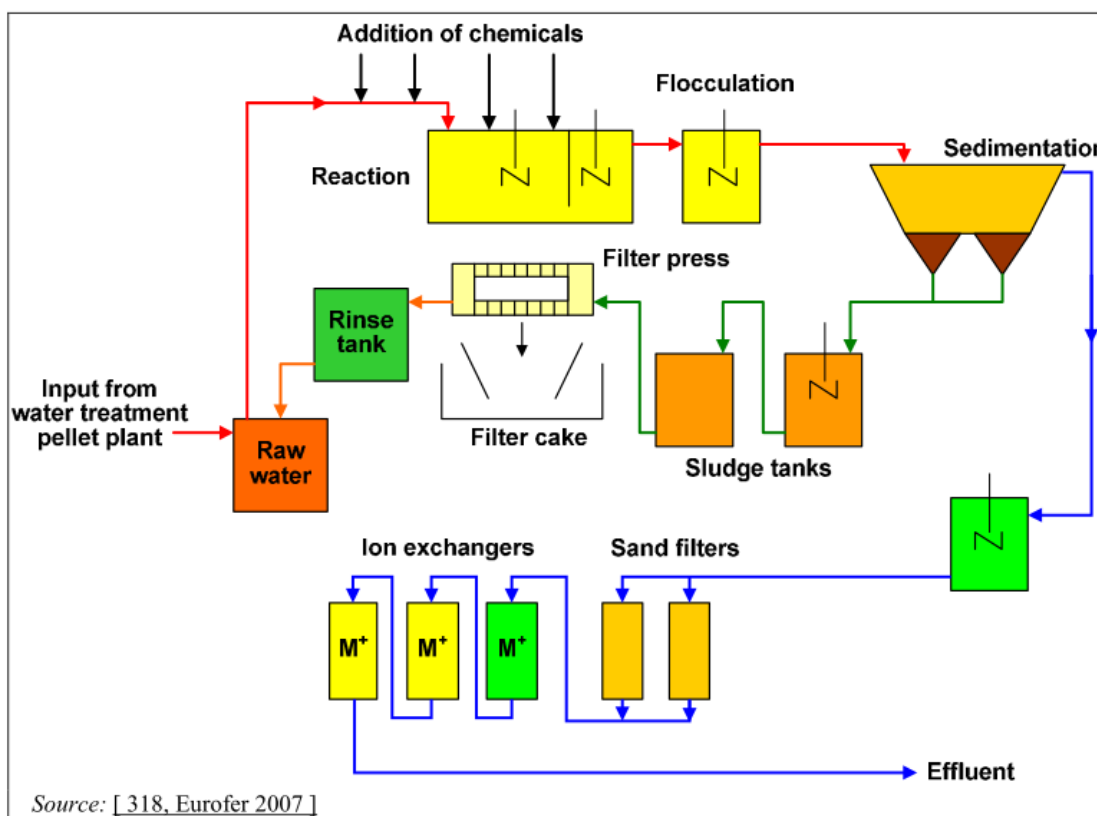
Bibliografia

[114, Remus, Rainer 2008]

4.3.7 Zakład usuwania arsenu

Opis

Ścieki z oczyszczalni ścieków w grudkowni Corus IJmuiden w Holandii, zawierają rozpuszczony arsenian (As^{5+}) i arsenin (As^{3+}). Związki arsenu obecne są w niektórych rudach żelaza. Za pomocą odczynnika Fentona (połączenia chlorku żelaza II i nadtlenu) przy pH 7 arsenin zmienia się w arsenian, po czym jest odfiltrowywany. Po odwodnieniu placek filtracyjny zawierający arsen może zostać poddany recyklingowi lub usunięty. Po sedymentacji ścieki przepływają przez filtry piaskowe w celu usunięcia pozostałej zawiesiny oraz przez trzy wymiennicze jonowe w celu skontrolowania obecności innych metali ciężkich np. Cd, Cr, Cu, Ni. (zob. Rysunek 4.7).



Rysunek 4.7: Diagram prezentujący przebieg procesu w zakładzie usuwania arsenu

ANG	PL
Input from water treatment pellet plant	Woda z grudkowni z oczyszczalnią ścieków
Addition of chemicals	Dodanie chemikaliów
Reaction	Reakcja
Flocculation	Kłaczkowanie
Sedimentation	Sedymentacja
Sludge tanks	Odstojniki
Filter press	Prasa filtracyjna
Filter cake	Placek filtracyjny
Rinse tank	Zbiornik płuczący
Raw water	Woda surowa
Ion exchangers	Wymieniacze jonowe
Sand filters	Filtry piaskowe
Effluent	Wypływ

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Dane operacyjne z zakładu usuwania arsenu zostały zaprezentowane w tabeli 4.5.

Tabela 4.5: Dane operacyjne z zakładu usuwania arsenu (2007)

Parametr	Zakres	Jednostki
Zawiesiny	<10–95	mg/l
ChZT	56–81	mg/l
N Kjeldahla	8,1–15	mg/l
Fluorki	1300–2000	mg/l
Cd	< 1–1,7	µg/l

Hg	0,25–2	µg/l
As	10–27	µg/l
Cr	13–18	µg/l
Pb	10–83	µg/l
Zn	43–95	µg/l
Ni	44–64	µg/l
Cu	<1–19	µg/l
<i>Źródło: [163, Infomil 2009].</i>		

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Osad z arsenem może zawierać metale ciężkie, takie jak Ni, Cr i Cd i musi być poddany recyklingowi lub zostać usunięty.

Dane operacyjne

Nie są znane żadne specyficzne problemy. Zużycie chemikaliów nie zostało zgłoszone.

Możliwość zastosowania

Usuwanie arseninu i arsenianu może być stosowane jako rozwiązanie poprocesowe we wszystkich rodzajach nowych oraz już istniejących oczyszczalni ścieków.

Aspekty ekonomiczne

Koszt inwestycyjny zakładu usuwania arsenu o wydajności 55 m³/h wynosił w 2004 r. 2,6 mln euro. Koszty te zależą również od limitów zawartości arsenu i metali ciężkich w ściekach.

Motywacja do wdrożenia techniki

Zakład Corus w IJmuiden w Holandii optymalizowany jest w celu sprostania ograniczeniom prawnym i zredukowania kosztów operacyjnych.

Przykładowe zakłady

Zakład usuwania arsenu Corus, IJmuiden w Holandii, działa od sierpnia 2004 roku.

Bibliografia

[318, Eurofer 2007]

4.3.8 Odzysk ciepła jawnego z linii utwardzania

Opis

Grudkownia jest zaprojektowana w taki sposób, aby ciepło jawne w strumieniach gazu w linii utwardzania było powtórnie efektywnie wykorzystywane. Na przykład gorące powietrze z odcinka chłodzenia podstawowego jest wykorzystywane jako wtórne powietrze spalania w odcinku opalania. Z kolei ciepło z odcinka spalania jest wykorzystywane w odcinku suszenia linii utwardzania. Ciepło z wtórnego odcinka chłodzenia jest również wykorzystywane w odcinku suszenia.

W holenderskiej grudkowni, która jest częścią zintegrowanych zakładów hutniczych, odcinek chłodzenia generuje więcej ciepła jawnego niż może być wykorzystane w linii utwardzania. Wcześniej ciepło to nie było wykorzystywane, jednak od połowy lat osiemdziesiątych ciepło jawne jest wykorzystywane w komorach suszenia zespołów suszenia i mielenia. Gorące powietrze transportowane jest przez izolowany rurociąg zwany „przewodem recyrkulacji gorącego powietrza”.

„Przewód recyrkulacji gorącego powietrza” transportuje około 150 000 m³/h gorącego powietrza (250°C) z sekcji chłodzenia linii utwardzania do sekcji suszenia i mielenia. W sekcji suszenia gorące powietrze (600–800°C) jest wykorzystywane do suszenia koncentratów i podziaren przed operacją mielenia. Dzięki wykorzystaniu gorącego powietrza z sekcji chłodzenia, znacznie mniej paliwa potrzebne jest w komorze suszenia.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Całkowite zużycie energii w wyżej wymienionej grudkowni wynosi około 1,4 GJ/t pelet (w porównaniu do samodzielnych zakładów w Szwecji wykorzystujących wsad z koncentratu magnetytowego zużycie to jest znacznie wyższe – zob. tabela 4.1 oraz pkt. 4.2.2.4). Około

0,7 GJ/t pelet jest dostarczane z procesu odzyskiwania ciepła, podczas gdy około 0,7 GJ/t pelet jest uzyskiwane z paliwa. Obliczenia te obejmują „przewód recyrkulacji gorącego powietrza” i uwzględniają odzysk energii w wysokości około 67,5 MJ/t pelet (około 4% całkowitego zużycia energii).

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Wykorzystanie gorącego powietrza ze strefy chłodzenia w strefie spalania linii utwardzania może dać w rezultacie wyższe temperatury płomienia palnika (palników) i stąd wyższe emisje NO_x.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Odzysk ciepła jawnego jest częścią zintegrowanego procesu w grudkowniach. Można się spodziewać, że nowe zakłady będą miały bardziej wydajne instalacje niż zakłady już istniejące. „Przewód recyrkulacji gorącego powietrza” może być zastosowany w podobnie zaprojektowanych już istniejących zakładach, w których dostawy ciepła jawnego są wystarczające.

Aspekty ekonomiczne

Rekuperacja ciepła w linii utwardzania jest integralną częścią projektu zakładu i nie wymaga dodatkowych inwestycji. „Przewód recyrkulacji gorącego powietrza” został oddany do eksploatacji w 1984 roku. Szacunkowa wartość inwestycji wyniosła 5 mln euro. Oszczędności na kosztach energii wynoszą ogółem 2,8 mln euro rocznie.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Grudkownia Corus, IJmuiden w Holandii.

Bibliografia

[65, InfoMil 1997][318, Eurofer 2007]

5Koksownie

[320, Eurofer 2007]

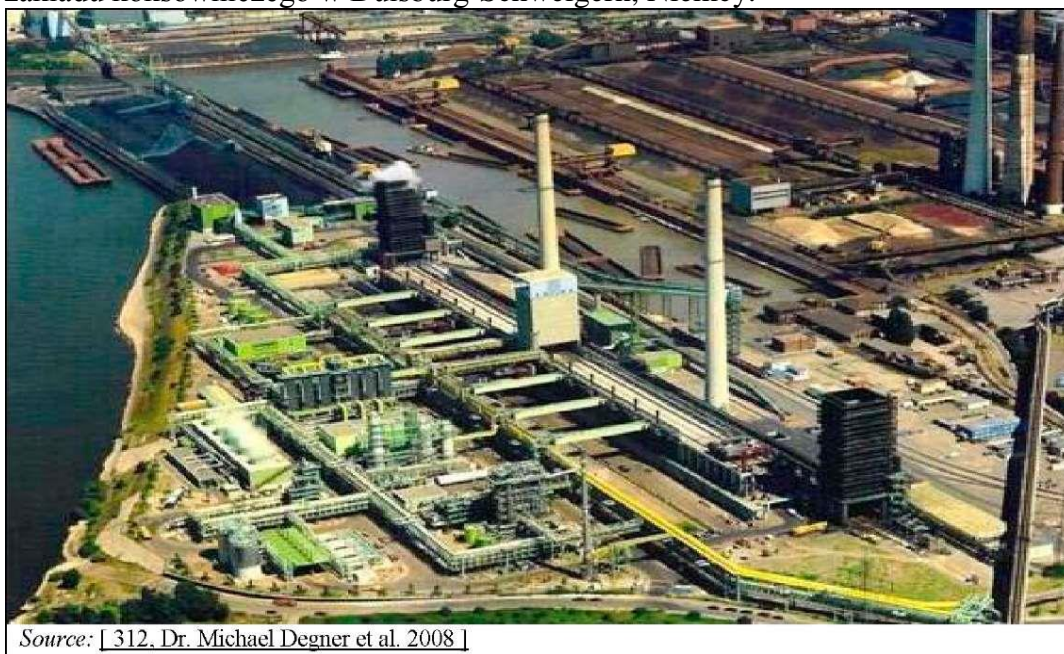
Piroliza węgla oznacza ogrzewanie węgla w wolnej od tlenu atmosferze celu wytworzenia koksu (ciało stałe), cieczy i gazów. Piroliza węgla w wysokiej temperaturze nazywana jest koksowaniem. W tym procesie spaliny powstałe w procesie opalania baterii mają zwykle temperaturę 1150–1350°C i przeponowo ogrzewają węgiel do temperatury 1000–1100°C przez okres 14–28 godzin. Czas trwania procesu zależy na przykład od szerokości komory (w przypadku bocznego ogrzewania), gęstości wsadu i od jakości produkowanego koksu (np. używanego w odlewniach lub w wielkich piecach). Najważniejszym czynnikiem redukującym w produkcji surówki jest koks, który usuwa tlen albo pośrednio, przez tworzenie dwutlenku węgla lub bezpośrednio - zużywając węgiel, który jest składnikiem koksu. Zgazowanie koksu służy także do dostarczania ciepła potrzebnego do procesu redukcji. Koks funkcjonuje zarówno jako materiał nośny i jako złożo, przez który przepływają gazy w słupie przetworowym. Koks nie może być całkowicie zastąpiony przez węgiel lub inne paliwa.

Tylko niektóre węgle, np. koksujące lub bitumiczne, z odpowiednimi właściwościami plastycznymi, mogą być przekształcone na koks, i tak jak w przypadku rud, kilka typów węgla może być mieszanych w celu zwiększenia wydajności wielkiego pieca i wydłużenia czasu pracy baterii koksowniczej. Inne materiały zawierające węgiel mogą być również stosowane w niewielkich ilościach (np. koks naftowy (petrolcoke), stosuje się rozdrobnione opony gumowe) pod warunkiem, że nie będzie to miało negatywnego wpływu na środowisko. Olej lub pozostałości olejowe dodaje się w celu lepszego zagęszczenia węgla.

5.1 Stosowane procesy i techniki

[204, Neuwirth et al. 2003] [207, Ameling et al. 2004] [320, Eurofer 2007]

Podstawowy projekt nowoczesnych pieców koksowniczych został opracowany w 1940. Piece miały około 12 m długości, 4 m wysokości i 0,5 m szerokości i zostały wyposażone w drzwi po obu stronach. Doprowadzone powietrze było wstępnie podgrzane przez gorące gazy spalinowe; odzysk ciepła odpadowego umożliwiał uzyskanie wyższych temperatur i zwiększał szybkość koksowania. Od lat czterdziestych proces był zmechanizowany i materiały stosowane w budowie pieców były ulepszone bez istotnych zmian konstrukcyjnych. Baterie mogą zawierać do 70 pieców, tak dużych jak 14 m długości i 6 m wysokości. Ze względu na kwestie wymiany ciepła, szerokości pozostały na poziomie między 0,3 i 0,6 m. Każda komora w baterii może pomieścić do 30 ton węgla. Niektóre niedawno wybudowane koksownie zwiększyły jeszcze wymiary. Na przykład, komory koksownicze używane w Duisburg-Schwelgern, Niemcy (patrz rysunek 5.1), które zostały oddane do eksploatacji w 2003 roku, mają około 20 m długości, 8,3 m wysokości i 0,59 m szerokości, a każda komora ma pojemność do około 70 ton węgla. Rysunek 5.1 przedstawia zdjęcie zakładu koksowniczego w Duisburg-Schwelgern, Niemcy.



Source: [312, Dr. Michael Degner et al. 2008]

Rysunek 5.1 Zdjęcie koksowni w Duisburg-Schwelgern, Niemcy.

Zmiany w ostatnich latach były również przeprowadzane szczególnie w celu zminimalizowania emisji z procesów i poprawy warunków pracy operatorów.

Poza poziomą komorą koksowniczą jak opisano wcześniej tzw. "odzyskujące ciepło" koksownictwo zyskało na znaczeniu w ostatnich latach, ale ta technika do tej pory nie jest stosowana w Europie. Proces koksowania odzyskujący ciepło potrzebuje systemu pieców, które różnią się wyraźnie w konstrukcji w porównaniu z konwencjonalnymi systemami poziomych komór.

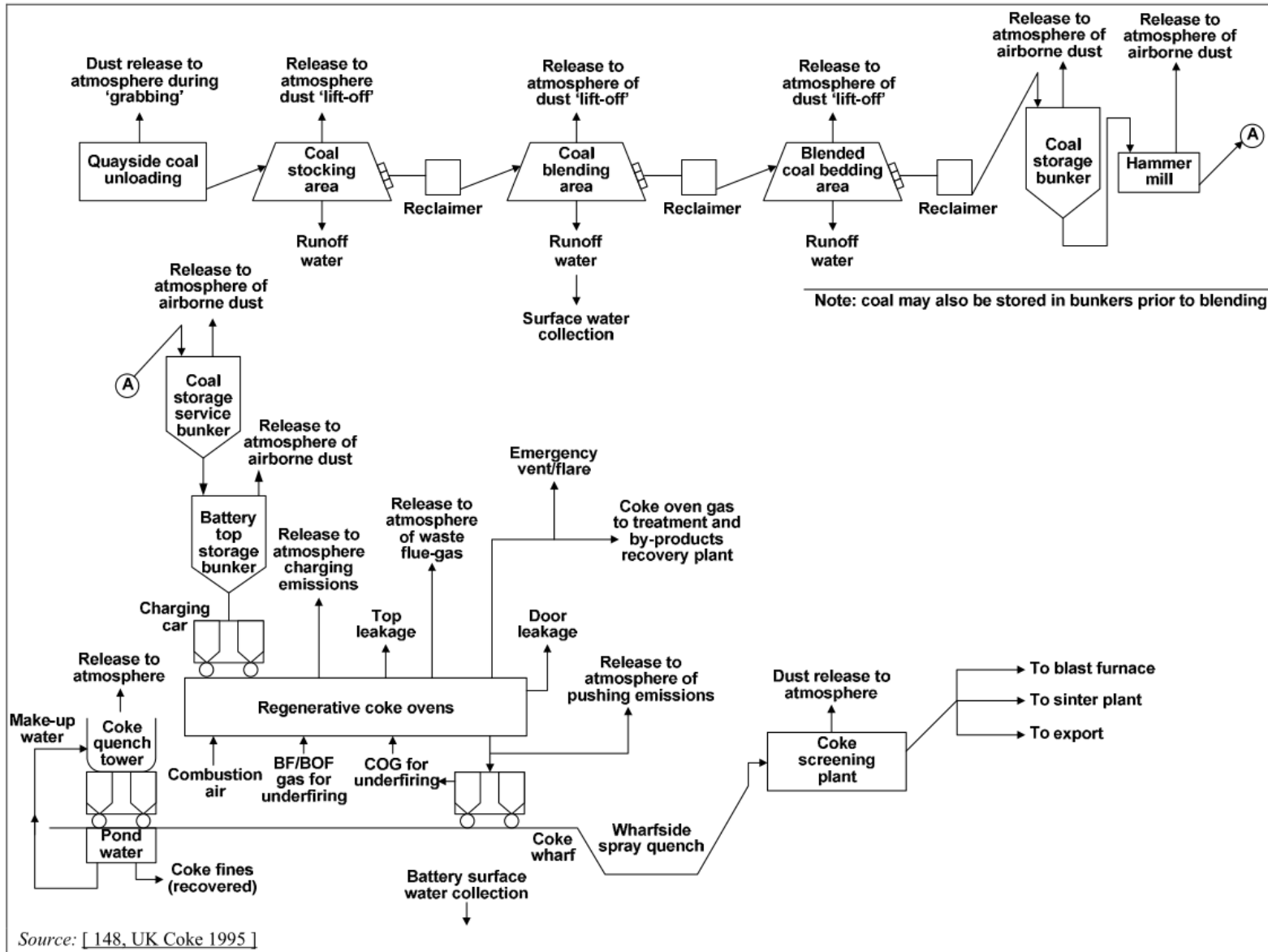
Proces koksowania może być podzielony na:

- przeładunek i przygotowanie węgla
- zespołów operacje w baterii (załadunek węgla, ogrzewanie/opalanie baterii, koksowanie, wypychanie koksu, gaszenie koksu)
- przeładunek (wyładowanie, przechowywanie, transport) i przeróbka koksu
- odbiór i oczyszczanie gazu koksowniczego (COG) z odzyskiwaniem i oczyszczaniem produktów ubocznych w przypadku konwencjonalnej koksowni,

- odzyskiwanie ciepła z koksowania i oczyszczania gazów spalinowych, w przypadku koksowni odzyskującej ciepło

W celu dokładniejszego opisanie obróbki ścieków (pochodzących z obróbki gazu koksowniczego), opisany jest tu również przepływ strumieni wody w konwencjonalnym procesie koksowania.

Rysunek 5.2 przedstawia uproszczony schemat całej sekwencji operacji i procesów koniecznych do produkcji koksu (pokazując źródła emisji). Główne etapy procesu, o których mowa powyżej, są opisane bardziej szczegółowo poniżej.



EN	PL
Dust release to atmosphere during "grabbing"	Uwalnianie pyłu do atmosfery podczas "rozładunku"
Release to atmosphere dust "lift off"	Uwalnianie do atmosfery pyłu "podniesionego"
Release to the atmosphere of airborne dust	Uwalnianie do atmosfery pyłu unoszonego
Quayside coal unloading	Nadbrzeżny rozładunek węgla
Coal stocking area	Zwał węgla
Coal blending area	Obszar mieszania węgla
Blended coal bedding area	Obszar przechowywania zmieszanego węgla
Coal storage bunker	Zbiornik magazynowy węgla
Runoff water	Woda odpływowa
Reclaimer	pobieranie węgla
Surface water collection	Zbieranie wód powierzchniowych
Coal storage service bunker	Zbiornik do przechowywania węgla
Release to atmosphere charging emissions	Uwalnianie do atmosfery emisji powstałych przy przeładowywaniu
Emergency vent/flare	Pochodnia/zawór bezpieczeństwa
Door leakage	Wyciek przez drzwi
Coke quench tower	Wieża do gaszenia (chłodzenia) koksu
Pond water	Basen wodny
COG for underfiring	COG do opalania
Coke wharf	Zrzytnia koksu
Coke screening plant	Sortownia
To blast furnace	Do wielkiego pieca
To sinter plant	Do spiekalni
To export	Na sprzedaż
Hammer mill	Młyn młotkowy

Rysunek 5.2: Typowy schemat przepływu (blokowy) zakładu koksowniczego przedstawiający źródła emisji

5.1.1 Przeładunek i przeróbka węgla

[223, USEPA 2001] [320, Eurofer 2007]

Przeładunek i przeróbka węgla obejmuje następujące etapy:

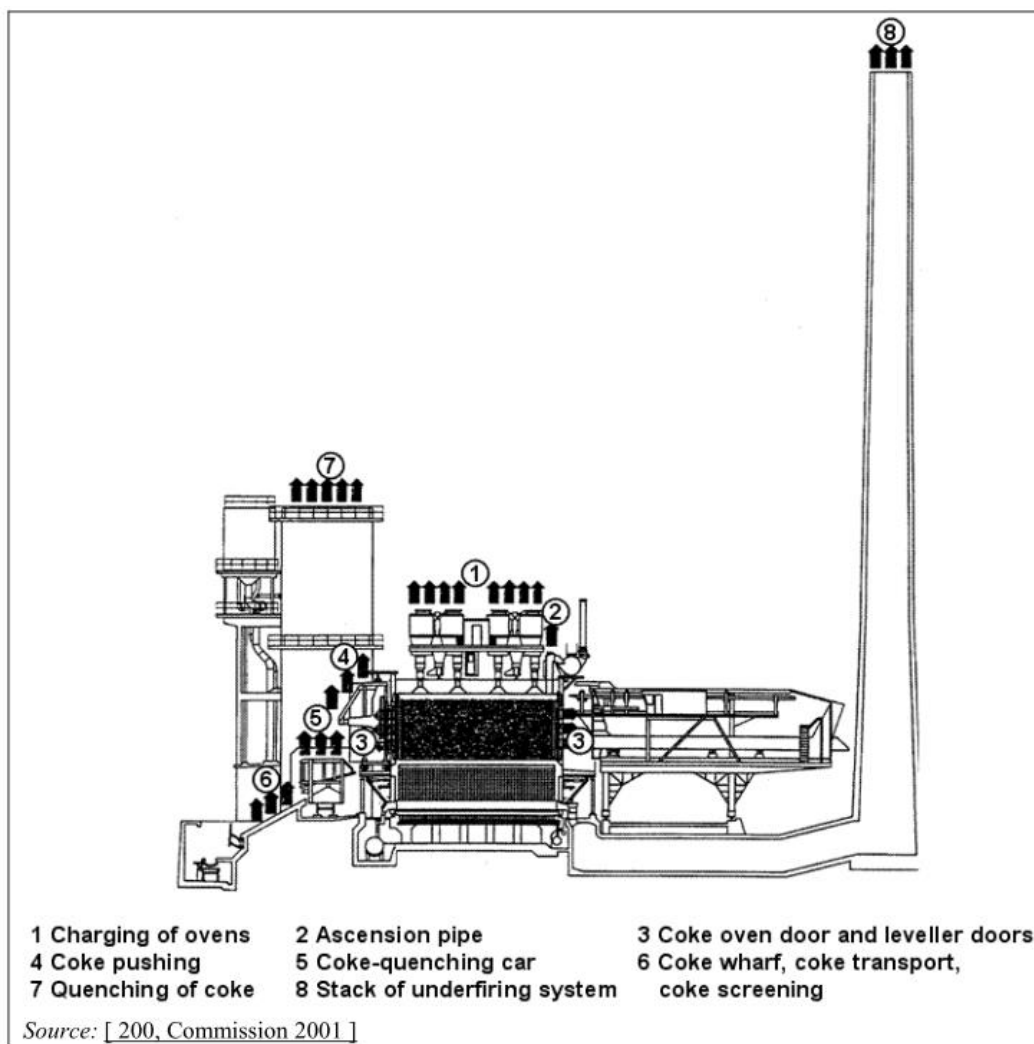
- Rozładunek węgla: węgiel jest rozładowywany ze statków lub wagonów kolejowych do systemu transportowego lub do przechowywania. Zazwyczaj używane są duże żurawie z czerpakami. Wiatr oraz prowadzone operacje mogą powodować emisję pyłu węglowego.
- Magazynowanie węgla: koksownie posiadają zazwyczaj składowiska węgla o dużych powierzchniach. Wiatr może powodować emisję pyłu węglowego. Należy zwrócić uwagę na przeróbkę (sedymentację) odcieków (wody opadowej z deszczu i wody natryskowej).
- transport węgla: transport węgla przez przenośnik, możliwe punkty przeładunku na zewnątrz budynków i transportu drogowego powinny być brane pod uwagę
- przygotowanie węgla: obejmuje rozdrabnianie i mieszanie, co może prowadzić do emisji pyłów. Węgiel do koksowania jest przygotowany przez rozdrabnianie go w taki sposób, że 80 - 90% węgla przechodzi przez sito o oczku 3,2 mm. W trakcie mieszania, substancje pochodzące z recyklingu, takie jak smoła mogą być dodawane, co może prowadzić do emisji lotnych związków
- załadunek wieży węglowej (może wystąpić emisja pyłu węglowego)
- załadunek wozu zasypowego (może wystąpić emisja pyłu węglowego)
 - obsługa dwóch ciągów sporządzania mieszanki, które mogą być napełniane i opróżniane naprzemiennie. Kiedy jeden ciąg jest napełniany, mieszanka węglowa z drugiego ciągu – za pomocą specjalnych skrobaków – jest dostarczana do wieży węglowej. W takiej instalacji stosuje się ciągły natrysk wody na zmagazynowany węgiel oraz kontroluje się jego wysokość składowania.

5.1.2 Operacje w baterii koksowniczej

Operacje w baterii koksowniczej obejmują:

- załadunek węgla
- ogrzewanie/opalanie komór
- koksowanie
- wypychanie koksu
- gaszenie koksu

Operacje te dominują wśród emisji z koksowni. Dlatego też są one opisane bardziej szczegółowo, łącznie z informacjami na temat źródeł emisji. Rysunek 5.3 przedstawia schemat baterii i pokazuje główne źródła emisji.



Charging of ovens	Ładowanie pieców
Coke pushing	Wypychanie koksu
Quenching of coke	Gaszenie koksu
Ascension pipe	Rura wznosna
Coke-quenching car	Wóz gaśniczy
Coke oven door and leveller doors	Drzwi pieca koksowniczego i drzwi drąga wyrównawczego
Stack of underfiring system	Komin z opalania baterii
Coke wharf, coke transport, coke screening	Zrzutnia koksu, transport koksu, sortowanie koksu

Rysunek 5.3 Schemat bateii koksowniczej pokazujący główne źródła emisji

5.1.2.1 Załadunek węgla

[320, Eurofer 2007] [102, Eurofer 2008]

Istnieje wiele technik załadunku pieców koksowniczych rozdrobnionym węglem (80 - 90% ziaren o średnicy <3,2 mm) przez otwory zasypowe. Najczęstszą techniką jest zasyp grawitacyjny za pomocą wozów zasypowych (patrz rysunek 5.4). Proces ładowania rozpoczyna się przez podnoszenie pierwszej pokrywy otworu zasypowego i kończy się zamknięciem pokrywy ostatniego otworu zasypowego. Cały proces trwa około 2 do 3 minut, podczas gdy sam proces zasypu zajmuje około 45 do 60 sekund, w zależności od wielkości komory. To może być równoczesne, sekwencyjne lub etapowe ładowanie przez regulowanie

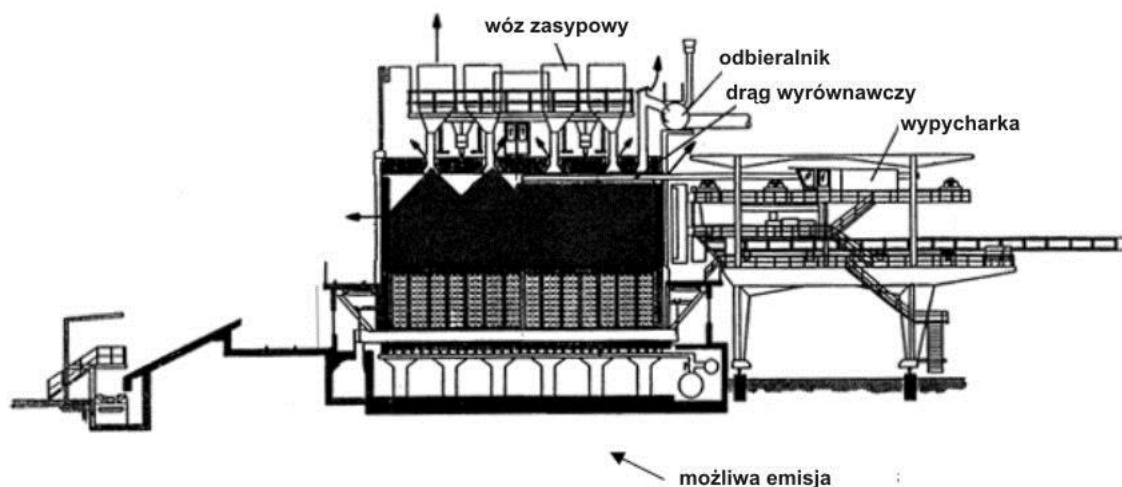
szybkości podajników ślimakowych lub poziomych obrotnic. Inne systemy, takie jak zasyp rurociągiem lub system ubijany również są stosowane.

W systemie ubijanym, ładowanie odbywa się po stronie maszynowej przez otwarte drzwi baterii koksowniczej. Dwa systemy ubijanej techniki obsadzania są stosowane w zakładach koksowniczych w następujący sposób:

- w klasycznej technice ubijanej, urządzenie do ładowania składa się z zasobnika węglowego i skrzyni nabojujowej, która przenosi po każdym obsadzeniu. Mieszanka węgla niezbędna dla wypełnienia jednej komory koksowniczej jest ładowana z podajnika do skrzyni nabojujowej, gdzie jest ubijana, a następnie jest ładowana do komory koksowniczej
- nowy sposób ubijania węgla jest "stacjonarne ubijanie". Zespół ubijarek zainstalowany jest pod wieżą węglową, a jego zadaniem jest dostarczenie i ubicie wsadu węglowego w skrzyni nabojujowej wsadnicy. Wsadnica jest ruchomą maszyną, której głównym zadaniem jest załadunek ubitego placka węglowego do komory w baterii koksowniczej.

Zaletą systemu ubijanego jest to, że nawet przy niskiej jakości węgla może być produkowany koks wysokiej jakości. Ubijanie węgla we wsadnicy trwa od 4 do 17 minut. Gęstość tak przygotowanego wsadu jest od 20 do 50% większa niż gęstość węgla w systemie zasypowym. Ponadto „stacjonarne ubijanie” pozwala na zwiększenie efektywności pracy zespołu ubijarek, a wsadnica jest mniejsza i lżejsza niż wsadnica z klasycznej techniki ubijania.

Niezależnie od systemu, przepływ węgla musi być pod kontrolą. Ogólne środki są podane dla wszystkich tych systemów. Celem tych działań jest osiągnięcie "bezdymnego" ładowania (ładowanie ze zredukowanymi emisjami).



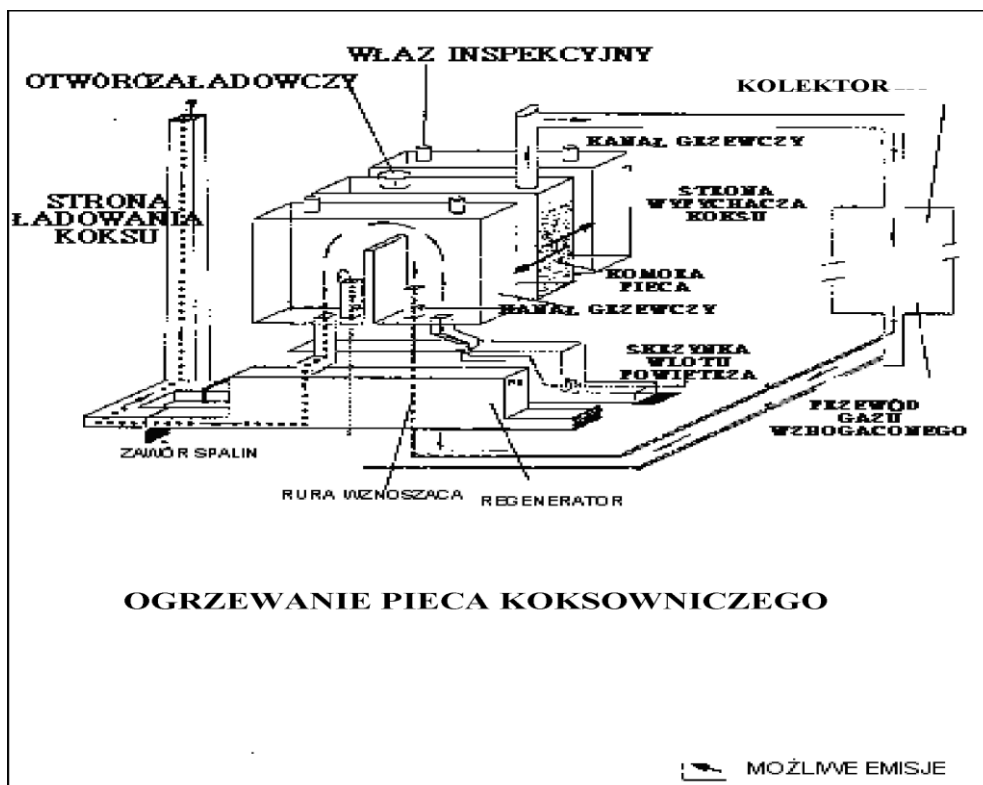
Rysunek 5.4 Schemat procesu zasypu węglem komory pieca koksowniczego przy zastosowaniu wozu zasypowego pokazujący punkty emisji

5.1.2.2 Ogrzewanie/opalanie komór [223, USEPA 2001] [320, Eurofer 2007]

Poszczególne komory koksownicze są oddzielone ścianami grzewczymi. Wszystkie komory zbudowane są z cegieł wykonanych z krzemionkowych materiałów ogniotrwałych. Te ściany grzewcze składają się z licznych kanałów grzewczych z dyszami do podawania paliwa oraz z co najmniej jednego pola wlotowego powietrza, w zależności od wysokości ściany pieca koksowniczego. Średnia temperatura kształtki z dyszą, charakteryzująca pracę kanału

grzewczego jest zwykle ustawiana na wartość między 1150 i 1350°C. Zazwyczaj, jako paliwo stosowany jest oczyszczony gaz koksowniczy, ale inne gazy, takie jak (wzbogacony) gaz wielopieczowy również mogą być stosowane. Oczyszczony gaz koksowniczy ma wartość kaloryczną około 17 540 kJ/m³ a mieszanki paliwowe mają około 4 200 kJ/m³.

W celu poprawy efektywności energetycznej, regeneratory znajdują się bezpośrednio pod piecami, wymieniając ciepło z gazów spalinowych do powietrza do spalania i / lub gazów procesowych. Rysunek 5.5 przedstawia schemat systemu ogrzewania pieca koksowniczego wraz z punktami emisji. Jeśli ściany grzewcze nie są całkowicie gazoszczelne z powodu pęknięć, gaz koksowniczy wytwarzany podczas koksowania przedostaje się do gazów spalinowych i spowoduje niepełne spalanie, co w konsekwencji da emisję w kominie. W celu zapoznania się z mechanizmami i produktami i osadzania się sadzy w wyniku niepełnego spalania benzenu patrz [213. Bittner et al.1983] i [214. Richter et al. 2000].



Rysunek 5.5 Schemat systemu ogrzewania pieca koksowniczego pokazujący punkty emisji.

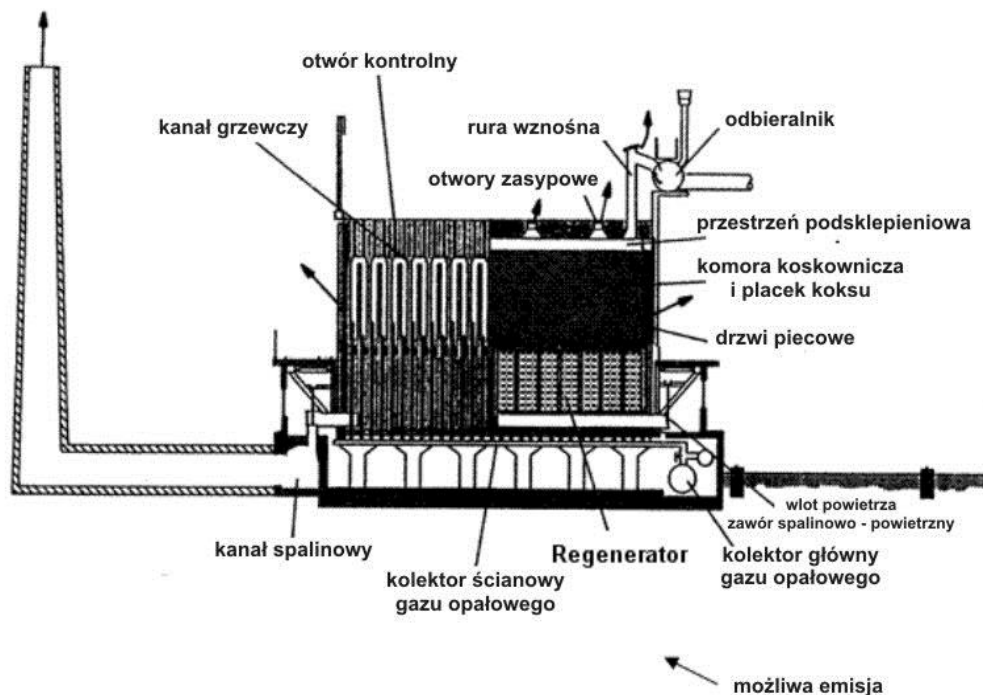
Przedstawione rozwiązanie dotyczy jednostopniowego spalania gazu, podczas gdy najnowocześniejsze zakłady posiadają system spalania wielostopniowego; surowy gaz koksowniczy stosowany jako paliwo jest zwykle przedtem odsiarczany.

5.1.2.3 Koksowanie

Proces koksowania rozpoczyna się bezpośrednio po załadunku węgla. Wilgoć odprowadzona stanowi około 8 - 15% załadowanego węgla. Oprócz wilgoci, wytwarzany jest gaz koksowniczym. Całkowita ilość substancji lotnych wynosi około 25% [320, Eurofer 2007]. Surowy gaz koksowniczy (COG) jest odprowadzany rurami wzośnymi do odbieralnika. Wysoka wartość opałowa tego gazu oznacza, że po oczyszczeniu może być stosowany jako paliwo (na przykład do ogrzewania baterii). Węgiel ogrzewa się za pomocą opisanego powyżej systemu podgrzewania / opalania i pozostaje on w piecu koksowniczym, aż środek wsadu osiągnie temperaturę 1000 - 1100 °C.

Całkowity czas trwania procesu koksowania trwa około 14 - 28 godzin, w zależności np. od szerokości pieca (w przypadku ogrzewania bocznego), gęstości węgla kamiennego i od oczekiwanej jakości koksu (np. zastosowanie w odlewniach lub wielkich piecach hutniczych) [207 Ameling in. 2004] [223, US EPA 2001]. Czas koksowania jest określany przez mieszankę węgla, zawartość wilgoci, szybkość spalania i pożądane właściwości (np. koks odlewniczy wymaga więcej czasu niż koks wielkopiecowy). Jeśli czas koksowania nie jest właściwy, powstaje koks „niewygarowany”. Koks niewygarowany jest produktem niskiej jakości i jest nieakceptowany przez klientów [223, US EPA 2001]

Rysunek 5.6 przedstawia główne źródła emisji podczas koksowania. W związku z dodatnim ciśnieniem (10 - 15 mm H₂O kolumna na 5 - 7 m wysokości pieca) w komorach koksowniczych, emisje mogą być przez drzwi, emisje z otworów zasypowych i rur wznosnych, a także, w przypadku pęknięcia ścian, emisje z niekompletnie spalanego COG (patrz rozdział 5.1.2.2) [320, Eurofer 2007]

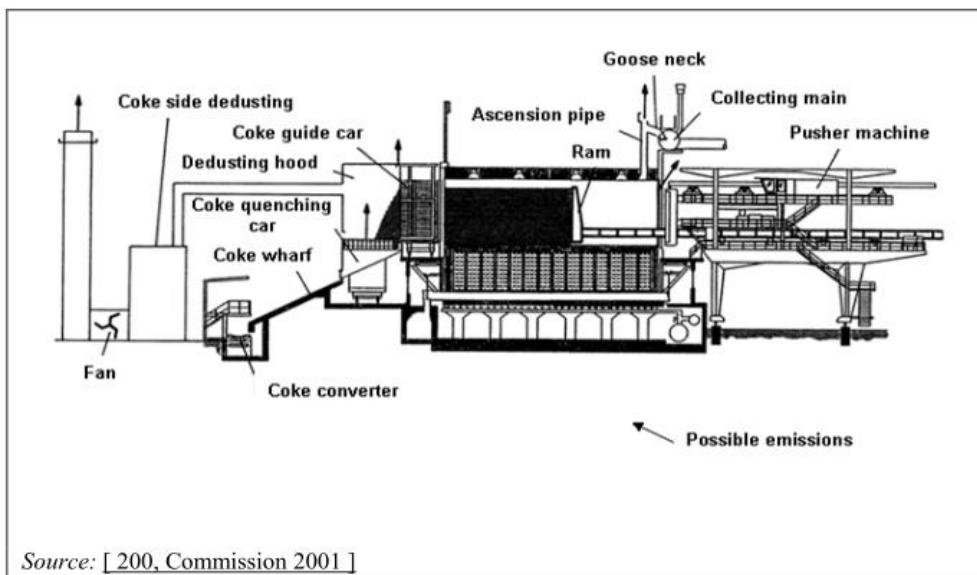


Rysunek 5.6 – Schematy komory koksowniczej pokazujący możliwe punkty emisji podczas koksowania (wskazany przez strzałki).

Na ogół, wydajność koksu zmienia się od 700 do 800 kg suchego koksu / t suchego węgla i produkcja gazu mieści się w przedziale od 140 do 200 kg gazu/ t suchego węgla. Jednakże należy zauważyć, że wydajność koksu i wytwarzanie COG i skład zależą w dużym stopniu od składu węgla i czasu koksowania.

5.1.2.4 Wypychanie koksu

W pełni wygarowany koks jest wypychany z pieca na wóz gaśniczy poprzez wóz przelotowy za pomocą drąga wypychowego wypycharki w czasie krótszym niż 1 minuta (patrz rysunek 5.7) [223, USEPA 2001]. Kontakt z tlenem atmosferycznym powoduje, natychmiastowe zapalenie się koksu.



Coke side dedusting	Odpylanie strony koksowej
Cokeguide car	Wóz przelotowy
Dedusting hood	Kaptur odpylania
Coke quenching car	Wóz gaśniczy
Coke wharf	Zrzutnia koksu
Ascension pipe	Rura wznosząca
Ram	Drąg wypychowy
Collecting main	Odbieralnik
Pusher machine	Wypycharka
Possible emissions	Możliwe emisje

Rysunek 5.7. Wypychanie wygarowanego koksu z pieca koksowniczego do wozu gaśniczego pokazujący punkty emisji.

5.1.2.5 Gaszenie koksu

Zasadniczo istnieją dwa sposoby gaszenia rozżarzonego koksu z pieca koksowniczego: gaszenie na mokro i gaszenie na sucho [320, Eurofer 2007] [334, Eurofer 2007]. Podczas stosowania mokrego gaszenia wóz gaśniczy transportuje gorący koks do wieży gaśniczej. Mokre gaszenie zużywa duże ilości wody. Temperatura koksu jest zmniejszona z 1100 do 80°C, aby uniknąć spalania [223, USEPA 2001]. Frakcja wody, które nie odparowują mogą być gromadzone i używane w następnej partii, tym samym zmniejszając zużycie wody [320 Eurofer 2007].

Przy stosowaniu suchego chłodzenia, wóz gaśniczy zabiera rozpalony koks do pionowej komory gaszącej (chłodzącej). Obojętny gaz gaszący krąży w komorze, która jest izolowana od atmosfery, co zapobiega spalaniu podczas chłodzenia koksu. Gaz chłodzi się w wymienniku ciepła w celu odzyskania energii cieplnej.

5.1.3 Przeladowywanie i przeróbka koksu

Po schłodzeniu (gaszeniu), koks można przechowywać w stosach do magazynowania skąd są transportowane przez przenośniki (z punktów przeladunkowych), transportem drogowym, szynowym lub ich dowolną kombinacją do osobnego budynku w celu rozdrobnienia i przesiewania. W dolnej części wieży mokrego chłodzenia, drobna frakcja (koksik) osadza się i jest transportowana bezpośrednio do taśmy spiekalniczej lub odkładana do procesu spiekania [227, WB 1998].

Duże frakcje (20 - 70 mm) stosuje się w wielkim piecu lub są sprzedawane na rynku [320 Eurofer 2007] [321, Eurofer 2007]. Niewielkie frakcje (<20 mm) stosuje się do procesu spiekania w hutach, te ostatnie w celu umożliwienia większej szybkości dodawania złomu.

Z powodu szczególnych wymagań dla procesu spiekania i procesu wielkopieczowego, frakcje te poddawane są dalszemu rozdrabnianiu w celu uzyskania wymaganej wielkości.

5.1.4 Oczyszczanie gazu koksowniczego

[206, Diemer et al. 2004] [223, USEPA 2001]

Zasadniczo istnieją dwie opcje postępowania z dużą ilością generowanego gazu koksowniczego.

- w pierwszym przypadku, gaz koksowniczy jest całkowicie zbierany i dalej przetwarzany przez oczyszczanie i odzysk produktów ubocznych. Oczyszczony gaz koksowniczy (po usunięciu ekonomicznie cennych produktów ubocznych) jest wewnątrz lub zewnątrz stosowany przez inne oddziały hut jako paliwo w bateriach koksowniczych, nagrzewnicy nadmuchu (cowper), wielkich piecach, do ogrzewania pieców zapłonowych w spiekalniach, do pieców grzewczych w walcowniach i do wytwarzania energii elektrycznej w elektrowniach.
- w drugim przypadku, proces odzyskiwania ciepła, surowy gaz koksowniczy jest spalany bezpośrednio u źródła w reaktorze koksowniczym poprzez ostrożny dopływ powietrza i dalsze czynności odzyskiwania nie są konieczne. Wytworzone ciepło jest częściowo wykorzystywane do procesu koksowania. Nadmiar energii następnie jest przekształcany w parę i / lub energię elektryczną. Odzysk ciepła procesu koksowania działa z powodzeniem w Stanach Zjednoczonych od 1998 roku.

Pierwszy przypadek jest opisany bardziej szczegółowo poniżej, jako, że jest to powszechnie stosowana technika w Europie.

Inną możliwością jest użycie oczyszczonego gazu koksowniczego jako surowca w syntezie chemicznej metanolu lub do wydzielenia wodoru. W Chinach jest eksploatowanych około 10 instalacji do produkcji metanolu o zdolności produkcyjnej 70 - 200 000 ton / rocznie każda. Przykładem jest instalacja w Fabryce Koksowniczej Shaanxi Heimaohancheng. Synteza metanolu z gazu koksowniczego, po jego głębokim odsiarczeniu jako jednostopniowy proces w reaktorze ze złożem stałym jest techniką rozwiniętą przez Drugi Instytut Wzornictwa Przemysłu Chemicznego (SEDIN), który działa od 2006 roku.

5.1.4.1 *Odbiór i oczyszczanie gazu koksowniczego (COG) z odzyskiem produktów ubocznych*

Surowy gaz koksowniczy jest stosunkowo wysoko kaloryczny z powodu obecności wodoru, metanu, tlenku węgla i węglowodorów. Ponadto, surowy gaz koksowniczy zawiera wartościowe produkty, takie jak smoła, benzol (zawierający głównie BTX (benzen, toluen, ksylen)), siarkę i amoniak. Tabela 5.1 pokazuje skład surowego gazu koksowniczego. Z kilku powodów, gaz koksowniczy musi zostać oczyszczony przed wykorzystaniem go jako paliwa.

Tabela 5.1 Skład i wydajność surowego gazu koksowniczego.

Surowy gaz	Wartości	Jednostki
Wydajność/uzysk	280 - 450	m ³ /t węgla
Gęstość	0,42 – 0,65	kg/Nm ³
Wartość opałowa dolna	17,4 - 20	MJ/Nm ³
H ₂	39 - 65	vol-%
CH ₄	20 - 42	vol-%
C _x H _y ⁽¹⁾	2,0 – 8,5	vol-%
CO	4,0 – 7,0	vol-%
H ₂ S	4 - 12	g/Nm ³
CO ₂	1 - 3	vol-%
BTX	20 - 30	g/Nm ³
NH ₃	6 - 8	g/Nm ³
WWA	NA	mg/Nm ³

(¹) C_xH_y jest głównie etylenem i etan. Inne to cyklopentadien, propan, propylen, butan, acetylen i penten. Olej smołowy, kwasy smołowe (C_xH_yOH), zasady smołowe (C_xH_yN), ciężkie węglowodory, i benzol są usuwane jako produkty płynne podczas chłodzenia. Tlen, azot i para wodna również pojawiają się w składzie surowego gazu koksowniczego. WWA (np. naftalen, fenantren, benzopiren), związki azotu (np. pirydyna, HCN, (CN)₂) i inne związki siarki (np. COS, CS₂, tiofeny) pojawiają się również.

Uwaga: — Wszystkie podane dane są oparte na materiale wejściowym suchego węgla.
dn = dane niedostępne

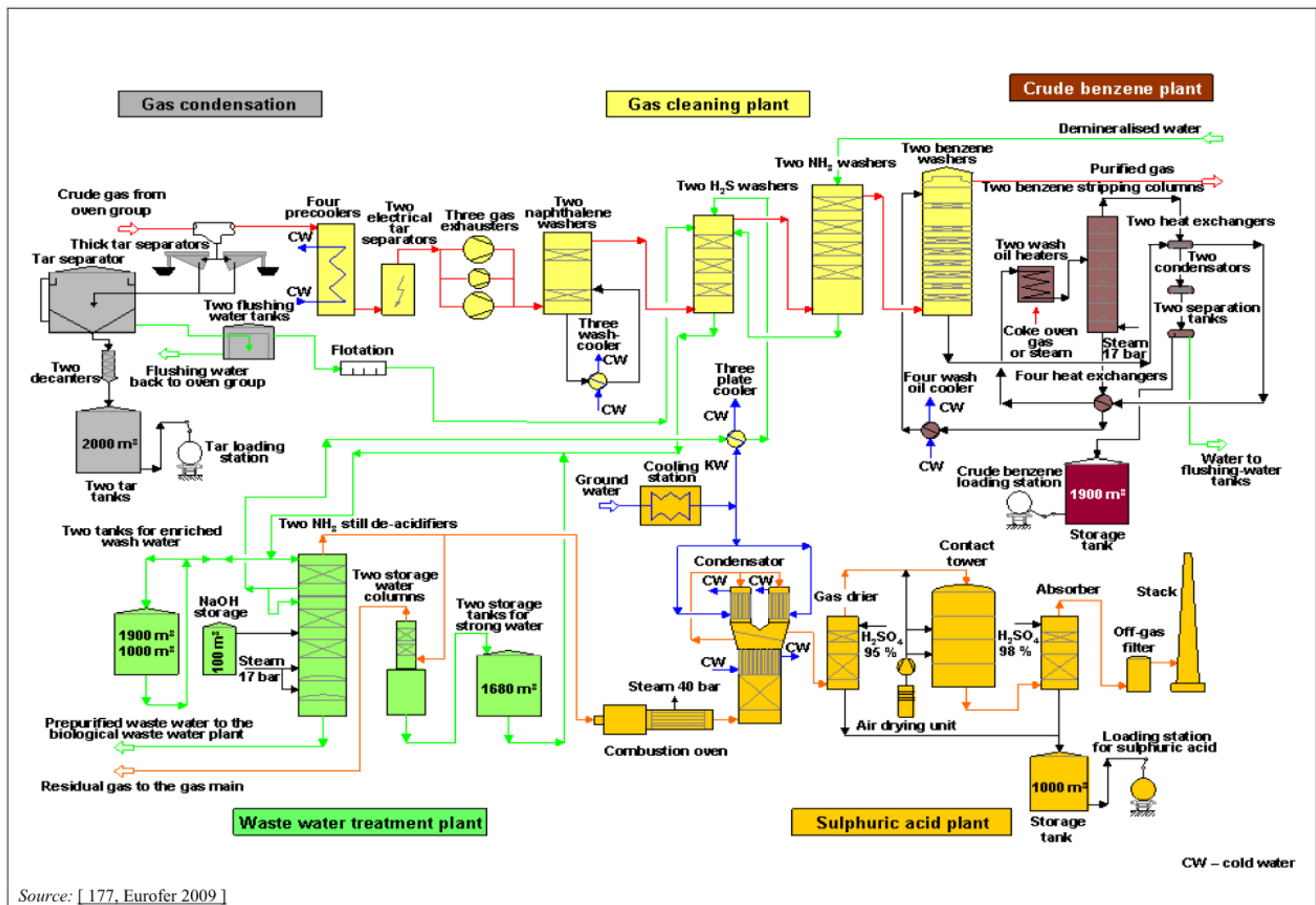
Źródło: [65, InfoMil 1997] [206, Diemer et al. 2004] [223, USEPA 2001] [276, Italy 2007] [320, Eurofer 2007] [322, Eurofer 2007].

Skład gazu koksowniczego zależy od czasu koksowania i składu mieszanki węglowej. Wszystkie dane odnoszą się do węgla w stanie suchym i bezpopiołowym. Smoła i naftalen w surowym gazie mogą zanieczyszczać rurociągi i urządzenia i powinny one zostać usunięte w pierwszej kolejności. Na każdą tonę wyprodukowanego koksu, można odzyskać około 25 do 45 kg smoły [223, US EPA 2001]. Niektóre produkty mogą być odzyskane ze smoły np. pak., olej antracenowy, olej płuczkowy, olej naftalenowy, olej karbolowy (fenol) i olej lekki [320, Eurofer 2007].

Związki siarki i amoniak mogą spowodować korozję orurowania i urządzeń, a związki siarki są źródłem emisji SO₂, gdy surowy, nieoczyszczony gaz koksowniczy COG jest wykorzystywany jako paliwo. Na każdą tonę wyprodukowanego koksu, wytwarza się około 3 kg amoniaku i 2, 5 kg H₂S.

W niektórych przypadkach BTX jest odzyskiwany z surowego gazu koksowniczego jako cenny produkt uboczny. Do 15 kg benzolu można odzyskać w przeliczeniu na tonę wytwarzanego koksu. Benzol zawiera benzen, toluen, ksylen, związki niearomatyczne, homologiczne związki aromatyczne, fenole, zasady pirydynowe i inne związki organiczne, takie jak wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA)

Rysunek 5.8: Typowy schemat oczyszczania gazu koksowniczego z odzyskiem produktów ubocznych.. Główne etapy procesu opisano poniżej.



Source: [177, Eurofer 2009]

Piec Jewell-Thompson
 crude gas from oven group - surowy gas z baterii

thick tar separator - separator gęstej smoły
tar separator - separator smoły,
two flushing water tanks- dwa zbiorniki wody pogazowej
floatation - flotacja
two electrical tar separators- dwa elektryczne separatory smoły
gas condensation - kondensacja gazu
gas cleaning plant - instalacja do oczyszczania gazu
three gas exhausters - trzy ssawy gazu
two naphthalene washers - dwie płuczki naftalenu
two H₂S washers - dwie płuczki H₂S
two benzene washers - dwie płuczki benzenu,
demineralised water - woda demineralizowana,
purified gas - oczyszczony gaz
coke oven gas or steam - gaz koksowniczy lub para
four heat exchangers - cztery wymienniki ciepła
two condensators - dwa kondensatory
two separation tanks - dwa zbiorniki oddzielające
tar loading station- punkt załadunku smoły
two tar tanks - dw zbiorniki smoły
two tanks for enriched wash water - dwa zbiorniki na wzbogaconą wodę do płukania
purified waste water to the biological waste water plant - oczyszczone ścieki do biologicznej oczyszczalni ścieków
waste water treatment plant - oczyszczalnia ścieków
sulphuric acid plant - instalacja do kwasu siarkowego
storage tank - zbiorniki od przechowywania
absorber - absorber
condensator - kondensator
gas drier - suszarka gazu
contact tower -wieża stykowa
off-gas filter - filtr gazu wylotowego
stack - komin
air drying unit - jednostka osuszania
combustion oven - piec do spalaia
ground water - woda gruntowa

Rysunek 5.8: Typowy schemat oczyszczalni COG z odzyskiem produktów ubocznych.

5.1.4.2 *Chłodzenie gazu*

Surowy gorący gaz z pieca wchodzi do rur wznoszących w temperaturze ok. 1000°C. Gaz chłodzony jest za pomocą różnych cieczy. Rysunek 5.9 przedstawia schemat przykładowego przepływu wody w koksowni. Jednak istnieje wiele innych układów alternatywnych.

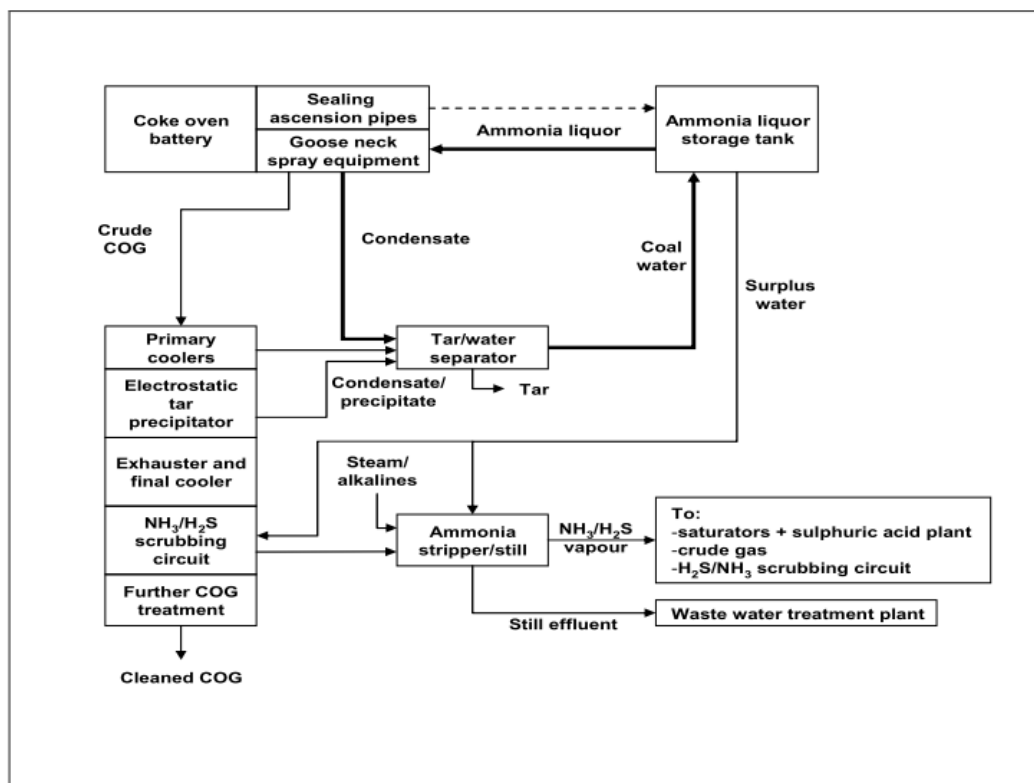
W kolanie, jest on bezpośrednio chłodzony przez natrysk wody amoniakalnej do temperatury nasycenia pary około 80 ° C. Wymaga to 2 - 4 m³ roztworu amoniaku na każdą tonę skoksowanego węgla.

Faza ciekła złożona z zastosowanego roztworu amoniaku i produktów kondensacji wilgoci węgla i wody pirogenicznej jest doprowadzana do separatora smoły / wody, podczas gdy w fazę gazową kieruje się do wstępnych chłodnic. Kiedyś wstępne chłodnice zwykle były eksploatowane jako systemy otwarte. Obecnie, zamknięte układy chłodzenia przeponowego są bardziej powszechne. Gdy dysponuje się odpowiednią ilością wody do chłodzenia o odpowiedniej temperaturze, gaz może być schłodzony do temperatury poniżej 20°C, przy umiarkowanej temperaturze otoczenia. W tych warunkach, większość związków z wyższą temperaturą wrzenia i woda z parowej frakcji gazowej ulegają kondensacji [320, Eurofer 2007].

Krople smoły i cząstki stałe są wytrącane w kolejnych elektrofiltrach smołowych (odsmalaczach) przed tym jak gaz dostaje się na płuczki. Przepływ zapewniają ssawy. Czasami filtry elektrostatyczne smoły są zainstalowane za ssawami. Osad z elektrofiltru smoły jest również doprowadzany do separatora smoły / wody.

Ssawy powodują sprężanie gazu i nawet wtedy, kiedy ciśnienie sprężonego gazu jest niewielkie, to - ze względu na wymagane warunki następnych etapów procesu - wzrost temperatury związany ze sprężaniem gazu koksowniczego jest niepożądany. Dlatego też niezbędne jest zastosowanie tak zwanych „chłodnic końcowych”.

Chłodnice końcowe mogą być przeponowymi lub bezprzeponowymi wymiennikami ciepła. W przypadku zastosowania chłodnicy bezpośredniej, woda chłodząca absorbuje zanieczyszczenia z gazu koksowniczego. W konsekwencji, na końcu cyklu chłodzenia gazu, podczas schładzania wody chłodzącej w chłodni kominowej lub wentylatorowej, nieuniknione jest generowanie emisji. Dlatego też do końcowego chłodzenia zwykle preferowane są systemy zamknięte, chociaż systemy chłodzenia otwartego nadal są stosowane w niektórych zakładach. [320, Eurofer 2007]



- Coke oven battery - bateria koksownicza
 Sealing ascension pipes – uszczelnienie rur wznosnych
 Gosse neck spray equipment – odbieralnik, urządzenia rozpylające
 Ammonia liquor - woda amoniakalne
 Ammonia liquor storage tank –zbiornik wody amoniakalnej
 Crude COG - surowy gaz koksowniczy
 Condensate – kondensat
 Coal water –woda pogazowa
 Surplus water –nadmiar wody
 Primary coolers – chłodnice wstępne
 Electrostatic tar precipitator –elektrostatyczny odsmalacz
 Exhauster and final cooler - ssawa, chłodzenie końcowe
 NH₃/H₂S scrubbing circuit - obwód wód płucnych NH₃/H₂S
 Further COG treatment –dalsze oczyszczanie gazu koksowniczego
 Cleaned COG – oczyszczony gaz koksowniczy
 Tar/water separator –separator smoła/woda
 Condensate/precipitate –kondensat/wykropliny
 Tar – smoła
 Steam/alkalines –para/alkalia
 Ammonia striper/still–kolumna odpędowa amoniaku
 Still effluent – woda odpędzona
 To: -saturators + sulphuric acid plant - Do: - sytników + instalacji kwasu siarkowego
 - crude gas –surowy gaz
 - H₂S/NH₃scrubbing circuit - obwodu wód popłucznych H₂S/NH₃
 west water treatmentplant - zakładowa oczyszczalnia ścieków

Rysunek 5.9 przedstawia schemat przykładowego przepływu wody w koksowni.

5.1.4.3 Odzyskiwanie smoły z gazu koksowniczego.

Większość wody i węglowodorów o wysokiej temperaturze wrzenia jest kondensowana podczas chłodzenia gazu koksowniczego. Kondensat z rur i odsmalacza elektrostatycznego

jest doprowadzany do separatora smoły/wody, gdzie smoła jest odzyskiwana. Faza wodna jest oddzielana jako tzw. „woda pogazowa” i doprowadzona do zbiornika wody amoniakalnej, a stamtąd woda nadmiarowa podawana jest na kolumnę odpędową amoniaku lub do płuczek H₂S.

Czasami, aby usunąć smołę gęstą z kondensatu, instaluje się tzw. zgarniacze. Oddzielone bryłki są zwykle zwracane z powrotem do wsadu węglowego.[320, Eurofer 2007].

5.1.4.4 Odsiarczanie gazu koksowniczego

Gaz koksowniczy zawiera siarkowodór (H₂S) i różne organiczne związki siarki (dwusiarczek węgla (CS₂), tlenosiarczek węgla (COS), merkaptany, itp.).Wszystkie aktualnie stosowane technologie mokrego odsiarczania są bardzo skuteczne w usuwaniu H₂S. Są one mniej skuteczne w usuwaniu związków organicznych siarki. Przemysłowe procesy odsiarczania gazu koksowniczego mogą być podzielone na dwie kategorie:

- procesy wykorzystujące mokre utleniania w celu produkcji siarki elementarnej (S⁰)
- procesy, które absorbują i rozkładają siarkowodór (H₂S) do dalszego przetwarzania na kwas siarkowy (H₂SO₄) lub siarkę elementarną.

Wszystkie procesy utleniania mokrego wykorzystują katalizator utleniania - redukcji w celu ułatwienia utleniania na mokro siarkowodoru do siarki elementarnej lub siarczanu. Wszystkie te sposoby charakteryzują się bardzo skutecznym usuwaniem siarkowodoru (sprawność > 99,9% do osiągnięcia stężenia resztkowego H₂S - 10 mg/Nm³, w zależności od stężenia wlotowego), ale mają tę wadę, że wytwarzają bardzo zanieczyszczone ścieki i/lub zanieczyszczenia powietrze, co sprawia, że rozbudowane instalacje oczyszczające są niezbędną częścią procesu [153, UN-ECE 1990] [320, Eurofer 2007]

Procesy absorpcyjne/desorpcyjne charakteryzują się ogólnie mniejszą skutecznością usuwania H₂S (osiągając stężenia resztkowego H₂S <1000 mg/Nm³, w zależności od stężenia wlotowego), jednakże nie stosowanie w układzie powietrza i toksycznych katalizatorów powoduje eliminację lub minimalizację emisji substancji chemicznych z tego procesu. Procesy te można prowadzić tak aby wytwarzały kwas siarkowy (zakłady kwasu siarkowego) lub bardzo czystą siarkę elementarną (instalacje Clausa). Rozwinięte procesy absorpcyjne takie jak zoptymalizowany proces OxyClaus lub proces ASK (Siarczek Amonowy Kreislaufwäscher), który jest układem wymywania siarczkiem amonu, osiągają sprawność odsiarczania >95% z śladowym stężeniem H₂S w gazie koksowniczym zazwyczaj między 50-500mg/Nm³.

Powszechnie stosowaną kombinacją procesów jest układ absorpcji NH₃/H₂S w fazie niskociśnieniowej i płukanie węglanem potasu (metoda węglanowo - próżniowa) w fazie wysokociśnieniowej, połączone z płuczką BTX (benzen-toluen-ksylen) pod niskim lub zwiększonym ciśnieniem.

Powszechnie jest także stosowanie absorpcji potasowej na obydwu poziomach ciśnienia połączone z płuczką benzolową.

5.1.4.5 Odzyskiwanie amoniaku z gazu koksowniczego.

Amoniak powstający podczas koksowania pojawia się zarówno w gazie koksowniczym, jak i w kondensacie, który wykrapla się z gazu.Zwykle 20 - 30% amoniaku znajduje się w wodzie pogazowej.

Procesy opisane poniżej są stosowane na skalę przemysłową w celu usunięcia amoniaku z gazu koksowniczego.

- wyplukiwanie NH₃/H₂S za pomocą wody w cyrkulacji, amoniak jest wyplukiwany z gazu koksowniczego w płuczce amoniakalnej przy użyciu wody lub rozcieńczonej

cieczy płucznej. Ciecz z płuczki amoniakalnej jest używana jako ciecz płuczająca w płuczce H₂S. Ciecz z płuczki H₂S zawiera H₂S i NH₃ i jest odprowadzana do kolumny odpędowej amoniaku. Proces ten jest również znany jako Carl Still, Diamex lub proces ASK, który jest cyklem wmywania siarczkiem amonu. Niektóre płuczki używają do kolumn z wypełnieniem do układu przemywającego [204, Neuwirth et al. 2003] [320, Eurofer 2007].

- bezpośredni odzysk jako siarczanu amonu ((NH₄)₂SO₄): mogą być stosowane dwa rodzaje tego procesu:
 - absorber typu Otto i niskoróżnicowy kontrolowany proces krystalizacji Wilputte: w obu procesach COG jest zraszany roztworem kwasu siarkowego i otrzymany jest siarczan amonowy
 - bezpośredni odzysk bezwodnego amoniaku (NH₃): odzysk amoniaku z gazu jako bezwodnego amoniaku została opracowana przez Amerykańską Steel Corporation pod nazwą PHOSAM USS. W tym procesie, amoniak jest wyłukiwany z COG w przeciwnym kontakcie z słabym roztworem fosforanu amonu (kwas fosforowy). Skuteczność usuwania amoniaku wynosi 98 - 99% [153, UN-ECE 1990].

5.1.4.6 Odzysk benzolu z gazu koksowniczego.

Gaz opuszczający absorbery amoniaku zawiera benzol, czysty żółto-brązowy olej o gęstości 0,88. Jest to mieszanina produktów zawartych w COG o temperaturze wrzenia zazwyczaj między 0 i 200°C, zawierająca ponad sto składników. Większość z nich jest obecnych w tak niskich stężeniach, że ich odzyskanie jest rzadko możliwe. Benzol jest zwykle określany jako BTX. Główne składniki nadające się do stosowania to benzen (60 - 80%), toluen (6 - 17%), ksylen (1 - 7%) i benzyna rozpuszczalnikowa (solwentnafta) (0,5 - 3%). Cztery główne metody są wykorzystywane do odzyskiwania benzolu [153, UN ECE 1990]:

- chłodzenie i kompresja do temperatury poniżej -70 ° C i pod ciśnieniem 10 hPa.
- adsorpcja przez stałe adsorbenty, w których benzol jest usuwany z gazu przez przepuszczanie tego ostatniego przez złoża węgla aktywowanego i odzyskanie benzolu z węgla przez ogrzewanie parą pośrednio lub bezpośrednio [320 Eurofer 2007].
- absorpcja przez rozpuszczalniki, polegająca na przemyciu gazu koksowniczego olejem płuczkowym, frakcją smoły węglowej lub innym absorbentem, po którym następuje odzyskanie benzolu w drodze destylacji z parą wodną.

5.1.5 Przepływy wody z piecowni i zakładów produktów ubocznych

Rysunek 5.9 przedstawia schemat przykładowego przepływu wody w koksowni. Jednak istnieje wiele innych układów alternatywnych.

Główne przepływy wody odprowadzanej z piecowni pochodzą z pary lub wody amoniakalnej stosowanych do natrysku na kolana i chłodzenia bezpośredniego gazów, wilgotności węgla i wody pirogenicznej (która powstaje podczas procesu koksowania).

Dodatkowe kondensaty występują z oczyszczania gazu koksowniczego w zakładach produktów ubocznych (na węglopochodnych) w przypadku chłodzenia bezpośredniego, odsmalania w filtrze elektrostatycznym i jednostkach do wmywania.

Skroplona woda i smoły z odbieralnika (doprowadzane z kolan rur wznoszących), z chłodnic i z odsmalacza elektrostatycznego, są kierowane do rozdzielacza kondensatów wodno – smołowych.

Wstępne chłodzenie może być przeprowadzane przez bezpośrednie, lub częściowo, przez chłodzenie przeponowe. W przypadku chłodzenia przeponowego, woda krąży w zamkniętym obiegu i nie wpływa na ilość ścieków. W przypadku bezpośredniego chłodzenia gazu, woda chłodząca jest uważana jako płyn płuczący i jest w rezultacie odprowadzana przez kolumnę odpędową.

Straty wody pojawiają się podczas schładzania cyrkulującej wody chłodniczej i kondensatów w wyniku ich odparowania.

Woda z separatora smoły/wody dalej jako "woda pogazowa" zawiera wysokie stężenie amoniaku i jest doprowadzana do zbiornika wody amoniakalnej.

Zbiornik wody amoniakalnej zapewnia wodę dla dyszy kolan rur wznosnych. Nadmiar wody amoniakalnej jest odprowadzany do kolumny odpędowej amoniaku [320, Eurofer 2007] lub do płuczki H_2S [102, Eurofer 2008]. Wraz z częścią pary wykorzystywanej do usuwania amoniaku / kolumnie amoniakalnej i płynu płuczącego z obiegu płukania NH_3/H_2S wody te generują ścieki, o których mowa w tabeli 5.2.

Należy zauważyć, że zwykle wszystkie strumienie wody, z wyjątkiem wody z pośrednich systemów chłodzenia i systemów mokrego odsiarczania utleniającego, są w końcu odprowadzane z kolumny amoniakalnej i odprowadzane do oczyszczalni ścieków.

W kolumnie amoniakalnej występują wysokie stężenia NH_3 . Istnieje kilka powodów do obniżenia stężenia amoniaku przed odprowadzeniem wody do oczyszczalni ścieków lub do środowiska:

- amoniak może być odzyskiwany jako wartościowy produkt uboczny (w postaci siarczanu amonu lub amoniaku bezwodnego),
- wolny amoniak jest wysoce toksyczny dla ekosystemów wodnych (w tym biologicznej oczyszczalni ścieków),
- amoniak wykazuje bardzo wysokie zapotrzebowanie na tlen (wymaga 4,5 razy więcej tlenu do utlenienia do azotanów, niż wynosi jego ciężar właściwy). Tak więc, istnieje ryzyko niedoboru tlenu w oczyszczalni ścieków lub końcowym odbiorniku wody.

Te przyczyny doprowadziły do zainstalowania kolumn odpędowych amoniaku w prawie wszystkich zakładach koksowniczych. Urządzenie to usuwa H_2S i NH_3 z cieczy za pomocą pary i dodatków alkalicznych. Opary są następnie odprowadzane do surowego gazu lub do obiegu płukania NH_3/H_2S (w celu poprawy skuteczności wyplukiwania H_2S) lub do zakładów kwasu siarkowego, gdzie NH_3 i H_2S są razem spalane. Czasami NH_3 jest usuwany z tych oparów w sytnikach, produkujących siarczany amonu [320, Eurofer 2007].

Najpowszechniej stosowaną zasadą jest wodorotlenek sodowy ($NaOH$). Dawniej, często używane było wapno gaszone ($CaOH_2$).

Niektóre możliwe przepływy wody, które nie zostały wskazane na rysunku 5.9 to:

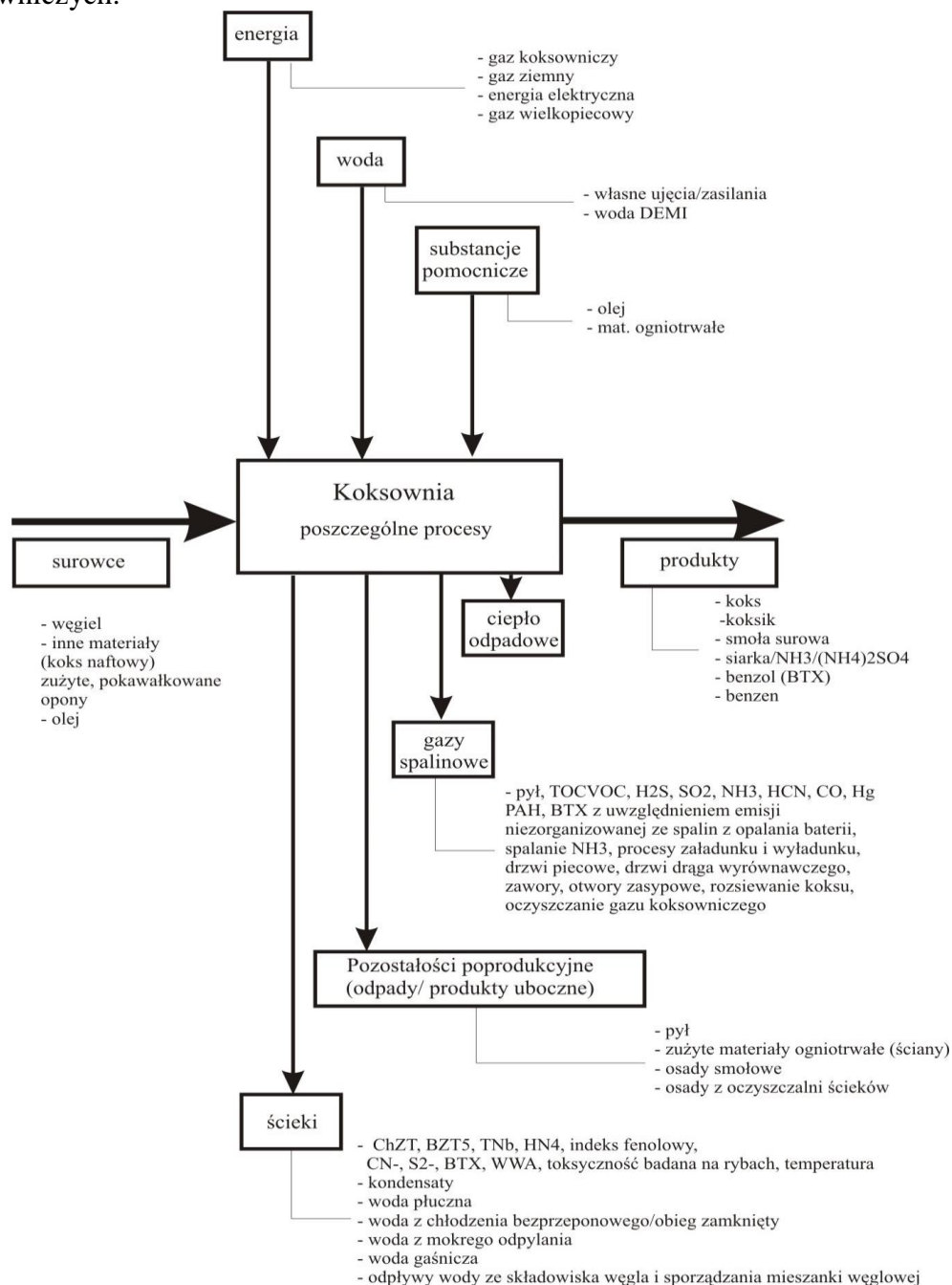
- ścieki z benzolowni, które są odprowadzane do separatora smoły/wody.
- fenol (stężenie > 3 g/l), który może być odzyskiwany z wody pogazowej w procesie ekstrakcji rozpuszczalnikowej, zanim woda pogazowa jest odprowadzana do zbiornika magazynowania wody amoniakalnej
- ścieki z procesów odsiarczania utleniającego, które są zazwyczaj odprowadzane oddzielnie po wstępnym oczyszczeniu
- wody chemiczne z (opcjonalnych) zakładów kwasu siarkowego, które są zwykle odprowadzane do kolumny odpędowej
- wody chemicznej z (opcjonalnego) procesu Clausa, która zazwyczaj nie jest skondensowana, ale odprowadzana do atmosfery przez komin, [21 EC Coke 1996]. Alternatywą jest natrysk tej wody do surowego gazu przed oczyszczeniem

- wody z pośredniego chłodzenia gazu, które są ponownie zawracane do obiegu i nie będą wpływać na ilość ścieków. W przypadku bezpośredniego chłodzenia gazu, woda chłodząca jest uważana za płyn płuczący i jest w rezultacie odprowadzana do kolumny odpędowej amoniaku.

5.2 Obecne poziomy emisji i zużycia

5.2.1 Schemat strumieni masy i dane dotyczące materiałów wejściowych i wyjściowych

Rysunek 5.10 przedstawia schemat strumieni wejściowych i wyjściowych w koksowni. Schemat ten może być wykorzystywany do zbierania danych z pojedynczych zakładów koksowniczych.



Źródło: [200, Commission 2001] [323, Eurofer 2007]

Rysunek 5.10. Schemat strumieni masowych koksowni.

Jednostkowe wartości wejściowe i wskaźniki emisji mogą zostać określone dla koksowni. Dane wejściowe i wyjściowe z koksowni w różnych państwach członkowskich UE od 2005r. uzupełnione przez inne dane referencyjne przedstawiono w tabeli 5.2.

Tabela 5.2: Dane wejściowe i wyjściowe z koksowni w różnych państwach członkowskich UE od 2005 r. uzupełnione przez inne odniesienia

Materiały wejściowe			Materiały wyjściowe		
Surowce			Produkty		
Węgiel (suchy)	kg/t koksu	1220 - 1350	Węgiel (suchy)	kg/t	1 000,0
Energia			Gaz koksowniczy	Nm ³ /t koksu	360 - 518
BF gaz + COG	MJ/t koksu	3 200 – 3 900	Wart. opałowa gazu koksown.	kJ/Nm ³	17 000 – 18 000
Energia elektryczna	MJ/t węgla	20 - 230 ⁽¹⁾	Energia	MJ	7 200 – 9 000
Para	MJ/t koksu	60 - 800 ⁽³⁾	Para wodna ⁽²⁾	MJ/t koksu	9 - 267/1 500 ⁽⁴⁾
Woda			Emisje do powietrza ⁽⁵⁾		
Woda procesowa ⁽¹⁰⁾	m ³ /t koksu	0,24 – 1,5	Pył	kg/t koksu	15,7 - 298 ⁽¹⁾
Woda do chłodzenia (gaszenia) ⁽¹¹⁾	m ³ /t koksu	0.5 - 1	SO _x ⁽⁶⁾	kg/t koksu	80 - 900 (2820) ⁽⁷⁾
			NO _x	kg/t koksu	336 - 1783 ⁽¹⁾
			NH ₃	kg/t koksu	0,5 – 24,7
			H ₂ SO ₄	kg/t koksu	2 ⁽⁹⁾
			HCN	kg/t koksu	0,05 – 1,87
			H ₂ S	kg/t koksu	12 - 100 ⁽¹⁾
			CO	kg/t koksu	200 – 4 460 ⁽¹⁾
			CO ₂	kg/t koksu	160 - 860 ⁽¹²⁾
			CH ₄	kg/t koksu	1 - 80 ⁽¹³⁾
			TOC	kg/t koksu	12 - 24 ⁽²⁾
			Benzen	kg/t koksu	0,1 ⁽¹⁴⁾ -45
			WWA ⁽¹⁵⁾	mg/t koksu	115 - 1091 ⁽¹⁶⁾
			PCDD/F	ng I-TEQ/Nm ³	<0,1 ⁽¹⁷⁾
			Pozostałości (produkty uboczne/odpady)		
			Benzen	kg/t koksu	5,3 - 14
			Benzol (BTX)	kg/t koksu	9,1 - 14
			H ₂ SO ₄ ⁽⁹⁾	kg/t koksu	4,2 - 9
			Smola	kg/t węgla	26 - 48
			(NH ₄) ₂ SO ₄ jako SO ₄ ²⁻ ⁽¹⁸⁾	kg/t koksu	28 - 48
			Siarka ⁽¹⁹⁾	kg/t koksu	0,9 - 2
			Fenolan sodu	kg/t koksu	1,4
			Ścieki	m ³ /t koksu	0,1 – 0,5

- (¹) Wysoka wartość dla starych zakładów z pęknięciami w ścianach pieca (starsze niż 20 lat)
- (²) Zgłoszono wartości do 983 g / t wytwarzanego koksu, ale nie zostały one uznane za reprezentatywne dla pieców koksowniczych w UE [110, Brouhon 2008].
- (³) Stare zakłady (starsze niż 20-letnie) mogą zużywać więcej niż 1200 MJ/t koksu.
- (⁴) Wysokie wartości w przypadku suchego gaszenia koksu (z odzyskiem ciepła w postaci pary wodnej); wartość 270 MJ / t koksu to dane z dwóch zakładów, które działały odpowiednio od 14 i 15 lat; wartość 1500 MJ / t koksu z zakładu, który działał od około 7 lat.
- (⁵) Przepływ spalin z opalania baterii wynosi około 1 000 – 1 700 m³/t koksu, w zależności od zapotrzebowania na powietrze do spalania różnych paliw gazowych.
- (⁶) Zawartość H₂S gazu koksowniczego jest analizowana i wykonuje się bilans siarki. Emisje obejmują ogrzewanie gazem koksowniczym, spalanie gazu surowego, gaszenie (chłodzenie), wyłączenie z krakingu katalitycznego i zakładu Clausa i działanie starych komór spalania.
- (⁷) Wysoka wartość tego zakresu wskazuje brak lub niewystarczające odsiarczanie.
- (⁸) Niewielka ilość azotu jest zużywana z butli.
- (⁹) W przypadku absorpcji SO₂ i produkcji H₂SO₄ jako końcowego produktu ubocznego.
- (¹⁰) Woda przemysłowa odnosi się do całkowitego przepływu o którym mowa w Tabeli 5.24.
- (¹¹) Straty wody na skutek parowania.
- (¹²) W zależności od rodzaju paliwa gazowego.
- (¹³) Dostępne są tylko dane z jednego zakładu..
- (¹⁴) Niska wartość dla jednego nowoczesnego zakładu (działający około 5 lat).
- (¹⁵) WWA jako EPA 16 (suma następujących 16 WWA:
- $$(\sum(\text{FLU}+\text{PYR}+\text{TRI}+\text{CPP}+\text{BaA}+\text{CHR}+\text{BNT}+\text{BeP}+\text{BbF}+\text{BkF}+\text{BaP}+\text{DbahaA}+\text{BghiP}+\text{INP}+\text{ANT}+\text{COR}))$$
- Obliczono na podstawie pomiarów wykonane z wpychania, gaszenia i emisji ze komina baterii.
- (¹⁶) Dostępne są tylko dane z trzech zakładów.
- (¹⁷) Dane z jednej instalacji w Niemczech.
- (¹⁸) W przypadku absorpcji SO₂ wodą amoniakalną.
- (¹⁹) W przypadku absorpcji SO₂ i odzysku siarki jako pierwiastka (elementarnego) siarki.

Źródło: [110, Brouhon 2008 | 177, Eurofer 2009 | 206, Diemer et al. 2004 | 210, Brouhon 2006 | 218, Dong et al. 1988 | 223, USEPA 2001 | 225, Brouhon 2006 | 226, EEA 1999 | 227, WB 1998 | 228, UNEP 2001 | 234, Poland 2007 | 237, USEPA 2003 | 320, Eurofer 2007 | 324, Eurofer 2007].

Należy zauważyć, że tabela 5.2 nie powinna być wykorzystywana do odpowiednich obliczeń, np. do celów analizy porównawczej, ponieważ obejmuje działania istniejących i nowych obiektów w całej Europie, co prowadzi do bardzo szerokich zakresów wskaźników emisji. Ponadto należy podkreślić, że nie wszystkie podmioty gospodarcze dostarczyły informacji. Tabela 5.2 zawiera tylko emisje z kominów i wież gaszenia. Emisje komina występują z opalania baterii i oczyszczania zebranych emisji podczas obsadzania i wpychania, jeżeli takie rozwiązania są stosowane. Nie obejmuje emisji nie wyłapanych rozproszonych lub ze źródeł niezorganizowanych powstających w trakcie pracy na baterii lub węglowodnorodnych. Dane dotyczące emisji reprezentują emisje po redukcji; nie obejmują emisji z przemieszania węgla i koksu ze względu na brak informacji, ale te emisje mają mniejsze znaczenie. Informacja o określaniu danych, takich jak sposób pobierania próbek, metody analizy, odstępów czasowych, metod obliczeniowych i warunków odniesienia nie jest w pełni dostępna dla danych podanych w tej sekcji.

Tabela 5.3 podaje wskaźniki emisji dla konkretnych związków i powinna być postrzegana jako uzupełnienie tabeli 5.2.

Tabela 5.3: Dane wyjściowe z 2004 z Polskiej koksowni

Lokalizacja	Benzo(a) piren	Pirydyna	Toluen	Xylen	Fenol	CS ₂
	kg/t koksu					
Bezpośrednie źródła emisji	0.012	2.35	0.74	0.69	5.67	0.30
Źródło: [234, Polska 2007].						

5.2.2 Problemy środowiskowe związane z procesem wytwarzania koksu

Koksowanie jest przede wszystkim źródłem emisji gazów i pyłów do powietrza. W przypadku stosowania technik ograniczania zanieczyszczeń w celu zredukowania emisji występują inne oddziaływania na środowisko. Generalnie, informacje podane w rozdziałach od 5.2.2.1 do 5.2.2.5 poniżej opisują najistotniejsze kwestie środowiskowe dla zakładów koksowniczych.

5.2.2.1 Emisje do powietrza

Należy zauważyć, że koksownie mają stosunkowo dużą liczbę źródeł emisji.

Jednakże, konieczne jest rozróżnienie pomiędzy następującymi trzema typami źródeł emisji:

- bezpośrednie (zorganizowane) źródła emisji, jak kominy dla gazów odlotowych z ogrzewania baterii lub z różnych urządzeń odpylających, które są transportowane rurociągami i odprowadzane poprzez komin. Mogą być oczyszczane lub minimalizowane. Mogą być mierzone bez problemu w większości przypadków (np. zgodnie z zasadami Verein Deutscher Ingenieure VDI).
- emisje rozproszone, które występują w trakcie normalnej pracy, np. przemieszanie węgla i koksu, transportu węgla i koksu, mieszalnikach węgla, rurach wznosnych, wypychania koksu i gaszenia koksu. Jeżeli emisja ta nie jest wychwytywana, może być uwolniona przez strop, włazy na dachu, okna lub ze składowanych materiałów. Ograniczenie tych emisji do minimum możliwe jest tylko poprzez zapobieganie lub dalszą obróbkę po ich skanalizowaniu (tzn. poprzez wychwytywanie).
- emisja niezorganizowana ma miejsce podczas nieregularnych operacji i pochodzi ona z nieuszczelnienia na baterii np. z wycieków z aparatów i urządzeń, drzwi piecowych, kołnierzy lub z węglpochodnych. W celu minimalizacji, pierwszą możliwością jest przeciwdziałanie emisji poprzez właściwą obsługę. Związki WWA, takie jak benzo(a)piren (BaP), jak również benzen, mają istotny udział w emisjach niezorganizowanych. [320, Eurofer 2007] [324, Eurofer 2007].

Rozproszone i niezorganizowane emisje są trudne do oszacowania.

W wielu przypadkach emisja z różnych źródeł zmienia się znacząco w czasie (półciąglą emisja z drzwi, pokryw, rur wznosnych i okresowa emisja z wypychania i gaszenia).

Porównanie wskaźników emisji między zakładami wymaga także wzięcia pod uwagę parametrów poszczególnych zakładów. Na przykład, poziom emisji z drzwi różni się znacznie w zależności od typu drzwi, wielkość pieców i jakość obsługi (technologicznej i utrzymania ruchu). Obsługa może być czynnikiem decydującym. Istotnie, można znaleźć przykłady dobrych rezultatów tradycyjnych (uszczelnionych nożowo) drzwi w małych koksowniach z dobrą obsługą oraz złe rezultaty na nowoczesnych dużych komorach. Należy o tym pamiętać przy ocenie informacji na temat poszczególnych źródeł emisji do powietrza podanych w tabeli 5.4. Szeroki zakres wartości emisji może być wyjaśniony głównie przez program (harmonogram) obsługi, stopień dbałości o jego wykonanie (pozwalający na

osiągnięcie stabilnych i równych warunków prowadzenia procesu) i zastosowanych technik ograniczania emisji [320, Eurofer 2007] [324, Eurofer 2007].

Metody szacowania emisji z nieszczelności na baterii i otworów

Ze względu na wysokie wydatki na monitorowanie wycieków, jest bardzo mało rzeczywistych danych dostępnych dla emisji nieprzechwyconych powodowanych przez pracę baterii, jak pokazano w tabeli 5.4, gdzie sytuacja koksowni w UE jest opisana przez współczynniki emisji. Wyniki pomiarów są wykonane przez z różne zakłady w Europie, które różnią się pod względem okresu działania, stanu technicznego jak i stosowanych technikach ograniczania emisji. Niższy poziom danego zakresu reprezentuje emisje z zakładów w dobrym stanie technicznym, wyższe emisje dotyczą starszych zakładów z uboższymi technikami kontroli emisji i / lub w gorszym stanie technicznym. Porównanie danych zawartych w tabeli 5.4 pokazuje, że emisje pochodzące z nieszczelności drzwi stanowią największą część wszystkich emisji niezorganizowanych z baterii. Poprawność tych wskaźników emisji, w szczególności dla emisji BaP, może zostać potwierdzona przez obliczenia dyspersji odwrotnej, i przez pomiary pojedynczej emisji z 7 m drzwi, które dają specyficzne emisje BaP tylko do 10 mg/t (koks). Jednak pomiary realizowane na drzwiach z najnowocześniejszymi systemami uszczelniającymi wykazały, że poziom emisji poniżej 1 mg / t (koks) może zostać osiągnięty [320, Eurofer 2007] [324, Eurofer 2007].

Źródłem emisji niezorganizowanej w trakcie koksowania są rury wznosne, uszczelnienia otworów zasypowych, drzwi piecowe i ramki uszczelniające. Ponadto do bezpośrednich pomiarów emisji niezorganizowanej, jak opisano poprzednio, stosuje się różne metody określania emisji niezorganizowanej z baterii. Wszystkie te metody mają jedną wspólną cechę: doświadczeni albo certyfikowani obserwatorzy wizualnie określają emisję widoczną. Z otrzymanych rezultatów można określić poziom emisji jako częstotliwość nieszczelności – nieszczelności w odniesieniu do całkowitej liczby otworów na baterii, których efektem są widoczne wycieki lub masa/czas zależący od metody monitoringu. Na przykład metoda EPA 303 umożliwia wyrażenie rezultatów z procedury obserwacji jako procentowej ilości nieszczelności.

Jednakże metodologia DMT (Deutsche Montan Technologie GmbH), która jest w dużym stopniu zgodna z metodą EPA, umożliwia obliczanie emisji dziennych na podstawie pomiarów podstawowych, przypisując cztery różne stopnie intensywności emisji oraz biorąc pod uwagę czas trwania widocznych emisji podczas obserwacji. Inna metoda została opracowana przez BCRA (British Carbonization Research Association). W przeciwieństwie do metody DMT, widoczne emisje są przypisane pięciu różnym stopniom intensywności. Inna metoda, która jest używana w Corus IJmuiden w Holandii jest opisana w punkcie 5.3.3. Ponieważ w Europie ciągle mogą istnieć zakłady w złym stanie technicznym, sytuacja dla wszystkich europejskich zakładów koksowniczych najlepiej można opisać przez pełną gamę wskaźników podanych w tabeli 5.2. W przypadku czasowej awarii, rzeczywiste emisje mogą przekraczać podany zakres.

Zgłaszane wartości dla CO są zazwyczaj wyższe niż te podane w tabeli 5.5. Stężenie emisji jest bardzo zależne od projektu, wieku, i obsługą komór grzewczych. Wysokie wartości CO wskazują na niepełne spalanie, które powoduje wysoką emisję CO z komina.. Zazwyczaj stężenia poziomów emisji dla CO wynosi około lub poniżej 1000 g / t koks.

Operacje z węglem i jego przygotowanie

Rozproszone emisje pyłów są związane z operacjami przeładowywania materiałów. Operacje te obejmują rozładunek, magazynowanie, rozdrabnianie i przesiewania węgla. Nie zostały przedłożone żadne informacje o emisji zanieczyszczeń powodowanych przez te operacje.

Załadunek węgla

Podczas ładowania węgla lub pyłu węglowego, występują nie tylko te szczególne emisje pyłów, ale również związki organiczne, takie jak benzen i BaP z rozkładu węgla i SO₂, H₂S i NH₃ są emitowane [223, USEPA 2001] [320, Eurofer 2007], [324, Eurofer 2007].

Koncepcja załadunku oraz geometria i odpowiednie uszczelnienie otworów zasypowych i systemów są bardzo ważnymi elementami w redukcji emisji podczas załadunku. Podczas ładowania można dokonać rozróżnienia pomiędzy:

- Emisjami w pobliżu otworów ładowania podczas procesu obsadzania
 - ewakuacją i oczyszczaniem gazów obsadowych
 - emisją z drzwi drąga wyrównawczego podczas pracy tego drąga
- rozproszonymi emisjami z materiału rozsypanego na stropie baterii. Współczynniki dla emisji rozproszonej lub niezorganizowanej do powietrza z operacji przeprowadzanych na baterii koksowniczej podano w tabeli 5.4.

Tabela 5.4: Współczynniki dla emisji rozproszonych lub niezorganizowanych do powietrza z operacji przeprowadzanych na baterii koksowniczej.

Eksploatacja	Emisje						
	Pył (g/t)	CO (g/t)	SO ₂ (g/t)	H ₂ S (g/t)	NH ₃ (g/t)	Benzen (mg/t)	BaP (mg/t)
Obsadzanie:	0,3 - 10	0,1 - 71	0,01 - 1		<0,3	10 - 1200	0,02 - 4,5
Koksowanie:							
Drzwi	0,3 - 6	1,5 - 30	0,1 - 1,5	0,02 - 1	0,1 - 1,5	200 - 14 000	4,5 - 45
Pokrywy	0,2 - 1	1,5 - 9	0,1 - 1	<0,01	0,1 - 0,3	800 - 8 000	9 - 15
Rury wżnośnie	<0,2	0,003 - 0,3	0,01 - 0,1	<0,01	<0,01	10 - 100	0,3 - 3

Źródło: [200, Komisja Europejska 2001].

Ogrzewanie i opalanie komór koksowniczych

Bezpośrednie emisje z kominów występują podczas spalania paliw gazowych używanych do ogrzewania pieców koksowniczych. Emisja dwutlenku siarki może się pojawić, jeśli gaz koksowniczy nie jest całkowicie odsiarczany. Gaz koksowniczy zawiera składniki aromatyczne (głównie BTX, jak pokazano w tabeli 5.1). Jeżeli COG jest stosowany bez oczyszczania, te związki aromatyczne mają skłonność do tworzenia sadzy (która zawiera WWA) [213, Bittner et al. 1983] [214, Richter et al. 2000].

Jednym ze źródeł emisji niezorganizowanych z pieców koksowniczych, które powoduje zaniepokojenie opinii publicznej to czarne emisje z kominów baterii pieców koksowniczych. Czarne emisje spowodowane są niepełnym spalaniem paliw gazowych stosowanych do ogrzania pieca, lub w wyniku nieszczelności pomiędzy komorą koksowniczą, a komorą grzewczą. W tym przypadku, drobiny węgla i produkty rozkładu węgla mogą wyciekać z pieca koksowniczego do gazów spalinowych.

Tabela 5.2 przedstawia współczynniki emisji od 336 do 1783 g/t koksu dla NO_x. Dla istniejących nowoczesnych zakładów, które już włączyły techniki niskich emisji NO_x, takich jak etapowe dodawanie powietrza i recyrkulacja spalin, stężenie NO_x wynoszą 322 - 414 mg/Nm³ przy 5% O₂. Dla istniejących obiektów, które nie posiadają zintegrowanych z procesem technik ograniczania NO_x, osiągalne poziomy emisji NO_x są znacznie wyższe i wynoszą do 1 783 g/t koksu, o stężeniach do 1700 mg/Nm³ przy 5% O₂.

Tabela 5.5 zawiera dane dotyczące emisji zorganizowanych z zakładów koksowniczych w Niemczech i Czechach.

Tabela 5.5: Emisje zorganizowane z zakładów koksowniczych w Niemczech i Czechach.

Lokalizacja	Pył	CO	NO _x	SO _x	PCDD/PCDF
	(mg/Nm ³)				(ng I-TEQ/Nm ³)
Piec koksowniczy z dolnym opalaniem ⁽¹⁾	0,8 – 4,8	20	322 - 414	111 - 157 ⁽²⁾	0,001
Wypychanie koksu	0,9 30 ⁽³⁾				
Zakład sortowania koksu	0,5 - 4.5 100 ⁽³⁾				

⁽¹⁾ Dane dotyczące wykorzystania mieszanki gazu, gazu koksowniczego lub odsiarczanego gazu koksowniczego w dwóch zakładach koksowniczych.
⁽²⁾ Wartości po odsiarczaniu gazu koksowniczego.
⁽³⁾ Dane z Czech [372, Czech TWG member 2008].
 Uwaga: Wszystkie dane są średnimi danymi z roku. Zawartość tlenu w warunkach odniesienia dla pyłu, NO_x i SO_x wynosi 5%.
 Źródło: [220, Eurofer 2008] [244, Plickert 2007] [372, Czech TWG member 2008].

Emisja ze spalania w pochodniach lub obiegowanie instalacji z gazem koksowniczym

W rzadkich przypadkach produkcja gazu koksowniczego jest wyższa niż zapotrzebowanie. W takich przypadkach, ze względów bezpieczeństwa gaz nadmiarowy musi zostać spalony. Spalanie gazu koksowniczego powoduje emisję. Określenie tej emisji dla jednego przykładu zamieszczono w Tabeli 5.6 [223, USEPA 2110].

Tabela 5.6. Szacunkowa ocena emisji ze spalania gazu koksowniczego na pochodni

Parametr	Emisja	Jednostka
CO	2,4	kg/t
CO ₂	390	kg/t
H ₂ S	0,05	kg/t
Ciężkie węglowodory	0,85	kg/t
SO ₂	6,5	kg/t

Źródło: [223, USEPA 2001]

Obiegowanie instalacji z gazem koksowniczym może być także konieczna z powodów technicznych na instalacji kwasu siarkowego. W tych okresach, surowy gaz koksowniczy jest stosowany jako paliwo do opalania pieca koksowniczego, co prowadzi do wzrostu emisji SO₂.

Koksowanie

Koksowanie rozpoczyna się bezpośrednio po załadunku węgla. Oprócz odparowania wilgoci z węgla, następuje produkcja gazów pirolitycznych. Całkowita ilość substancji lotnych wynosi około 25% [320, Eurofer 2007]. Surowy gaz koksowniczy (COG) jest usuwany rurami wznoszącymi do odbieralnika. Z powodu utrzymywania nadciśnienia (10-15 mm słupa H₂O w komorach o wysokości 5-7 m) w komorze koksowniczej, możliwa jest emisja rozproszona i niezorganizowana z drzwi piecowych, emisja z otworów zasypowych i rur

wznośnych oraz – w przypadku pęknięć na ścianach komór – emisja poprzez spaliny z niecałkowitego spalania gazu koksowniczego. Rysunek 5.6 przedstawia główne źródła emisji podczas koksowania. Tabela 5.4 podaje kilka zakresów dla odpowiednich wskaźników emisji dla niektórych zanieczyszczeń w procesie koksowania.

Wypychanie koksu

Przed wypychaniem koksu, drzwi komory są automatycznie zdejmowane. Ostatecznie w pełni skarbonizowany koks jest wypychany z pieca przez wóz przelotowy na wóz gaszenia. Urządzenia do transportu koksu wyposażone jest w kaptury. Emisje powstające podczas wypychania są zbierane przez wypycharkę. Następnie gaz odlotowy poddaje się oczyszczaniu w urządzeniu odpylającym.

W przypadkach, w których stosowane są filtry workowe, iskry należy usunąć ze strumienia gazu przed filtrem. Na jednym z zakładów, po rocznej obserwacji instalacji z filtrami workowymi stwierdzono stężenie emisji poniżej 1 mg/Nm³ (patrz Tabela 5.5) [244, Plickert 2007].

Gaszenie koksu

Gaszenie gorącego koksu zimną wodą powoduje szok termiczny, który uwalnia cząstki stałe z gorącego koksu. Opary wody powstałe z odparowania wody gaśniczej po jej kontakcie z gorącym koksem unoszą się do góry i porywają pył z masy koksu. Ponadto, substancje stałe rozpuszczone w wodzie gaśniczej mogą również opuścić wieżę gaszenia w strumieniu pary. Dla procesu gaszenia, głównymi składnikami emisji są: pyły, CO, NH₃ i H₂S. Dodatkowo, śladowe ilości innych związków organicznych mogą być emitowane w szczególności, gdy węgiel nie jest w pełni skoksowany. Emisje z wieży gaszenia zawiera się w zakresach podanych w tabeli 5.7. W celu obniżenia emisji pyłu, wieże gaszenia mogą być wyposażone w system zraszania.

Tabela 5.7: Wskaźniki emisji dla emisji z wież gaśniczych.

Lokalizacja	Pył	CO	H ₂ S	NH ₃
	(g/t koksu)			
Gaszenie koksu	10 - 50 ⁽¹⁾	100 - 2000	25 - 150	1 - 8
⁽¹⁾ Wartości dla pyłu zależą wyraźnie od sposobu pobierania próbki. Izokinetyczne pobieranie próbek daje w rezultacie wyższe wartości emisji. Źródło: [109, Hein, M. et al 2000] [200, Commission 2001].				

Operacje z koksem

Zazwyczaj po zgaszeniu, koks jest przenoszony do oddzielnego budynku do kruszenia i przesiewania. Czynności te powodują powstanie emisji cząstek stałych, którą należy wychwycić i ograniczyć. Wykorzystanie cyklonów może zmniejszyć emisje do 3 g/ t koksu. Po obserwacji w dwóch zakładach stwierdzono, że stężenie przy emisji pyłu po filtrach workowych, jako średnia roczna wynosi odpowiednio 0,5 i 4,5 mg/Nm³ (patrz tabela 5.5) [244, 2007 Plickert]. Operacje z koksem z instalacji suchego chłodzenia powodują większą emisję w porównaniu z koksem gaszonym wodą [276, Włochy 2007] [320, Eurofer 2007] [321, Eurofer 2007].

Oczyszczanie gazu koksowniczego i przetwarzanie produktów ubocznych

Emisje z procesów prowadzonych na oddziale węglowodnorodnych, a związanych z takimi substancjami jak: benzol, smoła, naftalen, fenol i amoniak to głównie emisja związków organicznych. Zazwyczaj na instalacjach na oddziale węglowodnorodnych prowadzi się

zamknięte procesy. Emisja niezorganizowana występuje z przecieków, np. z pomp, zaworów, ssaw, zaworów bezpieczeństwa i strat w transporcie. Dostępne są dane dotyczące określenia emisji niezorganizowanej z oddziału Węglpochodnych oparte na pomiarach (patrz tabela 5.8).

Tabela 5.8: Czynniki emisji dla emisji ulotnych z zakładów produktów ubocznych.

Lokalizacja	Benzen	BaP	WWA
	(mg/t koksu)		
Węglpochodne	100 - 24 000 ⁽¹⁾ 4 000 - 26 000 ⁽²⁾	0,06 – 0,09	1,5 – 4,5
⁽¹⁾ Wyższe wartości są w zakładach bez systemu rurociągów gazy wahadeł gazowych. ⁽²⁾ Dane z zakładu produktów bocznych ze Stanów Zjednoczonych odnoszą się do tabeli C54 - C57 z [237, USEPA 2003]. Źródło: [200, Commission 2001] [237, USEPA 2003].			

Szacunkowe oceny zostały wykonane dla zakładów wykorzystujących najwyższą osiągalną technologię sterowania (MACT). Przykładami takich technologii są poduszki gazowe, wahadła gazowe i odzyskiwania oparów. Dla zakładów, które nie używają MACT emisje mogą być znacznie wyższe. Dla niektórych zakładów emisji roczne benzenu wynoszą od 200 - 320 ton.

Jedną z metod opisujących procedury pomiaru emisji lotnych związków organicznych jest metoda EPA 21. Pełna metodologia kompleksowej inwentaryzacji wycieków i dalszego zarządzania emisjami niezorganizowanymi została opisana w [216, sniffers et al. 2006].

5.2.2.2 Zużycie wody i ścieki

Rysunek 5.9 przedstawia schemat przykładowego przepływu wody w koksowni. Jednak istnieje wiele innych układów alternatywnych.

Zużycie wody

[320, Eurofer 2007] [325, Eurofer 2007]

W celu oczyszczania gazu koksowniczego są stosowane różnorodne procesy i ich warianty. Ilość ścieków pochodzących z oczyszczalni gazu zależy od zapotrzebowania na wodę, na przykład pary, dodatku świeżej wody do cieczy płuczących, wody do rozcieńczania, itp. Znaczna ilość wody, która jest odprowadzana z procesu koksowania jest to wilgoć mieszanki węglowej użytej w procesie. Średnia zawartość wilgoci w węglu wynosi około 8 - 15%, np. 0,08 - 0,15 m³/t węgla. Dlatego też przy uzysku 780 kg koksu z tony węgla produkuje się od 0,1-0,17 m³ wody/tonę koksu.

W wyniku pirolizy węgla powstaje także dodatkowa woda. W zależności od jakości węgla wytwarza się 3 – 5% wag " wody chemicznej " (wodę pirogeniczną), co odpowiada 0,03 - 0,05 m³/t węgla i odpowiednio 0,04 - 0,06 m³/t koksu.

Jeżeli używa się iniekcji parowej do odsysania gazów obsadowych (chłodzenie i odsysanie gazów), to w chłodnicach wstępnych następuje kondensacja dodatkowej ilości wody. Ten kondensat jest także częścią strumienia wody z baterii. Wykroplona woda i smoła z odbieralnika (spływ z kolana), z chłodnic i odsmalaczy elektrostatycznych kierowane są do separatorów smoły/wody, gdzie „woda węglowa” jest oddzielana [21, EC Coke 1996]. Ta woda jest kierowana do zbiornika wody amoniakalnej. Zbiornik wody amoniakalnej zapewnia wodę na natrysk kolan rur wznoszących. Nadmiar wody amoniakalnej ze zbiorników jest odprowadzany do kolumny odpędowej instalacji desorpcji [320, Eurofer 2007] lub do płuczek H₂S [102, Eurofer 2008]. Razem z częściami pary używanej w kolumnie odpędowej woda ta odpowiada wodzie procesowej (przemysłowej) do której odnosi się Tabela 5.2.

Woda chłodząca

[320, Eurofer 2007]

Chłodzenie za pomocą wody składa się z:

- bezprzeponowe chłodzenie gorącego surowego COG przy użyciu wody amoniakalnej.
- dalsze chłodzenie surowego COG (przeponowe lub bezprzeponowe)
- dalsze chłodzenie (przeponowe)
- ponowne chłodzenie kondensatów lub wody z chłodzeniem przeponowego.

W celu chłodzenia bezprzeponowego gazu koksowniczego na kolanie rury wznosnej zużywa się zazwyczaj od 6 do 10 m³ wody amoniakalnej/ t koksu, a woda jest zwykle używana i przechowywana w obiegu zamkniętym. W przypadku zakładów o zdolności produkcyjnej koksu 100 300 t/h odpowiada to 600 do 3000 m³ wody amoniakalnej na godzinę.

Zwykle większość wody chłodzącej służy do przeponowego chłodzenia. W przypadku przeponowego chłodzenia wstępnego gazu koksowniczego (COG), woda krąży w obiegu zamkniętym i nie wpływa na ilość ścieków. W przypadku bezprzeponowego chłodzenia gazu, woda chłodząca jest uważana za płyn płuczący i jest w rezultacie odprowadzana przez kolumnę odpędową amoniaku.

Straty wody występują podczas ponownego chłodzenia wody chłodniczej i kondensatów przez odparowanie, np. w wieżach chłodniczych (chłodnie kominowe). Ilość świeżej wody w celu zastąpienia strat, które powstały przy odparowaniu i w wyniku nieszczelności wynosi około 6 - 10 m³/h, co stanowi 1 - 2% zużytej wody.

Zarządzanie wodną do chłodzenia w zakładzie koksowniczym zależy w pierwszej kolejności od warunków lokalnych, a przede wszystkim od dostępności wody i wymogów prawnych. Ograniczenia prawne władz lokalnych w niektórych krajach wymagają unikania tworzenia się chmur pary lub formowania słupów lodu i śniegu przemysłowego w okresie zimowym, które mogą powstawać z chłodni kominowych (wież chłodzących), co uniemożliwia dalsze recykling z chłodzeniem wody. W takich przypadkach stosowany jest jednorazowy przepływ wody chłodniczej przez wymienniki ciepła a zapotrzebowanie na wodę do chłodzenia wynosi około 17 m³/t koksu.

Ścieki z koksowni

[227, WB 1998]

Zbiornik wody amoniakalnej zapewnia wodę na natrysk kolan rur wznosnych. Nadmiar tej wody jest odprowadzany do kolumny odpędowej amoniaku [320, Eurofer 2007] lub do płuczek H₂S [102, Eurofer 2008]. Wraz z częścią pary wodnej stosowanej w kolumnie odpędowej amoniaku i wodami płucznymi instalacji absorpcji i desorpcji NH₃/H₂S, woda ta odpowiada wodzie procesowej, o której mowa w tabeli 5.2. Ilość ścieków dla zakładów wymienionych w tabeli 5.9 wynosi od 0,31 do 0,69 m³/t koksu.

Po usunięciu amoniaku przez destylację (patrz " woda odpędzona" na Rysunek 5.9) ścieki wodne zawierają różne związki organiczne (np. fenole) i związki nieorganiczne (np. szczątkowy amoniak i cyjanki). Związki te mają negatywny wpływ dla odbiorców wody, kiedy woda odpędzona jest bezpośrednio kierowana poza zakład. Dlatego pozostałe ścieki zazwyczaj są oczyszczane w oczyszczalni ścieków przed skierowaniem jej poza zakład .

Dane dotyczące ilości i składu ścieków przed oczyszczaniem ukazują duże różnice pomiędzy zakładami zarówno, jeżeli chodzi o stężenia jak i ładunek na tonę wyprodukowanego koksu. Główny powód znacznego zróżnicowania tkwi w systemach oczyszczania gazów, systemach obsadzania i rodzaj węgla w poszczególnych zakładach koksowniczych. W przypadku systemu ubijanego , węgiel posiada większą wilgotność, ponieważ wtedy ma lepsze właściwości podczas ubijania.

W przypadkach, kiedy stosowane jest wodne uszczelnienie pokryw rur wznosnych, występuje małe zużycie wody ze względu na straty parowania. Aby zapewnić odpowiednią gazoszczelność, połączenia, uszczelnienie powinno być zawsze wypełnione wodą. Podczas napełniania uszczelnień, pojawia się niewielki nadmiar wody, W porównaniu do wody amoniakalnej z chłodzenia bezpośredniego, woda ta jest stosunkowo czysta i zazwyczaj jest oczyszczana oddzielnie. Rysunek 5.9 pokazuje, że ta woda jest kierowana bezpośrednio do zbiornika magazynowego wody amoniakalnej.

Dodatkowe przepływy ścieków mogą być generowane ze skroplonej pary w kolumnach odpędowych amoniaku, zebranej wody deszczowej i odpływowej, spustów z układów chłodzenia i ponownego chłodzenia i mycia metodą wstecznego przepływu, co może prowadzić do rozcieńczenia wody pogazowej.

Tabela 5.9: Stężenia strumieni wpływających i wypływających i kilka aspektów systemów oczyszczania ścieków z systemu wstępnego odazotowania – odazotowania.

Aspekt/składnik		Jednostka	Dane
Produkcja koksu		Mt/rocznie	0,63 – 1,25
Przepływ wody pogazowej (nadwyżka wody)		m ³ /h	16 - 80
Rozcieńczanie przez inne ścieki		m ³ /h	0 - 40
Całkowity przepływ ścieków		m ³ /h	22 - 86
Właściwe przepływy ścieków (określone ilości ścieków)		m ³ /t koksu	0,31 – 0,69
Dopływ	pH	-	8,5 – 9,5
	Zawiesiny cząstek stałych	mg/l	30 - 40
	ChZT(x±s)	mg/l	200 – 6 500
	TOC (x±s)	mg/l	835 – 1 215
	BOD ₅	mg/l	800 – 3 000
	Fenol	mg/l	500 – 1 500
	SCN	mg/l	150 - 380
	N Kjeldahla	mg/l	300
	Amoniak (x±s)	mg/l	50 - 200
	Azotyny	mg/l	dn
	Azotany	mg/l	dn
	Olej i smoła	mg/l	40
	WWA (6 Borneff)	μg/l	200
Odpływ	pH	-	7,6 – 8,0
	Zawiesiny cząstek stałych	mg/l	42 - 75
	ChZT(x±s)	mg/l	45 - 800
	TOC (x±s)	mg/l	30 - 60
	BOD ₅ (x±s)	mg/l	<20
	Fenol	mg/l	0,1 - <2
	SCN	mg/l	<4,0
	N Kjeldahla	mg/l	3 - 10
	TNb	mg/l	3 - 30
	Amoniak (x±s)	mg/l	0,6 - 80
	Azotyny	mg/l	<1,3

Azotany	mg/l	0 (*) - 27
Olej i smoła	mg/l	5 - 15
WWA (6 Borneff)	µg/l	0,2 - <50

(*) Wartość ta dotyczy koksowni w Lorfonte Seremange, chociaż w teorii jest to niemożliwe; ale wysokie pozostałości zawartości amoniaku i znikome stężenie azotanów wskazują na zahamowania nityfikacji..

Uwaga:- Zakresy odzwierciedlają maksimum oraz minimum średnich dziennych na przestrzeni dwóch lat (2004 - 2005), z wyjątkiem dla BZT, BTX i PAH, które odnoszą się do mniejszej liczby próbek

— TNb = Azot związany.

— dn = dane niedostępne

Źródło:[65, InfoMil 1997] [88, Lohr et al. 1996] [89, Lohr et al. 1997] [260, Germany 2007] [272, Germany 2007] [320, Eurofer 2007] [341, Eurofer 2007] [372, Czech TWG member 2008].

ChZT jako sumaryczny parametr obejmuje szeroką gamę różnych organicznych związków chemicznych, takich jak fenol (1 000 – 2 000 mg / l), związki azotu ((-N Kjeldahla: 250 - 500 mg/l) i policykliczne węglowodory aromatyczne (WWA), (do 30 mg / l). Poza amoniakiem, inne związki, które zawierają nieorganiczny azot są również obecne, takie jak rodanki (150 - 350 mg/l) [InfoMill 65, 1997].

Poziomy stężenia monocyklicznych aromatycznych węglowodorów są raczej niskie. PAH są zasadniczo obecne w zaadsorbowanym stanie na stałych cząstek. Stwierdzono również obecność Benzopirenu [201, Colin et al. 2003] [202, USEPA 2002].

Ścieki z procesu utleniającego odsiarczania na mokro

Ścieki z procesów mokrego utleniającego odsiarczania są zazwyczaj oczyszczane oddzielnie ze względu na obecność związków, które mają szkodliwy wpływ na biologiczne oczyszczalnie ścieków.

Tabela 5.10 przedstawia skład ścieków z dwóch procesów mokrego utleniającego odsiarczania. Zastosowanie jednego z innych technik utleniającego odsiarczania na mokro może prowadzić do emisji do wody związków arsenu (proces Thylox), kwasu 1,4-naftochinon-2-sulfonowego (proces Takahax), kwasu pikrynowy i rodanek (proces Fumaks / Rhodacs).

Tabela 5.10: Skład ścieków z dwóch procesów mokrego utleniającego odsiarczania.

Komponent	Odsiarczanie Stretforda (g/l)
NH _{3(FREE)}	0,1
Na ₂ CO ₃	5,7 - 65
SCN	80 - 300
S ₂ O ₃ ²⁻	50
SO ₄ ²⁻	12,2
Wanadian (VO ₃ ⁻)	1,2
Antrachinon disulfonina	1,9
Źródło : [21, EC Coke 1996] [320, Eurofer 2007] [327, Eurofer 2007].	

Mokre gaszenie koksu

Zazwyczaj nie powstają ścieki z gaszenia koksu na mokro. Zużycie wody gaśniczej zależy od samego procesu gaszenia i waha się pomiędzy 1 - 3 m³/t koksu. W przypadku, kiedy gaszenie jest prowadzone właściwie, nadmiar wody jest zbierany, odprowadzany kolektorem i używany do następnego gaszenia. Zanieczyszczenia stałe mogą być oddzielone w komorach osadczyc lub filtrach piaskowych przed użyciem wody w następnym procesie

gaszenia. Straty wynikające z parowania wynoszą między 0,5 a 1 m³/t koksu i są zastępowane świeżą wodą.

5.2.2.3 Pozostałości procesowe z koksowni

Urządzenia wykorzystywane do produkcji koksu generują odpady stałe inne niż koksik i osady biologiczne w ilości około 1 kg/t koksu, jak pokazano w tabeli 5.11.

Tabela 5.11: Główne odpady/pozostałości procesowe z koksowni

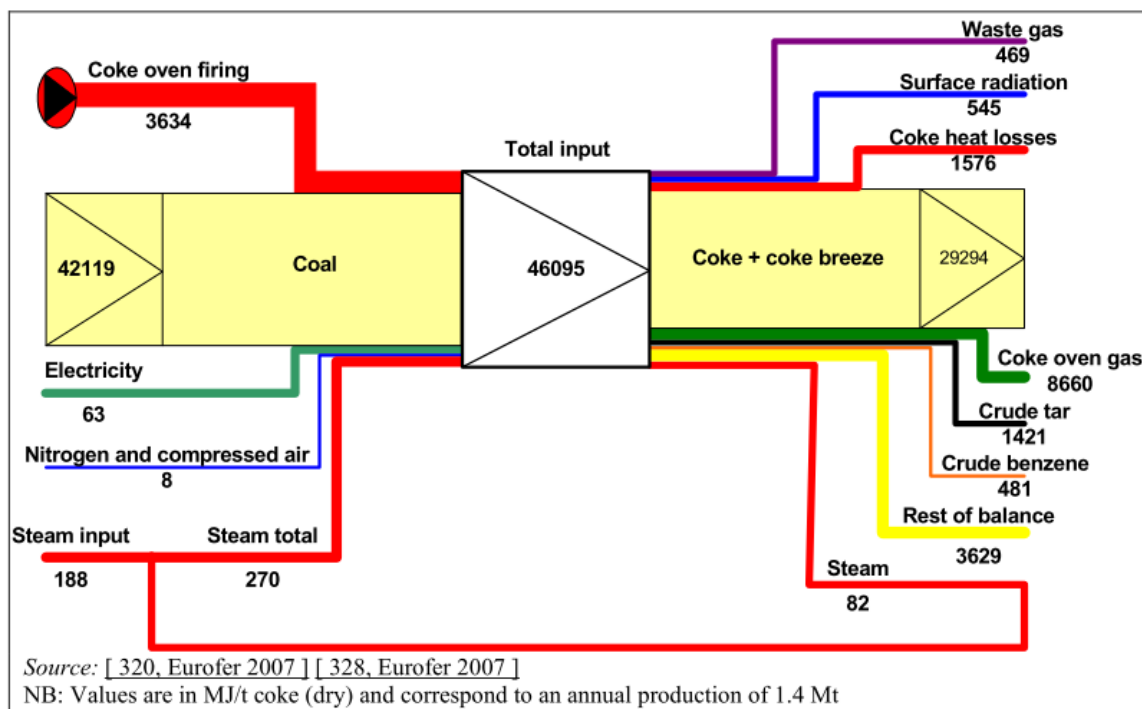
Odpady/pozostałości	Ilość (kg/t koksu)
Odzyskiwanie smoły węglowej	0,1
Dekantacja smoły	0,2
Zbiorniki magazynowe smoły	0,4
Benzolownia	0,2
Oczyszczanie ścieków	0,1
Zbieranie i odzyskiwanie naftalenu	0,02
Destylacja smoły	0,01
Osady nadmiarowy po biologicznym oczyszczaniu ścieków	-
Ogółem	1,03
<i>Źródło: [227, WB 1998].</i>	

Większość odpadów stałych zawiera składniki niebezpieczne, takie jak benzen i WWA. Wszystkie odpady procesowe są zwykle wykorzystywane ponownie w piecach koksowniczych. Wydzielone osady czynne powinny być odwadniane. Odwadniane osady mogą być dodawane do mieszanki wsadowej składowane na zabezpieczonym składowisku lub spalane w odpowiedniej instalacji.

5.2.2.4 Zapotrzebowanie na energię

Rysunek 5.11 przedstawia przykład rocznego zapotrzebowania na energię / bilans energetyczny koksowni działającej w zintegrowanej hucie. COG wyprodukowany przez koksownie oznacza, że odgrywa ważną rolę w zaopatrzeniu na energię i zarządzanie energią w hutach zintegrowanych (patrz rozdział 2.1.1) [320, Eurofer 2007].

Wyrażenie " reszta bilansowa" odnosi się do strat.



coal - węgiel

total inpt - całkowity pobór

waste gas - spaliny

coke heat losses- straty ciepła z koksu

coke oven gas- gaz koksowniczy

crude tar- surowa smoła

crude benzene- surowy benzol

steam - para

steam input - pobór pary

nitrogen and compressed air -azot i sprężone powietrze

electricity - energia elektryczna

Rysunek 5.11 przedstawia przykład rocznego zapotrzebowania na energię / bilansu energetycznego koksowni w zintegrowanej hucie.

5.2.2.5 Zanieczyszczenie gleby

W zakładzie oczyszczania gazu koksowniczego (wydział Węgl pochodnych) odzyskuje się takie substancje jak smoła i inne związki organiczne (np. BTX). Rozlanie lub wyciek tych związków może spowodować zagrożenie zanieczyszczenia gleby, w zależności od lokalnych warunków glebowych. Ponadto, rozlanie lub wyciek wody pogazowej może także spowodować zagrożenie zanieczyszczenia gleb. Tylko krótki opis możliwych środków zostanie tu opisany i zawiera on: tu m.in

- zminimalizowanie liczby kołnierzy i króćców
- rury i połączenia kołnierzowe muszą być widoczne w celu poddawania ich okresowej inspekcji – jeżeli jest to możliwe (np. rurociągi umieszczone ponad ziemią, lub w osłonie (izolacji)), chyba że wiek i położenie urządzeń na zakładzie to uniemożliwia,
- czynności przechowywania i transportu substancji, które są potencjalnie szkodliwe dla gleby powinny być wykonywane w taki sposób i posiadać takie środki bezpieczeństwa, aby zapobiec wyciekom do gleby

- wydzielanie wód gruntowych, jeżeli konieczne lub w przypadku rekultywacji (patrz tabela 5.22).

5.3 Techniki, które należy uwzględnić przy określaniu BAT

W niniejszej części opisane zostały techniki (lub ich kombinacje) oraz powiązany z nimi monitoring, które mogą zapewnić wysoki poziom ochrony środowiska w czasie prowadzenia działań opisywanych w niniejszym dokumencie.

Obejmuje ona techniki zintegrowane z procesem oraz środki stosowane po jego zakończeniu (techniki „końca rury”). Rozważane są również procedury unikania generowania odpadów oraz zarządzanie nimi, w tym minimalizacja ilości odpadów i ich recykling. Co więcej omawiane są techniki ograniczające zużycie surowców, wody oraz energii.

Informacje zawarte w tym rozdziale będą odnosiły się do kryteriów ustalania najlepszych dostępnych technik (BAT) wymienionych w aneksie III do dyrektywy. W miarę możliwości, standardowa struktura, jak pokazano w tabeli 5.12 służy do przedstawienia informacji zebranych odnośnie każdej techniki, aby umożliwić porównanie technik i ocenę w odniesieniu do definicji BAT podanej w Dyrektywie.

Niniejszy rozdział niekoniecznie przedstawia pełną listę technik, które można zastosować w sektorze i inne techniki mogą funkcjonować lub zostać opracowane, a następnie uwzględnione przy ustalaniu BAT dla poszczególnych instalacji.

Tabela 5.12: Podział informacji dla każdej z technik omawianej w niniejszym rozdziale

Rodzaj rozważanej informacji	Rodzaj zawartej informacji
Opis	Krótki opis techniczny z rysunkami, diagramami i grafami, jeśli to konieczne.
Korzyści dla środowiska	Główne potencjalne korzyści dla środowiska możliwe do osiągnięcia dzięki zastosowaniu techniki (w tym oszczędność energii, wody, surowców, jak również zwiększenie produktywności, wydajności energetycznej itp.).
Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska	<p>Potencjalne efekty uboczne dla środowiska i niekorzystne oddziaływanie na inne komponenty związane z zastosowaniem techniki, w tym szczegóły wpływu środowiskowego techniki w porównaniu z innymi (wady i zalety podparte danymi, jeśli są dostępne) w celu dokonania oceny wpływu techniki na środowisko jako całość. Może to obejmować takie kwestie jak:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zużycie surowców i wody, • zużycie energii i przyczynienie się do zmian klimatu, • możliwość kurczenia warstwy ozonu w stratosferze, • możliwość tworzenia ozonu fotochemicznego, • zakwaszanie w związku z emisjami do atmosfery, • pył w powietrzu (w tym mikrocząsteczki i metale), • eutrofizacja gleb i wód w związku z emisjami do atmosfery lub wody, • możliwość zmniejszania ilości tlenu w wodzie, • trwałe/toksyczne/bioakumulujące związki z wodzie lub glebie (w tym metale), • tworzenie lub zmniejszanie ilości pozostałości z procesu (odpadów), • możliwość ponownego wykorzystania lub ponownego wykorzystania pozostałości (odpadów), • hałas i/lub przykre zapachy, • ryzyko wypadków.
Dane operacyjne	Faktyczne dane dotyczące wydajności (w tym warunki odniesienia, okresy i metody monitorowania) poziomów emisji, poziomów zużycia (surowców, wody, energii) oraz ilości wytworzonych odpadów. Wszelkie inne użyteczne informacje dotyczące działania, konserwacji i sterowania daną techniką.
Możliwość zastosowania	Wskazanie na rodzaj zakładów lub procesów, w których dana technika może lub nie może zostać zastosowana, jak również na ograniczenia jej zastosowania w określonych przypadkach, z uwzględnieniem np. wieku zakładu (nowy lub istniejący), czynników związanych z modernizacją (np. dostępność miejsca), rozmiar zakładu (duży lub mały), już zainstalowanych technik oraz rodzaju lub jakości produktu.

Ekonomia	Informacje dotyczące kosztów (inwestycyjnych i operacyjnych) oraz wszelkich możliwych oszczędności (np. ograniczone zużycie surowców lub energii, opłaty za odpady) lub przychodów, w tym szczegółowe informacji dotyczące sposobu ich obliczenia/oszacowania. Podane zostaną informacje gospodarcze związane z nową budową i modernizacją dostosowującą technikę do istniejących instalacji. Powinno to pozwolić na określenie, tam gdzie jest to możliwe, całkowitego wpływu ekonomicznego danej techniki.
Przesłanki do wdrożenia	Konkretne warunki lokalne, wymagania (np. legislacyjne, środki bezpieczeństwa) lub bodźce nieśrodowiskowe (np. zwiększona produktywność, lepsza jakość produktu), które doprowadzały dotychczas do wdrożenia techniki.
Przykładowe zakłady	Odniesienie do zakładu/zakładów, w których wdrożona została dana technika i z których dane zostały zebrane i wykorzystane do opracowania obecnego podrozdziału. Wskazanie na rozpowszechnienie danej techniki w Europie i na świecie.
Literatura przedmiotu	Literatura przedmiotu lub inne materiały referencyjne (np. książki, raporty, opracowania, strony internetowe) wykorzystane do opracowania podrozdziału i zawierające bardziej szczegółowe informacje dotyczące techniki.

5.3.1 Przygotowanie węgla

Opis

Warunkiem dobrego funkcjonowania koksowni, jak opisano w pkt 5.3.4 jest zoptymalizowane przygotowanie węgla. Zakupiony węgiel może być wstępnie przetworzony przez wzbogacania (najlepiej w kopalni węgla kamiennego) i procesy przygotowania mieszanek węglowych, które poprawiają jakość wsadu węgla do produkcji koksu o pożądanej jakości wraz z obniżoną emisją tlenków siarki i innych zanieczyszczeń.

Optymalne prace koksowni wymaga sporządzenia mieszanki węglowej, która jest możliwie jednolita. Nowoczesny zakład obróbki wstępnej węgla składa się z mieszających mieszalników zasypowych, instalacji rozdrabniania / przesiewania węgla, sprzętu transportowego, instalacji do odpylania, taśmociągów w obudowie i ewentualnie dodatkowych procesów, takich jak suszenie węgla lub dodanie dodatków do węgla.

Te procesy rozdrabniania i przesiewania przeprowadza się zwykle w budynkach. Wszystkie odpowiednie urządzenia powinny być obudowane. Emisje z tych urządzeń i punktów transportu materiałów powinny być wychwytywane i usuwane w cyklonach, RotoClones®, płuczkach i mokrych odpylaczach elektrostatycznych, filtrach workowych, młyny do mielenia pierwotnego i wtórnego powinny być obudowane. Jeżeli to wymagane, to należy stosować obudowane taśmociągi do transportu węgla. W celu ograniczania emisji pyłu na składowisku węgla można używać zraszaczy i emulsji plastycznych. Aby zmniejszyć prędkość wiatru należy stosować odpowiednie płyty lub wały przeciwwietrzne. Jeśli to konieczne, należy stosować obudowane składowiska. Należy minimalizować strefę wolnego opadania węgla z taśmociągu w zależności od wielkości zakładu i konstrukcji. Jeśli jest to możliwe, to strefa ta powinno być mniejsza niż 0,5 m.

Korzyści dla środowiska

Dla wyodrębnionych emisji, mogą zostać osiągnięte wartości <10 - 20 mg/Nm³.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Brak dostępnych danych.

Ekonomika

Brak dostępnych danych.

Przesłanki do wdrożenia

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Brak dostępnych danych.

Literatura przedmiotu

[211, Remus, Rainer 2008] [223, USEPA 2001] [227, WB 1998] [283, EC 2006]

5.3.2 Minimalizowanie emisji ładowania podczas obsadzania pieca

Opis

Obsadzanie komór jest najczęściej wykonywane przez grawitacyjne napełnianie z wozu stropowego. Trzy podstawowe techniki stosowane są w celu zmniejszenia emisji podczas obsadzania komór w ten sposób:

1. "bezdymne" obsadzanie. System ten wykorzystuje gazoszczelne połączenia między komorą koksowniczą i wozem zasypowym. Komory są szybko wypełniane węglem przez cztery lub pięć otworów zasypowych. W trakcie zasypywania włączane jest odsysanie za pomocą hydroinżekcji lub inżekcji parowej w kolanie rury wznosnej.
2. sekwencyjny zasyp lub stopniowy zasyp. W tym procesie, otwory zasypowe są wypełniane jeden po drugim. Ten typ obsadzania trwa stosunkowo długo. Odsysanie prowadzi się po obu stronach pieca, albo przez użycie dwóch rur wznosnych (jeśli są obecne) lub przy użyciu jednej rury wznosnej i rury przerzutowej podłączonej do sąsiedniego pieca. Połączenie między wozem zasypowym i piecem nie jest gazoszczelne, ale ze względu podciśnienia (odsysania), praktycznie nie występuje emisja kiedy otwarty jest tylko jeden otwór zasypowy.
3. zasyp z użyciem rękawa teleskopowego również znane jako "zasyp japoński"; tego rodzaju umieszczanie węgla odbywa się poprzez jednoczesne zasyp przez (zwykle) cztery otwory załadownicze. Połączenia między wozem zasypowym i piecem koksowniczym nie jest gazoszczelne, lecz jest otoczone przez "rękawy teleskopowe", z których gazy są wyodrębniane i doprowadzane do kolektora za pośrednictwem specjalnego układu łączącego kolektor zbiorczy z wozem zasypowym. Wydzielone gazy są spalane, a następnie prowadzone przez urządzenie zatrzymujące pył, który jest usytuowane na ziemi. W niektórych przypadkach wóz zasypowy wyposażony jest w urządzenia odpylające służące oczyszczaniu wychwytywanych gazów [227, WB 1998].

Przez wyrównanie wsadu już w trakcie obsadzania, powinna być utworzona wolna przestrzeń gazowa w górnej części pieca, w rezultacie tworzy się możliwość niezakłóconego odsysania gazu w czasie ładowania jak i podczas procesu koksowania. W ten sposób, poziom emisji podczas obsadzania może być zmniejszony. Efekt tej techniki zależy w dużej mierze od konstrukcji pieca, a następnie od sposobu wyrównywania i zasypywania.

Korzyści dla środowiska

Emisje podczas obsadzania mogą być bardzo niskie we wszystkich tych systemach. Głównym czynnikiem jest nadciśnienie w komorze pieca i w teleskopowej rurze zasypowej.

Emisje pochodzące z obsadzania są trudne do oszacowania, ale <30 sekund widocznych emisji w czasie zasypywania jest ogólnie osiągalne. Emisje mniejsze niż 10 sekund są osiągalne w optymalnych warunkach. Standardem obowiązującym w Stanach

Zjednoczonych, zgodnie z metodą EPA 303 dla wszystkich koksowni z węgl pochodnymi jest 12 sekund widocznych emisji na jednym zasypie. Wartości mniejsze niż 5 sekund zmierzono w praktyce w 51 amerykańskich bateriach [235, 1999 Ailor].

Zgłoszone emisje pyłu z obsadzania przy użyciu rękawów teleskopowych z jednostką pyłu odpylania umieszczoną na wozie zasypowym wynosi mniej niż 5 g/t koksu (stężenie <50 mg/Nm³). W tym przypadku gaz obsadowy jest spalany przed wypuszczeniem do atmosfery.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Niektóre systemy są bardziej wrażliwe na problemy eksploatacyjne niż inne.

Możliwość zastosowania

Technikę można stosować w nowopowstałych i już istniejących zakładach.

Ekonomika

Brak dostępnych danych.

Przesłanki do wdrożenia

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Obsadzanie z minimalizacją emisji jest zastosowane w wielu zakładach na całym świecie. Tabela 5.13 podaje kilka przykładów.

Tabela 5.13: Przykładowe zakłady z koksowniczymi systemami ładowania minimalizującymi emisje.

Techniki ładowania	Przykładowe zakłady
„bezdymne”	<ul style="list-style-type: none"> • Bateria nr 2, Corus, IJmuiden, Holandia • Koksownia ArcelorMittal, Ghent, Belgia • Koksownia ArcelorMittal, Dunkirk, Francja • Koksownia ArcelorMittal, Fos sur Mer, Francja • Koksownia Gijon, Hiszpania • Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria • Rivagroup Taranto, Włochy
Sekwencyjne/eta powe	<ul style="list-style-type: none"> • Wiele zakładów w Stanach Zjednoczonych; • Coke oven Hüttenwerke Krupp Mannesmann, DuisburgHuckingen, Niemcy • Koksownia Prosper, Bottrop, Niemcy
"Japońskie"	<ul style="list-style-type: none"> • Koksownia 1, Kawasaki Steel Corporation, Chiba Works, Japonia • Koksownia, Nippon Steel Corporation, Kimitsu Works, Japonia • Koksownia, Sumitomo Metal Industries, Wakayama Works, Japonia • Piec koksowniczy 1, Corus, IJmuiden, Holandia • Koksownia ArcelorMittal, Dunkirk, Francja • BHP Steel, Australia

Literatura przedmiotu

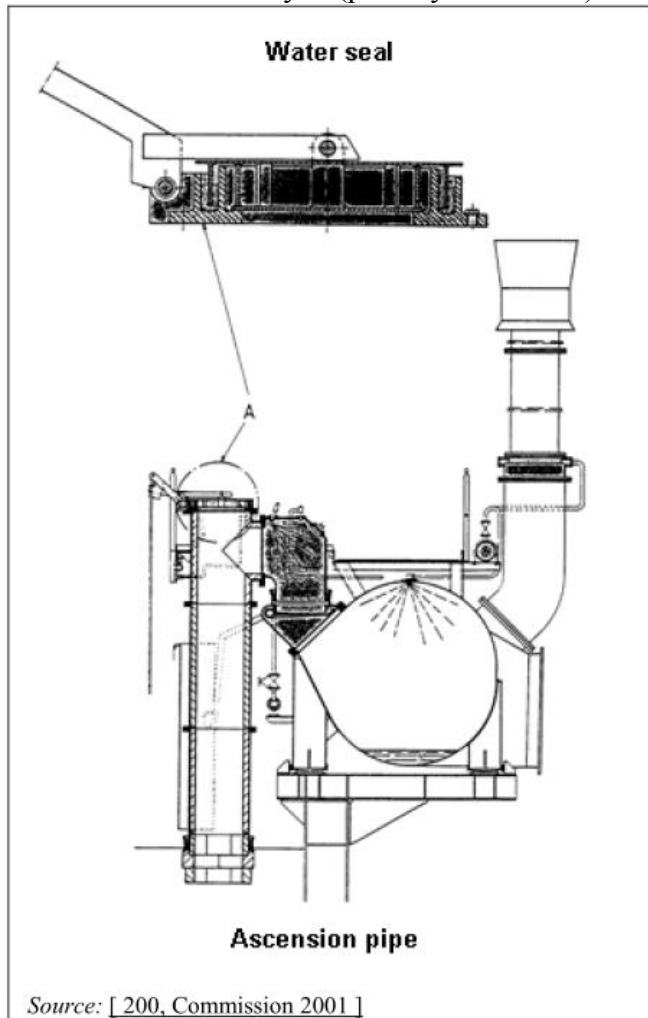
[33, Eisenhut et al. 1988] [215, BSS 2007] [223, USEPA 2001] [227, WB 1998] [320, Eurofer 2007] [337. Eurofer 2007]

5.3.3 Uszczelnianie rur wznosnych i otworów zasypowych

Opis

Podczas procesu koksowania emisje rozproszone z otworów pieca koksowniczego mogą być zminimalizowane przez skuteczne uszczelnienie tych otworów po operacji wypchnięcia i obsadzania. Jednakże takie środki mogą być skuteczne tylko jeśli towarzyszy im staranna konserwacja i oczyszczanie.

Uszczelnienie wodne rur wznosnych jest standardowym wyposażeniem w większości zakładów koksowniczych (patrz rysunek 5.12).



water seal - uszczelnienie wodne

ascension pipe - rura wznosna

Rysunek 5.12 Rura wznosna komory pieca koksowniczego

Dodatkowo, wiele starszych zakładów jest również wyposażona w uszczelnienia wodne rur wznosnych. Uszczelnienie wodne może być bardzo skuteczna, pod warunkiem, że zasilanie wodą i rurociąg spływowy nie będą zablokowane.

Najlepszym sposobem utrzymywania szczelności otworów zasypowych jest zalepianie ich starannie materiałem typu glina lub podobnym produktem.

Jakość uszczelnień rury wznosnej i otworów zasypowych powinna być monitorowana. Różne metody szacowania emisji niezorganizowanych z pieców koksowniczych są stosowane. Osiągnięte poziomy emisji wyrażone jako częstotliwości nieszczelności z całkowitej liczby

rur wznosnych i otworów zasypowych wykazujących widzialną emisję lub masa/czas, zależy od metody monitorowania. Na przykład metoda EPA 303 dostarcza wyniki z procedury obserwacji, którą należy wyrazić w procentach nieszczelności. Jednakże metodologia DMT (Deutsche Montan Technologie GmbH), która jest w dużym stopniu zgodna z metodą EPA, umożliwia obliczanie emisji dziennych na podstawie pomiarów podstawowych, wprowadza cztery różne stopnie emisji oraz bierze pod uwagę czas trwania widocznych emisji podczas obserwacji.

Poniższe kroki metodologiczne monitoringu stosowane są na jednym przykładowym zakładzie:

- emisja z rur wznosnych i pokryw otworów zasypowych jest określana ze stropu baterii, z odległości 2m od rury wznosnej i otworu zasypowego. Widzialna emisja/wycieki z rur wznosnych jest również określana z poziomu odbieralnika,
- rury wznosne i otwory zasypowe są obserwowane raz dziennie (są wybierane przypadkowo), widzialne emisje wynikające z normalnej działalności (obsadzanie, wypychanie koksu) nie są brane pod uwagę jako wycieki,
- określa się procentową średnią tygodniową nieszczelność.

Korzyści dla środowiska

Uszczelnienia wodne rur wznosnych i zalepianie odpowiednim materiałem pokryw otworów zasypowych pozwolą znacznie ograniczyć emisję pyłów, CO i węglowodorów (patrz Tabela 5.2).

Z uszczelnionymi pokrywami, maksymalnie 1% otworów zasypowych wykazuje widoczne emisje. Również w przypadku elementów odprowadzających gaz koksowniczy z baterii do odbieralnika, to jest: rura wznosna, kolano i stacjonarna rura przerzutowa, możliwe jest otrzymanie średniotygodniowej emisji na poziomie 1%.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Uszczelnienie wodne pokryw rur wznosnych generuje dodatkowy strumień ścieków. Ścieki te mogą być w niektórych przypadkach dodawane do zbiorników wody amoniakalnej lub podawane do kolumn odpędowych amoniaku. Energia elektryczna jest zużywana przez pompy do cyrkulacji wody.

Uszczelnienie otworów do ładowania nie powoduje znaczących oddziaływań na środowisko.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Technika ta ma zastosowanie zarówno w nowych, jak i istniejących zakładach. W nowych zakładach konstrukcja rur wznosnych i pokryw otworów zasypowych może być zoptymalizowana w celu ograniczenia emisji niezorganizowanych.

Ekonomika

Brak dostępnych danych.

Przesłanki do wdrożenia

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Wiele zakładów na świecie stosuje wodne uszczelnienia pokryw rur wznosnych. Co więcej, prawie wszystkie zakłady zalepiają przestrzenie pomiędzy otworami zasypowymi a ich pokrywami: automatycznie lub ręcznie.

Literatura przedmiotu

[33, Eisenhut et al. 1988] [249, Netherlands 2007] [320, Eurofer 2007]

5.3.4 Stabilna i niezakłócona praca zakładu koksowniczego

Opis

Wraz z systemem konserwacji i działaniami oczyszczania, sprawne i niezakłócone działanie pieca koksowniczego jest jednym z najważniejszych zintegrowanych z procesem środkiem kontroli emisji. Jeżeli występują zakłócenia w procesie, może to doprowadzić do ekstremalnych szoków termicznych i zwiększenia prawdopodobieństwa „zaciśnięcia” koksu w komorze. Ma to negatywny wpływ na maszynę ceramiczną i na samą komorę, i może prowadzić do zwiększenia nieuszczelnienia i niekorzystnych warunkach pracy.

Konieczność stabilnego i niezakłóconego prowadzenia procesów produkcyjnych przekłada się na wysoką niezawodność maszyn piecowych i instalacji, zwiększa również jej wydajność.

Na emisję z baterii ma również pozytywny wpływ niezakłócona praca Węglowodoków.

Poprzez kontrolowanie temperatury ścian grzewczych (urządzenia pomiarowe zamontowane na drążu wypychowym) można ustalić rozkład temperatury w komorze, co pozwala na wyciągnięcie wniosków o efektywności systemu grzewczego baterii.

W oparciu o te rezultaty można podjąć decyzję o remoncie lub optymalizacji operacji na baterii.

Niezbędne jest sprawdzanie, czy koks przed wypchnięciem jest w pełni wygarowany - może zapobiec emisji LZO lub emisji z samozapłonu pozostałości gazów koksowniczych, gdy drzwi są otwarte.

Automatyzacja wytwarzania koksu umożliwia koksowni działanie z optymalną wydajnością. Niektóre przykłady opcji sterowania to:

- system na podczerwień pomiaru temperatury na powierzchni dwóch ścian grzewczych
- Pirometr na podczerwień z integralną pamięcią danych do robienia ręcznych pomiarów na kanałach grzewczych
- redukcja liczby chmur poprzez wdrożenie systemu rejestracji chmur (na przykład, system kamer termowizyjnych), który pozwala na rejestrowanie wszystkich nieprawidłowych wydarzeń, Analizowanie zapisów i powiązanie ich z głównymi określonymi przyczynami emisji, np. wypychanie niewygarowanego koksu, składników brykiety koksowej, mechanicznych przyczyn (zatykanie) oraz jakości systemu okapturzenia i wreszcie korekcji wad (wysokość wsadu i regulacja ogrzewania, modyfikacje jakości ładowania, operacje czyszczenia, itp.).
- umieszczenie w strategicznych miejscach systemu kamer przemysłowych do monitorowania emisji do powietrza z pieców koksowniczych. Niektóre mogą być montowane w koksowni, a inne mogą być montowane na niektórych odcinkach, aby zapewnić przegląd działań. Kamery przesyłają obrazy do operatorów w centrach kontroli i te zdjęcia mogą być zapisywane i archiwizowane dla celów analitycznych
- system komputerowy do obliczania ilości ciepła wymaganego w każdej baterii
- system automatycznego wypychania i obsadzania do wspierania załóg operacyjnych
- System do kontroli procesów produkcyjnych Węglowodoków.

Korzyści dla środowiska

Znacząca część emisji z zakładów koksowniczych spowodowana jest nieuszczelnieniami (poprzez pęknięcia) pomiędzy komorą koksowniczą a komorą grzewczą, a w wyniku zdeformowanych drzwi, ram drzwiowych, stojaków kotwicznych itp. Tym emisjom można zapobiec, w dużej mierze, poprzez stabilny i niezakłócony proces technologiczny. Co więcej, technika ta może znacznie zwiększyć czas działania koksowni.

Zarejestrowane obrazy mogą być użyte w celu zbadania i określenia emisji i dokładnego wyjaśnienia, skąd pochodzą i co dzieje się w zakładzie w określonym czasie. Analiza ta dostarcza cennych informacji do zapobiegania przyszłym nietypowym zdarzeniom.

Emisji pyłów można w dużym stopniu zapobiegać.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Nieznane są wzajemne powiązania pomiędzy różnymi komponentami środowiska.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Technikę można stosować w nowopowstałych i już istniejących zakładach. Ze względu na modułową budowę pieca koksowniczego, projekt urządzeń automatycznych do wytwarzania koksu pozwala na dopasowanie do potrzeb rozwiązania zgodnie ze specyficznymi wymaganiami klienta.

Ekonomika

Ogólnie rzecz biorąc, unikanie wypychania niewygarowanego koksu zwiększa produktywność koksowni.

Przesłanki do wdrożenia

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Większość operatorów na świecie, jest przygotowana do prowadzenia ich koksowni tak sprawnie, jak to możliwe. Jednak zachęty ekonomiczne mogą wywołać wyższy poziom produkcji i zwiększyć szanse na mniej stabilną pracę zakładu.

Jednym z przykładów tej techniki opisaney w trzecim podpunkcie powyżej jest koksownia w ArcelorMittal, Dunkierka, Francja.

Jednym z przykładów metody opisaney w czwartym punkcie jest BHP steel w Australii.

Literatura przedmiotu

[65, InfoMil 1997 || 215, BSS 2007 || 223, USEPA 2001 || 227, WB 1998 || 252, France 2007 || 253, ICSTI' 06 2006 || 320, Eurofer 2007]

5.3.5 Obsługa baterii

Opis

Obsługa baterii jest jednym z najważniejszych środków zintegrowanych z procesem i jest czynnikiem decydującym o działaniu sprawnym i bezawaryjnym (stabilnej i niezakłóconej pracy koksowni).

Obsługa można być wykonywana w sposób okresowy lub w sposób ciągły. Niemożliwe jest ustanowienie stałego albo minimalnego okresu czasu dla obsługi baterii. Czynności konserwacji i utrzymania ruchu powinny być elementem systematycznego programu i być wykonywana przez specjalnie przeszkolony personel remontowy (np. podczas dwóch zmian). Program obsługi w koksowni ArcelorMittal, Ghent, Belgia opisano poniżej jako przykład. W tej koksowni dla każdego pieca sporządza się szczegółowy raport po przeglądzie wykonywanym średnio co 5 lat, w zależności od stanu komór. W celu wykonania takiego przeglądu należy odstawić komorę z ruchu na około tydzień, w trakcie którego wykonuje się następujące czynności::

- okresowa przegląd pieców (np.jeden dziennie)
- Odgraitowanie komory (ściany, sufit, rury wznosne),
- spawanie ceramiczne pęknięć, dziur i uszkodzeń powierzchni ogniotrwałej masywu ceramicznego,
- naprawa podłogi komory koksowniczej przez wylewanie cementem
- napylenie drobnych pęknięć
- kompletny przegląd drzwi; kompletny demontaż wszystkich poszczególnych części, czyszczenie i ponowny montaż, ponowna regulacja elementów uszczelniających . Wymiana uszkodzonych cegieł ogniotrwałych, w wielu przypadkach kompletna wymiana ogniotrwałej wymurówki drzwi jest konieczna.

Oprócz tego remontu, regularnie sprawdzane i regulowane są elementy uzbrojenia bocznego pieca (sprężyny, okotwiczenie itp.).

Inne programy zawierają np.:

- okresowe czyszczenie kolan i odbieralników w celu wyeliminowania przeszkód ich zablokowania,
- czyszczenie pokryw
- ulepszenia urządzeń do diagnostyki/naprawy komory koksowniczej.

Korzyści dla środowiska

Prawidłowa konserwacja zapobiega powstawaniu pęknięć w masywie ceramicznym i minimalizuje nieszczelności i w konsekwencji emisję z niecałkowicie spalonego gazu koksowniczego. Zapobiega to widocznemu dymieniu kominów odprowadzających spaliny z opalania pieca koksowniczego. Ponadto kontrola, obsługa, doregulowanie elementów dociskowych oraz przegląd drzwi i ram zapobiegają wyciekom. Utrzymywanie w dobrym stanie kolan i odbieralnika także zapobiega emisji podczas obsadzania.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Nieznane są wzajemne powiązania pomiędzy różnymi komponentami środowiska.

Dane operacyjne

Opisany program obsługi został wprowadzony w ogóle przez wszystkich operatorów (np. ArcelorMittal Ghent, Belgia od 1986 roku), z dużym powodzeniem.

Możliwość zastosowania

Ciągle lub w okresowe programy obsługi mogą być stosowane zarówno w nowych, jak i istniejących zakładach.

Ekonomika

Koszty osobowe dla wykwalifikowanych pracowników realizujących program konserwacji są znaczne (ok. 2 EUR/t koksu w przypadku Arcelor Mittal, Ghent, Belgia), ale jako część sposobów na stabilną i niezakłóconą pracę koksowni przyczynia się do zwiększenia wydajności, a tym samym kompensuje w/w koszty.

Przesłanki do wdrożenia

Zamiar prowadzenie zakładu koksowniczego tak sprawnie jak to możliwe z optymalną wydajnością i zminimalizowaną emisją jest siłą napędową dla realizacji tej techniki.

Przykładowe zakłady

Koksownia ArcelorMittal, Ghent, Belgia Jest to popularna technika wprowadzana przez wszystkich operatorów koksowniczych.

Literatura przedmiotu

[200, Commission 2001][223, USEPA 2001][225, Brouhon 2006][242, Caughlin 2007]
[253, ICSTI 06 2006][254, Eurofer 2007][276, Italy 2007][320, Eurofer 2007][330, Eurofer 2007]

5.3.6 Większe komory koksownicze

Opis

Rozwój szerszych i wyższych komór koksowniczych jest inspirowany dwoma głównymi czynnikami:

- Lepszą ochronę środowiska poprzez ograniczenie ilości cykli/dobę i zmniejszenie długości (obwodu) powierzchni, które muszą być uszczelnione,
- Niższe koszty inwestycyjne i produkcyjne, ponieważ do produkcji niezbędny jest tylko 1 zestaw maszyn.

Główne cechy wysokich lub szerokich komór koksowni to duża pojemność pieca w porównaniu do konwencjonalnych pieców. Tak więc dla danej wydajności, całkowita długość uszczelnienia drzwi piecowych i częstotliwość wypychania jest mniejsza. Jednak szczególnie

uwagę należy zwrócić na uszczelnienia, ponieważ trudniej jest utrzymać ich gazoszczelność, zwłaszcza w górnej i dolnej części.

Korzyści dla środowiska

Jeżeli drzwi piecowe są odpowiednio obsługiwane/konserwowane, kiedy są wyposażone w sprężynujące uszczelnienie elastyczne oraz kiedy są eksploatowane w podobnych warunkach techniczno – ruchowych, co konwencjonalne komory, to można się spodziewać, że emisja niezorganizowana (na tonę koksu) z drzwi piecowych i ramek uszczelniających będzie wprost proporcjonalna do redukcji długości powierzchni uszczelnionych.

Spodziewana jest także redukcja emisji z operacji wypychania koksu, ponieważ ta emisja jest wprost proporcjonalna do liczby wypchnięć (*korzystniejszy stosunek liczba wypchnięć/tonę koksu*). Niemniej jednak, wskaźniki emisji (np. emisja na pokrywie, emisje przez drzwi) nie są uzależnione od zastosowania większych komór koksowniczych.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Większe drzwi piecowe wymagają intensywniejszej obsługi. Tabela 5.14 przedstawia charakterystykę kilku typów pieców koksowniczych.

Tabela 5.14: Charakterystyka kilku rodzajów pieców koksowniczych.

Aspekt	Jednostka	Mały	Średni	Duża		
• Wymiary (użyteczne)						
• wysokość	m	4,5	6,0	7,1	7,85	8,23
• długość	m	11,7	14,2	15,9	17,2	20,8
• Szerokość:	m	0,45	0,45	0,59	0,55	0,59
objętość użyteczna	m ³	22,1	36,4	62,3	70,0	93
Wydajność produkcji	t koksu /piec	12,7	21,3	39,8	43,0	55
Liczba komór	#	322	187	142	120	140
Całkowita liczba otwarć komór	#	2898	1496	1278	1080	380
Długość powierzchni uszczelniających	km	10,5	6,9	6,2	6,0	5,0
Liczba wypchnięć /dobę	#/d	430	257	138	128	135
Liczba operacji otwarcia/dobę	#/d	3 870	2 056	1 242	1 152	945
Długość powierzchni uszczelniających do oczyszczania	km/d	14,0	9,5	6,0	5,6	4,9
Źródło: [33, Eisenhut et al. 1988] [204, Neuwirth et al. 2003] [320, Eurofer 2007] [335, Eurofer 2007].						

Nie znane są konkretne problemy z zakładami o szerokich i wysokich komorach. W takich komorach wytrzymałość ścian musi być większa.

Możliwość zastosowania

Zastosowanie tylko do nowych obiektów. W niektórych przypadkach, większe komory pieca koksowniczego mogą być wybrane tylko po całkowitej przebudowy starej baterii od fundamentów.

Ekonomika

Brak dostępnych danych.

Przesłanki do wdrożenia

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

- koksownia, Hüttenwerke Krupp Mannesmann, Duisburg-Huckingen, Niemcy
- Bateria Nr. 3 w Prosper , Bottrop, Niemcy
- koksownia Schwelgern, KBS, Duisburg-Schwelgern, Niemcy
- koksownia, ArcelorMittal, Ghent, Belgia.

Literatura przedmiotu

[33, Eisenhut et al. 1988] [129, Stalherm et al. 1990] [204, Neuwirth et al. 2003] [320, Eurofer 2007] [335, Eurofer 2007]

5.3.7 Udoskonalenie drzwi piecowych i ramek uszczelniających

Opis

Gazoszczelność drzwi piecowych jest niezbędna i może być osiągnięta przez zastosowanie następujących środków:

- użycie elastycznych, sprężynujących uszczelnień drzwi piecowych
- staranne czyszczenie drzwi i ich ram przy każdym wypchnięciu koksu,
- kanały gazowe wewnątrz drzwi.

Istniejące baterie mogą być wyposażone w nowe sprężynujące uszczelnienie drzwi, jeżeli ramy drzwiowe i panczerze nie są zbyt zdeformowane. W związku z tym, wytrzymałość stojaków kotwicznych odgrywa ważną rolę, ponieważ panczerze (stykające się z masywem ceramicznym), najlepiej są utrzymywane na miejscu za pomocą sprężyn, które są zamocowane do stojaków kotwicznych..

Należy zauważyć, że sytuacja różni się dla małych i dużych pieców. Komory o wysokości mniejszej niż 5m, z drzwi o uszczelnieniu nożowym w połączeniu z dobrą konserwacją być są w stanie wystarczająco przeciwdziałać emisji z drzwi.

Działanie uszczelnień drzwi piecowych i ram powinno być monitorowane (patrz punkt 2.5.5.6.3).

Korzyści dla środowiska

Wartości konkretnych emisji z drzwi z uszczelnieniem elastycznym są znacznie niższe niż te z tradycyjnych drzwi. Drzwi „nowej generacji” umożliwiają utrzymanie widocznej emisji w granicach poniżej 5% z całkowitej ilości drzwi piecowych baterii po obu jej stronach (maszynowa i koksowa) jako średnia tygodniowa. W oparciu o określenie z metody 303 EPA w amerykańskich bateriach można otrzymać wskaźnik emisji poniżej 4% jako średnia 30-dniowa. Jednakże, można spotkać przykłady dobrych wyników na małych bateriach z tradycyjnych (nożowym) uszczelnieniem drzwi, które miały dobrą obsługę (technologiczną i utrzymania ruchu) i słabe wyniki na dużych piecach z drzwiami z uszczelnieniem elastycznym, które miały obsługę niskiej jakości. Generalnie uszczelnienie elastyczne oferuje lepsze warunki dla doszczelnienia, szczególnie w dużych piecach

Kanały gazowe z dużymi przekrojami poprzecznymi umieszczone za korpusem drzwi (poprzez wcięcia w drzwiach albo w wymurówce ogniotrwałej) lub zintegrowane z uszczelnieniem, zmniejszenie gradientu ciśnienia pomiędzy wewnętrzną i zewnętrzną stroną uszczelnienia.

Ulepszenia zastosowane do drzwi drąga wyrównawczego spowodowało redukcji emisji nieorganizowanych z tych drzwi o 93%. ulotnych

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Nie występują żadne skutki uboczne stosowania techniki.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Zastosowanie w nowych i w niektórych przypadkach, istniejących zakładach.

Ekonomika

Inwestycja na wymianę drzwi baterii koksowniczej to około 6 mln EUR w koksowni z około stu piecami i która produkuje 1,2 - 1,5 mln ton koksu rocznie.

Przesłanki do wdrożenia

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Następujące nowe i przebudowane zakłady w których zastosowano sprężynowe uszczelnienie elastyczne drzwi:

- bateria nr 1, Corus, IJmuiden, Holandia
- piec koksowniczy Hüttenwerke Krupp Mannesmann, DuisburgHuckingen, Niemcy
- Piec koksowniczy w BHP Steel w Australii
- ArcelorMittal, Fos sur Mer, Francja
- ArcelorMittal, Dunkirk, Francja
- Rivagroup Taranto, Włochy

Literatura przedmiotu

[161, Vos 1995] [215, BSS 2007] [223, USEPA 2001] [252, France 2007] [320, Eurofer 2007] [331, Eurofer 2007]

5.3.8 Czystczenie drzwi piecowych i ram uszczelniających

Opis

Wiele starszych Europejskich koksowni ciągle ma oryginalne niesprężynujące zakończone uszczelnienia nożowe drzwi. W tych zakładach, zwłaszcza w komorach wyższych niż 5 m, emisja z nieszczelnych drzwi może być poważnym problemem. Jednak, przy dobrej obsłudze, każda widoczna emisja z tych drzwi może być niższa niż 10%. Sukces planu obsługi, zależy w dużej mierze od stabilnego procesu koksowania, zapewnienia pełnej obsady etatów pracowników utrzymania ruchu, ciągłego monitorowania i wynikających z niego działania. Konieczne jest posiadanie własnego warsztatu remontującego drzwi piecowe. Nowoczesne środki czyszczące z wykorzystaniem skrobaków po każdym cyklu wykazują również dobre wyniki. Innym sposobem czyszczenia drzwi pieca jest użycie strumienia wody pod wysokim ciśnieniem. Ta metoda, nie może być jednak stosowana w każdym cyklu koksowania.

Programy obsługi drzwi piecowych zawierają, na przykład, sprzęt do czyszczenia drzwi i strategii serwisowania drzwi.

Korzyści dla środowiska

System oczyszczania wodą pod wysokim ciśnieniem umożliwia praktycznie eliminację widocznej emisji – można osiągnąć stopień redukcji wynoszący 95% (według metody EPA). Użycie systemów czyszczących ze zdzierakami także drastycznie ogranicza widoczną emisję z drzwi.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Czystczenie wodą pod wysokim ciśnieniem generuje dodatkowy przepływ zanieczyszczonych ścieków, które mogą być oczyszczane wraz ze ściekami z baterii koksowniczych. W niektórych zakładach są one odprowadzane do wieży gaszenia.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Zastosowanie zarówno w nowych jak i istniejących zakładach.

Ekonomika

Brak dostępnych danych.

Przesłanki do wdrożenia

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Bateria nr 2, Corus, IJmuiden, Holandia.

BHP Steel, Australia.

Literatura przedmiotu

[97, Murphy et al. 1991][161, Vos 1995][215, BSS 2007][276, Italy 2007][320, Eurofer 2007][332, Eurofer 2007]

5.3.9 Utrzymywanie swobodnego przepływu gazu w komorze koksowniczej**Opis**

Wolna przestrzeń zlokalizowana w górnej części komory koksowniczej (przestrzeń podsklepieniowa) pozwala na swobodny odpływ gazów i smoły w stanie lotnym z komory koksowniczej przez rurę wznosną, która w zależności od projektu jest zwykle zlokalizowana albo po stronie maszynowej albo po obu stronach baterii. Przepływ gazu może być blokowany przez węgiel, którego poziom może osiągać sklepienie komory oraz przez sklepienie komory zablokowane przez narosty grafitu. Ilekroć przepływ gazu jest zablokowany, pojawia się misja z otworów zasypowych, ponieważ za zablokowanym odcinkiem wzrasta ciśnienie gazów.

Niebezpieczeństwa takiego można uniknąć poprzez zastosowanie drąga wyrównawczego. Tworzenie się grafitu w górnej części komory można zminimalizować przez odpowiedni rozkład ciepła w komorach grzewczych i obniżając temperaturę górnej części ścian. Pomimo tego, jeżeli narosty grafitu są zbyt duże, drąg wyrównawczy może zostać zablokowany w komorze. Aby tego uniknąć, drąg wyrównawczy jest wyposażony w specjalne skrobaki do oczyszczania sklepienia komory i górnej części ścian komory podczas wypychania.

Korzyści dla środowiska

Dobry rozkład ciśnienia w komorze koksowniczej znacznie zmniejsza emisje rozproszone i nieszczelności. Ponadto, ryzyko zakleszczenia się koksu podczas operacji wypychania jest zmniejszone.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Nie występują żadne skutki uboczne stosowania techniki.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Zastosowanie w nowych i istniejących piecach koksowniczych.

Ekonomika

Brak dostępnych danych.

Przesłanki do wdrożenia

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Wszystkie zakłady z odpowiednim programem obsługi i te, które mają na celu minimalizowanie wycieków nieszczelności.

Literatura przedmiotu

[65, InfoMil 1997] [320, Eurofer 2007]

5.3.10 Regulacja ciśnienia w komorze koksowniczej podczas koksowania

Opis

W konwencjonalnych piecach koksowniczych jednym z najtrudniejszych problemów środowiskowych jest uniknięcie rozproszonych emisji zanieczyszczeń gazowych, które głównie pojawiają się na elementach zamkających komorę, takich jak drzwi piecowe, pokrywy rur wznosnych i pokrywy otworów zasypowych. Główną przyczyną i siłą napędową tych emisji jest nadciśnienie w komorach koksowniczych wynikające z generowania surowego gazu podczas procesu koksowania. Gaz koksowniczy penetruje uszczelnienia w/w elementów „zamykających” komorę i zanieczyszcza środowisko.

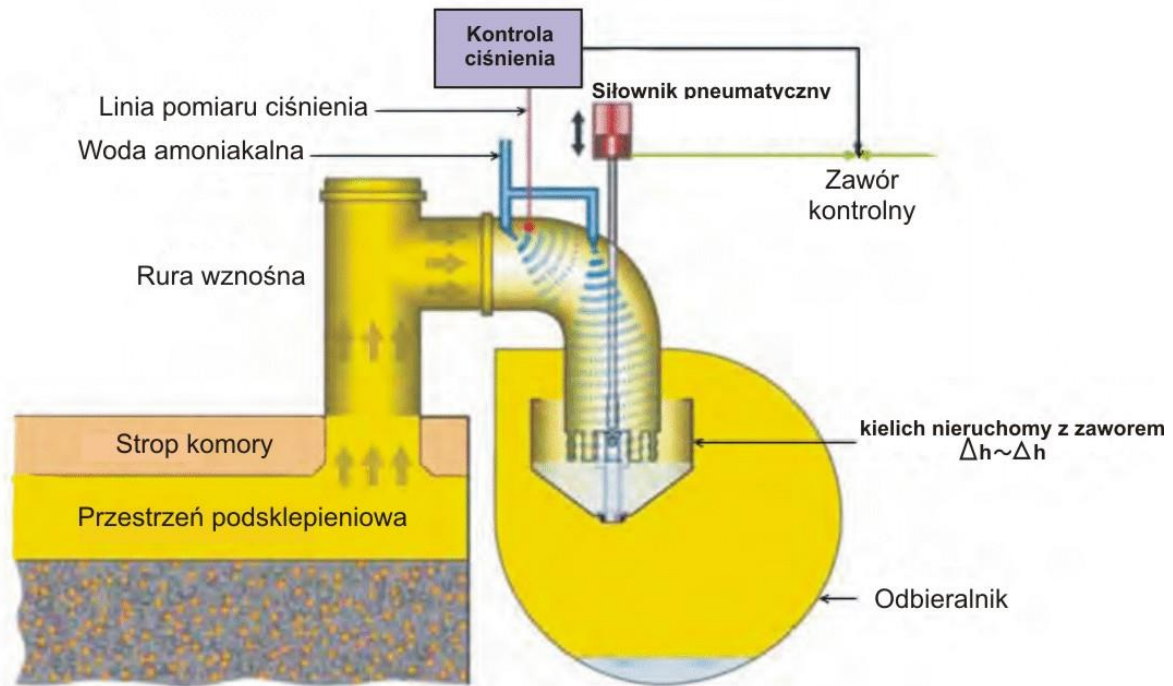
Komory koksownicze są utrzymywane zwykle pod niewielkim nadciśnieniem podczas koksowania. Podciśnienie mogłoby umożliwić wejście powietrza do komory pieca, co mogłoby częściowo spalić koks, co prowadzi wprost do uszkodzenia masywu ceramicznego. Nadciśnienie w toku komory powinno być równe zero. Zasadą jest że, nadciśnienie (w mm słupa wody) w odbieralniku jest utrzymywane na poziomie dwukrotności wysokości komory. Tak więc dla nowszych komór o wysokości 7m, odpowiednie nadciśnienie w odbieralniku wynosiłoby 14 mm słupa wody. Dla starszych 4 m komór, nadciśnienie w odbieralniku powinno wynosić 8 mm słupa wody.

Podczas procesu koksowania, ciśnienie COG osiąga wartość maksymalną po upływie dwóch godzin. Później, surowego produkcja gazu i ciśnienie w komorze maleje.

Klasycznym sposobem regulacji ciśnienia i redukcji emisji jest ustalenie maksymalnego i minimalnego ciśnienia w odbieralniku. Ta technika utrzymywania nadciśnienia w odbieralniku jest stosowana przez większość zakładów koksowniczych w UE-25

Jednakże, jak tylko komora jest połączona do odbieralnika, ciśnienie w odbieralniku określa ciśnienie w komorze pieca. Potrzeba utrzymywania nadciśnienia w odbieralniku jest główną przyczyną wyższej emisji na zamknięciu komory. Aby odłączyć nadciśnienie odbieralnika od komory, opracowano nowy typ zaworu odcinającego, który zastępuje tradycyjne mechaniczne piecach zawór odcinający. Zawór ten jest istotnym elementem innowacyjnego systemu regulacji ciśnienia, który działa indywidualnie dla każdej komory (nazwa sprawdzonej marki PROven[®], które oznacza "Piec o regulowanym ciśnieniu"). Schemat systemu PROven[®] jest pokazany na rysunku 5.13. Nowy zawór daje możliwość kontrolowania poziomu cieczy w zamknięciu hydraulicznym jako funkcji ciśnienia gazu w komorze. Ciśnienie gazu jest mierzone w rurze wznosnej lub na kolanie. Dla uzyskania mocnego systemu kontroli odpowiedniego do ciężkich warunków pracy pieca koksowniczego, zawór FixCup jest wyposażony w wodne uszczelnienie wodne z nieruchomym kielichem, stały przepływ wody i kontrolowany odciek. Tak więc poziom wody w FixCup mogą być zmieniany, a ciśnienie gazu może być dla każdej komory utrzymywane na dowolnie wybranej niskim poziomie - zazwyczaj w pobliżu 0 hPa (0 mm

słupa wody) w pierwszych godzinach koksowania, stopniowo wzrastając do około 1,3 hPa (13 mm słupa wody) na końcu czasu koksowania. Tak więc można wytworzyć różny hydrauliczny opór przepływu dla surowego gazu koksowniczego opuszczającego piec koksowniczy. Podczas gdy w komorze panuje zakresie nadciśnienie, odbieralnik pracuje na podciśnieniu (typowe ciśnienie: od -3 do -3,5 hPa (-30 do -35 mm słupa wody)). Wytworzone podciśnienie używane jest również do efektywnego odsysania gazów obsadowych bez potrzeby stosowania systemu hydroinjekcji.



Rysunek 5.13: Schemat systemu PROven®

Korzyści dla środowiska

Ilość pyłu i cząstek koksu w gazie koksowniczym jest drastycznie zmniejszona. Tabela 5.15 przedstawia wyniki emisji WWA przeprowadzane przed i po zainstalowaniu zmiennej techniki regulacji ciśnienia.

Tabela 5.15: Zmierzone emisje PAH z zmienną kontrolą ciśnienia.

Lokalizacja	Czas koksowania po obsadzeniu (h)	Redukcje emisji PAH ze zmienną kontrolą ciśnienia (%)
Strona maszynowa	0-2	64
	2-5	73
Strona koksowa	0-2	69
	2-5	73

Źródło: [203, Liszlo et al. 2004] [225, Brouhon 2006].

Ponadto, z powodu pracy odbieralnika na podciśnieniu nie ma potrzeby stosowania wody pod wysokim ciśnieniem do odsysania gazu.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Nieznane są wzajemne powiązania pomiędzy różnymi komponentami środowiska.

Dane operacyjne

Dane operacyjne techniki konwencjonalnej są dobrze znane. Doświadczenia z charakterystyką operacyjną systemu kontrolowanego zmiennego ciśnienia zostały zbierane od 1999 roku. Nie zgłoszono szczegółowych problemów.

Możliwość zastosowania

Technologia systemu kontrolowanego, zmiennego ciśnienia ma zastosowanie w nowych zakładach koksowniczych i może być rozwiązaniem dla istniejących instalacji. Możliwość zainstalowania tej techniki w istniejących zakładach powinno być określone dokładnie i zależy od indywidualnej sytuacji każdego zakładu.

Ekonomika

Brak dostępnych danych.

Przesłanki do wdrożenia

Redukcja emisji jest siłą napędową dla realizacji tej techniki.

Przykładowe zakłady

W 1999 roku, system zmiennego ciśnienia był testowany w starej koksowni w Niemczech (52 komory o wysokości 6m). Instalacja pracowała przez trzy lata zanim koksownia została zamknięta. Ten system regulacji ciśnienia zainstalowano w 2003 roku w nowej koksowni w Duisburg, Duisburg-Schwegern (dwie baterie po 70 komór, każdy o wysokości 8,4 m). Następnie system był stosowany w koksowni w Brazylii, Chinach i Korei Południowej. Do 2008 roku ponad 1200 komór z technologią PROven® zostało już wybudowanych lub było na podstawie umowy.

Literatura przedmiotu

[203, Liszlo et al. 2004] [204, Neuwirth et al. 2003] [225, Brouhon 2006] [320, Eurofer 2007] [329, Eurofer 2007]

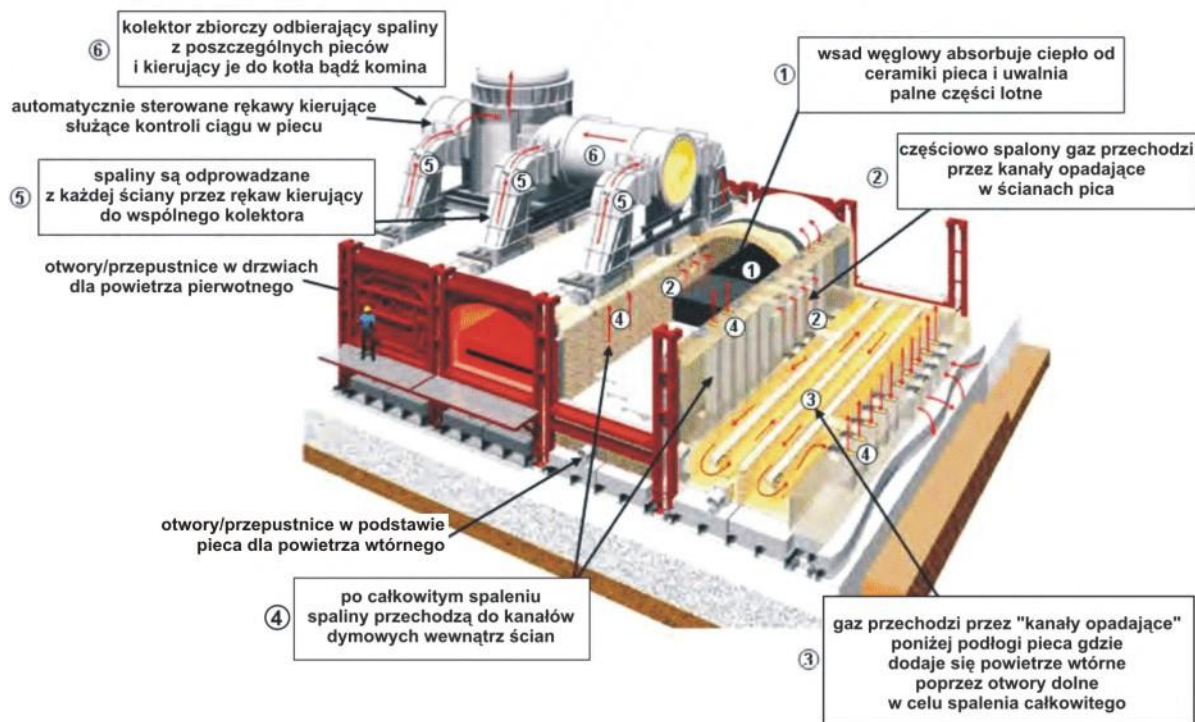
5.3.11 Odzysk ciepła z koksowania

Opis

Ten system koksowania jest często zwany także "non-recovery coking" z powodu braku odzysku gazu koksowniczego i innych substancji węglpochodnych. Jednakże w momencie pisania (2010) niniejszego dokumentu, termin "odzysk ciepła" jest stosowany, gdy ciepło odpadowe jest wykorzystywane i gazy spalinowe są odsiarczane co jest typowe dla nowych instalacji.

W odzysku ciepła z procesu koksowania, w zasadzie cała smoła i gazy uwalniane w procesie koksowania są spalane wewnątrz komory i kanałów w podstawie pieca. Proces odzysk ciepła z wymaga innej konstrukcji pieca niż w tradycyjnym systemie komór pionowych. Oddział węglpochodnych i oczyszczalnia ścieków nie są potrzebne.

Tradycyjne instalacje odzysku ciepła bez jakiegokolwiek odzysku gazów odlotowych i / lub oczyszczenia to tak zwane „ piece ulowe”, które funkcjonują jeszcze w Chinach. Podstawą dla zakładów odzysku ciepła jest "Piec Jewell-Thompson (patrz rysunek 5.14), w których kilka pieców jest zgrupowanych w baterię.



Rysunek 5.14 Piec Jewell-Thompson i koksowanie odzyskiwania ciepła

Piec koksowniczy posiada podstawę prostokątną ze stropem w kształcie łukowym. Wymiary komór w zakładzie Indian Harbor Coke Company w East Chicago (US) (patrz rysunek 5.14) wynoszą $14 \times 3,5 \times 2,4$ m (dł. x szer. x wys.). Wymurówki pieców składają się z ogniotrwałego materiału krzemionkowego. Załadunek węgla do komór (jednorazowo 40 do 45 ton) odbywa się przez otwarte drzwi od strony wypycharki z pomocą przenośnika chłodzonego wodą. Typowe wysokości wsadu wynoszą 1000 mm.

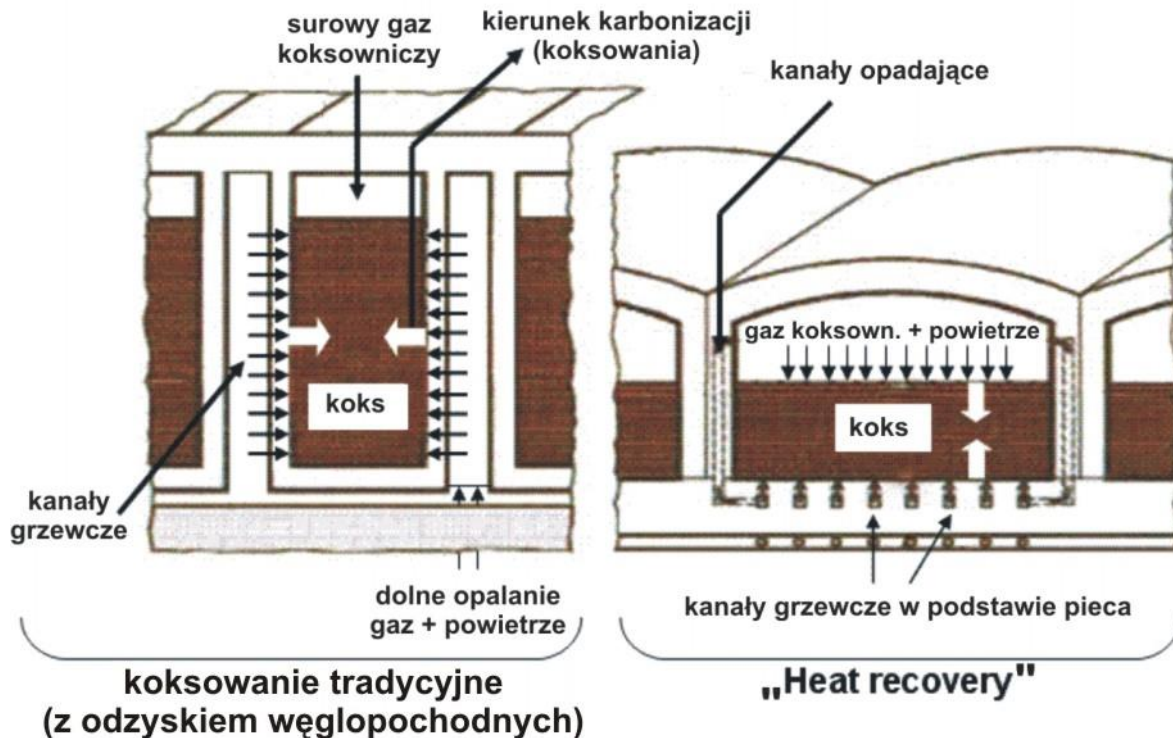
Proces koksowania jest inicjowany przez ciepło, które powstaje w poprzednim cyklu koksowania. Wytworzony gaz koksowniczy jest częściowo spalony w koronie pieca przez dodanie powietrza przez drzwi piecowe i przechodzi przez „kanały opadające” do kanałów grzewczych znajdujących się w podstawie pieca. W drodze kolejnego dostarczania powietrza, surowy gaz jest całkowicie spalany prowadzi się to w temperaturach pomiędzy 1200 i 1400 °C.

Tak więc, koksowania węgla odbywa się przez bezpośrednie ogrzewanie korony pieca i przez pośrednie ogrzewanie od ogniotrwałej wymurówki podłogi. Cały system pracuje na podciśnieniu. W nowoczesnym zakładzie z odzyskiem ciepła, gorące spaliny są wykorzystywane do produkcji energii, a następnie poddane odsiarczaniu przed wyemitowaniem do atmosfery.

Czas koksowania w piecach Jewell-Thompson wynosi do około 48 godzin. Po tym czasie, koks jest wypychany i gaszony metodą moką. Najbardziej istotne cechy, przez które technika odzyskiwania ciepła różni się od konwencjonalnej techniki wytwarzania koksu przedstawiono na Rysunek 5.15, można podsumować je w następujący sposób:

- koksowanie płaskiego złoża leżącego
- praca pieców na podciśnieniu
- dopływ powietrza bezpośrednio do komory pieca

- całkowite spalanie gazu surowego w każdym pojedynczym piecu
- brak ścieków
- gips jako produkt uboczny może być generowany.



Rysunek 5.15: Najważniejsze różnice pomiędzy techniki odzysku ciepła w porównaniu z tradycyjną konstrukcją z odzyskiem COG

Tylko około 6% światowych koksowni (to jest około 556 milionów ton koksu rocznie), które eksploatowano w 2005 r., funkcjonują jako zakłady „odzysku ciepła”. Najważniejsze zakłady znajdują się w Stanach Zjednoczonych, Ameryce Południowej, Azji i Australii. Koksownia „odzysku ciepła” w Haverhill Ohio, USA została uruchomiona w 2005 roku.

Korzyści dla środowiska

Tabela 5.16 zawiera dane dotyczące emisji z koksowni „non-recovery.” Dane odnoszą się do emisji bez stosowania systemu redukcji emisji. W Vansant, Virginia, USA, część gazów spalinowych jest wyłukiwana w suszarce termicznej, ale pozostała część pracuje bez urządzeń oczyszczających spaliny.

Ponieważ piec koksowniczy pracuje przy podciśnieniu, emisje z drzwi podczas koksowania są znikome. Emisje z operacji obsadzania i wypychania w koksowniach "non-recovery" bez wdrożonego systemu redukcji emisji podane są w tabeli 5.16. Należy pamiętać, że dwie istniejące baterie skąd informacja ta pochodzi nie są wyposażone w urządzenia odpylające podczas obsadzania i wypychania.

Tabela 5.16: Emisje z obsadzania i wypychania w koksowniach „non-recovery” bez redukcji emisji.

Komponent	Wartości	Obsadzanie	Wypychanie koks	Jednostka
Pył	1 960	7,35	276	kg/t koks
SO ₂	7 000			kg/t koks
NO _x	380			kg/t koks
CO	77			kg/t koks
Organiczne związki rozpuszczalne w benzenie		Nie wykryto	0,65	kg/t koks
benzo(a)piren		$1,3 \times 10^{-5}$	Nie wykryto	kg/t koks
Uwaga: W oparciu o współczynniki emisji EPA-US. Obliczone z g/tonę koks, w oparciu o założenie 1 tona węgla daje 0,78 ton koks (patrz rozdział 5.1.2.3.)				
Źródło: [74, Knoerzer et al. 1991].				

Warunkiem przyjaznego dla środowiska działania techniki odzysku ciepła jest wykorzystanie ciepła spalin i stosowanie systemu redukcji emisji (odsarczanie) dla oczyszczania spalin.

Emisji NO_x mogą przekroczyć typowe emisje z etapowego spalania stosowanego podczas konwencjonalnego ogrzewania baterii.

Ponieważ piec koksowniczy pracuje na podciśnieniu, emisje niezorganizowane z drzwi powodowane przez nieszczelności są znikome podczas procesu koksowania. Dlatego emisji substancji rakotwórczych (np. benzo (a) piren), można prawie uniknąć podczas procesu koksowania. Emisja cząstek stałych i benzo (a) pirenu, może wystąpić podczas załadunku węgla.

Poprawę kontroli emisji można osiągnąć poprzez modyfikację ssania poprzez piec lub poprzez dodatkowe urządzenia odsysające po stronie wypycharki, łącznie z systemem odpylania. Generalnie, emisje pyłów z wypychania koks są niższe niż te z tradycyjnej pionowej komory z powodu niższej wysokości, z której koks spada na dół na wóz gaszenia. Aby uchwycić pozostałe emisje pyłów, kaptur w połączeniu z odpowiednimi urządzeniami ssącymi oraz system odpylania są zainstalowane po stronie koksowej.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Wadą koksowania z odzyskiem ciepła w porównaniu z konwencjonalnymi systemami wytwarzania koks jest duży obszar zajmowany przez piece, ze względu na ich poziomą konstrukcję.

Częściowe spalanie węgla w piecu daje mniejszą produkcję koks wielkopiecowego.

Dane operacyjne

koksownia „odzysku ciepła” w Indiana Harbor, w stanie Indiana, USA rozpoczęła działalność w 1998 roku. Przedstawione dane dotyczące doświadczenia operacyjnego są wystarczające, i uwzględniają aspekty związane z ochroną środowiska. Odnotowano problemy dotyczące odkładania się sadzy w kotłach gazowych, gdy gaz koksowniczy nie jest wystarczająco spalany. Z powodu panującego podczas koksowania podciśnienia, widoczne emisje z drzwi są znikome.

W procesie „heat recovery” może być wytwarzany wysokiej jakości koks z różnych węgli w tym tych, które posiadają wysokie ciśnienia rozprężania. Właściwości koks są porównywalne do tych produkowanych przez technikę koksowania w komorze pionowej.

Dodatkowa poprawa jakości koksu może być osiągnięta za pomocą węgla zagęszczania wsadu.

Możliwość zastosowania

Technika ta jest stosowana tylko jako koncepcja nowego zakładu, w zależności od dostępnego terenu.

Decyzja o budowie zakładu z „odzysku ciepła” zależy również od otoczenia. Wydaje się być trudnym osiągnięciem ekonomicznie opłacalnego połączenia energetycznego podczas integrowania koksowni z „odzyskiwania ciepła” z istniejącą hutą. Zakłady odzysku ciepła nie wytwarzają COG, który można wykorzystać do ogrzewania, więc muszą być konsumenci dla wytworzonej pary lub energii elektrycznej na miejscu.

Ekonomika

Na podstawie informacji o instalacji z „odzyskiem ciepła” w Indiana Harbor, w stanie Indiana, USA, koszt inwestycji w 1998 roku dla takiej koksowni produkującej 1.200.000 ton koksu rocznie wynosił 365.000.000 USD w tym urządzenia koksownicze, przeładunek węgla / mieszanie węgla i elektrownia. Dla zakładu energetycznego podano koszty inwestycji w wysokości tylko 140 mln USD, w 1998 roku.

Koszty operacyjne są zazwyczaj niższe w porównaniu do koksowania odzyskiwanego COG.

Przesłanki do wdrożenia

Główne zalety technologii z „odzyskiem ciepła” to niższe wymagania pracy i szansa, aby wykorzystać niższej jakości węgiel, co oznacza tańszy węgiel.

Przykładowe zakłady

Nie powstały żadne zakłady odzyskujące ciepło w Europie. Kilka zakładów funkcjonuje w US i Chinach.

Literatura przedmiotu

[115, Walker, D.; Barkdoll, M. 2002] [117, Hoffmann, A. et al 2001] [121, Hein, M. 2002] [124, Arendt, P. et al 2006] [200, Commission 2001] [320, Eurofer 2007] [336, Eurofer 2007]

5.3.12 Redukcja emisji powstających podczas opalania pieca koksowniczego

Spalanie paliwa gazowego w komorach grzewczych dostarcza ciepło do procesu koksowania. Ciepło jest przenoszone do komory pieca koksowniczego poprzez przewodzenie ciepła przez wymurówkę ogniotrwałą. Im wyższa temperatura w komorze tym jest krótszy czas koksowania. Do najważniejszych zanieczyszczeń z opalania pieca koksowniczego należą NO_x, SO₂ i pył. Na redukcję emisji z opalania pieca koksowniczego składa się dobre utrzymanie wymurówki oraz pierwotne i wtórne metody redukcji dla każdego zanieczyszczenia.

5.3.12.1 Minimalizowanie przecieków między komorami koksowniczymi i komorami grzewczymi

Opis

Wykonując systematyczne i ciągłe konserwacje pieca koksowniczego, zgodnie z opisem podanym w rozdziale 5.3.3, można w znacznym stopniu zapobiec nieszczelnościom w wymurówce. Wycieki przez pęknięcia w masywie ceramicznym pozwalają surowemu COG dotrzeć do gazów spalinowych z opalania pieca koksowniczego. Powoduje to dodatkowe emisje SO₂, pyłów i węglowodorów. Obecność pęknięć jest łatwo wykrywalne przez widoczne emisje czarnego dymu z komina pieca koksowniczego podczas opalania. Jednakże, nie jest łatwe do określenia, które komory pieca koksowniczego są nieszczelne. Najczęstszą techniką zlokalizowania pęknięcia jest obserwowanie dwóch ścian komory bezpośrednio po wypychaniu oraz obserwacja kanałów grzewczych bezpośrednio po

obsadzeniu. W miejscu pęknięcia pojawiają się przez płomienie kominach kanałach grzewczych.

Z powodu pęknięć w ścianach, emisje cząstek stałych często zwiększają się z czasem pracy i przekraczają 10 mg/Nm^3 . Poprzez monitorowanie ilości sadzy w gazie odprowadzanym przez komin, personel piecowni jest w stanie zidentyfikować emisji przyczynę dymienia z komina i powiązać te emisje z konkretnymi piecami. Są oni w stanie zarządzać procesem wytwarzania koksu w celu zmniejszenia wycieku między piecem i ścianką ogrzewania.

Po tym jak problem zostanie zidentyfikowany, pęknięcia, otwory i inne uszkodzenia na powierzchni masywu ceramicznego mogą być skutecznie naprawione przez spawanie ceramiczno tlenowe, spawanie krzemowe, i natryskiwanie ogniotrwałym cementem na mokro lub na sucho. W skrajnych przypadkach, może być konieczna wymiana części masywu.

Korzyści dla środowiska

Zazwyczaj emisje cząstek stałych wynoszą poniżej 10 mg/Nm^3 . Emisje mogą być zmniejszone do prawie zera, gdy natryskiwanie jest odpowiednio wykonane i występowanie pęknięć jest monitorowane. Jakość i stan koksowniczych ścian ogniotrwałych jest również bardzo ważne w tym względzie.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Technikę można jedynie stosować w już istniejących zakładach.

Ekonomika

Brak dostępnych danych.

Przesłanki do wdrożenia

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Wiele zakładów w UE;

Literatura przedmiotu

[33, Eisenhut et al. 1988 || 65, InfoMil 1997 || 130, Stalherm et al. 1995 || 215, BSS 2007 || 244, Plickert 2007 || 320, Eurofer 2007 || 338, Eurofer 2007]

5.3.12.2 Redukcja NO_x za pomocą środków podstawowych

Opis

Wytwarzane NO_x składa się prawie wyłącznie z termicznego NO_x, który jest wytworzony przez reakcję między N₂ i O₂ w płomieniach. Powstawanie termicznego NO_x jest silnie związane z temperaturami maksymalnymi i stężeniami O₂ w płomieniu. Pośrednio, emisje NO_x są również związane z paliwem (wzbogacony gaz wielkopieczowy lub COG) oraz z rodzajem zastosowanego węgla, czasu koksowania i wymiarów komory koksowniczej.

Najbardziej skutecznym sposobem zmniejszania tworzenia NO_x jest obniżenie temperatury płomienia w komorze grzewczej. Celem jest zatem spalanie w "zimnym" płomieniu. Trzy sposoby okazały się skuteczne:

- recyrkulacja spalin: spaliny z pieca koksowniczego miesza się z paliwem i powietrzem do spalania. Niższe stężenie O₂ i wyższe stężenie CO₂ redukuje temperaturę płomienia. Jednakże efekt ogrzewania recyrkulacji spalin może przeciwdziałać efektowi zmniejszania temperatury spalania, zmniejszając efekt ogólny.
- stopniowe spalanie: poprzez dodanie powietrza w kilku etapach, warunki spalania stają się bardziej umiarkowane i powstawanie NO_x jest ograniczona,

- obniżenie temperatury koksowania: temperatura ma wpływ na ekonomię i efektywność energetyczną pieców koksowniczych. Niższa temperatura koksowania wymaga niższej temperatury komory grzewczej, co powoduje tworzenie mniejszej ilości NO_x.

Ponadto, temperatura komory grzewczej (a tym samym tworzenie się NO_x) może być zmniejszona, podczas gdy normalna temperatura koksowania jest utrzymywana poprzez zmniejszenie gradientu temperatury na ogniotrwalej ścianie od strony komory grzewczej do strony komory pieca koksowniczego. Można to osiągnąć za pomocą cieńszej warstwy cegieł ogniotrwałych lub lepszej przewodności cieplnej. Dawniej, temperatura komory grzewczej 1320 °C dawała temperaturę w komorze pieca koksowniczego około 1180°C. Obecnie można osiągnąć temperaturę w komorze pieca koksowniczego w wysokości 1200°C przy tej samej temperaturze komory grzewczej ze względu na zastosowanie cieńszych ścian.

Korzyści dla środowiska

Kombinacja techniki stopniowego spalania i techniki recyrkulacji spalin daje długi i „zimny” płomień, co jest warunkiem koniecznym dla obniżenia zawartości NO_x w spalinach.

Zakłady, które wprowadziły zintegrowane z procesem środki obniżania NO_x emitują około 340g NO_x/t koksu (stężenia: 322 - 414 mg/Nm³ przy 5% O₂).

Emisje podane przez kilku niemieckich zakładów mieszczą się w następujących zakresach:

- opalanie z mieszaną gazów: stężenie NO_x wynosi 322 - 358 mg/Nm³
- opalanie: gazem koksowniczym: stężenie NO_x wynosi 332 - 414 mg/Nm³.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Gdy wydajność chłodzenia surowych chłodnic gazu zwiększa się w celu poprawy wydajności w zakresie odsiarczania, wzrasta zużycie energii i możliwe jest zwiększenie emisji termicznych. Nie zaobserwowano żadnych oddziaływań wzajemnych przy obniżaniu emisji NO_x z opalania baterii.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Techniki zintegrowane z procesem NO_x są stosowane w nowych zakładach. Obniżenie temperatury w istniejącym zakładzie spowoduje dłuższy czas koksowania i produkcję poniżej nominalnej wydajności.

Stosowanie cienkich cegieł ogniotrwałych i o lepszej przewodności cieplnej łatwiej zastosować w nowych zakładach.

Ekonomia

Brak dostępnych danych.

Przesłanki do wdrożenia

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Nowo wybudowane lub przebudowane zakłady wyposażone są w systemy opalania z niską emisją NO_x. Na przykład:

- Piec koksowniczy Hüttenwerke Krupp Mannesmann, DuisburgHuckingen, Niemcy
- Koksownia Prosper, Bottrop, Niemcy
- Koksownia KBS, Schwelgern-Duisburg, Niemcy
- Koksowania B3, ArcelorMittal, Fos sur Mer, Francja
- Koksownia ArcelorMittal, Dunkirk, Francja

- Koksownia 2, Battery ACO, Corus, Scunthorpe, Zjednoczone Królestwo
- Koksownia Rivagroup, Taranto, Włochy.

Literatura przedmiotu

[33, Eisenhut et al. 1988] [130, Stalherm et al. 1995] [253, ICSTI' 06 2006] [276, Italy 2007] [320, Eurofer 2007] [333, Eurofer 2007]

5.3.12.3 Wtórne środki ograniczania emisji NO_x

Opis

Emisje NO_x z opalania pieca koksowniczego są minimalizowane przez środki zintegrowane z procesem, ale techniki „końca rury” mogą być również stosowane.

W procesie SCR NO_x w spalinach są redukowane katalitycznie przez amoniak (NH₃) do N₂ i H₂O. Wanad (V₂O₅) lub tlenek wolframu (WO₃) na tlenku tytanu (TiO₂) jako nośniku są często stosowane jako katalizatory. Innymi możliwymi katalizatorami są tlenek żelaza i platyna. Optymalne temperatury pracy wynoszą od 300 do 400 ° C. Takie wysokie temperatury zmniejszają odzysk energii w regeneratorach (temperatura 180 - 250°C jest optymalna) i wymagają dodatkowego ogrzewania spalin.

Szczególną uwagę należy zwrócić na dezaktywację katalizatora, akumulację wybuchowej saletry amonowej (NHNO₃), przepuszczenie amoniaku i powstawania korozji SO₃

Korzyści dla środowiska

Można osiągnąć efektywność w usuwaniu NO_x równą 90%. Nie ma zbyt wiele doświadczeń w trwałości dotyczącej trwałości takich rozwiązań w koksowni.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Występuje wzrost zużycia energii i zużycia amoniaku. Część katalizatora musi zostać usunięta jeżeli nie jest już skuteczna.

Dane operacyjne

W 1976 roku oddano SCR w Kawasaki Steel Chiba Works, Japonia w celu oczyszczania spalin z opalania pieca koksowniczego. SCR miało wydajność 500 000 Nm³/h. Temperatura pracy wynosiła 240 ° C, a średnia redukcja amoniak (NH₃). Efektywność usuwania NO_x wynosiła 90%. Powstawanie siarczanu amonowego i gromadzenie się pyłu powodowała, że katalizator musi być zregenerowany raz dziennie przez podgrzanie go spalinami w temperaturze > 260°C.

W 1992, wraz z wyłączeniem baterii 2-4, instalacja SCR zakończyła pracę.

Możliwość zastosowania

SCR ma tylko zastosowanie do nowych obiektów.

Ekonomika

Odnotowano następujące koszty związane z technologią SCR: koszty inwestycyjne: 47 milionów EUR w 1976; koszty operacyjne; brak danych

Odnotowano następujące koszty związane z technologią SCR: koszty inwestycyjne: 50 EUR/(Nm³/h) ± 30 % w 1996. Tak więc dla baterii o przepływie spalin rzędu 300 000 Nm³/h i produkcji 1 Mt koksu w roku koszty te wynosiły:

- Koszty inwestycyjne w EUR 15 milionów ± 5 milionów w 1996
- Koszty eksploatacyjne 0,17 – 0,51 EUR/t koksu w 1996.

Przykładowe zakłady

SCR NO_x w spalinach z opalania pieca koksowniczego stosowano w koksowniczych bateriach 2, 3 i 6, Huty Kawasaki Chiba, Japonia. Wszystkie instalacje SCR zostały zamknięte w międzyczasie; obecnie żadne instalacje SCR nie funkcjonują w bateriach koksowniczych na całym świecie.

Literatura przedmiotu

[65, InfoMil 1997 1 | 276, Italy 2007 1 | 339, Eurofer 2007 1

5.3.12.4 Redukcja SO₂ w procesie odsiarczania gazu koksowniczego

Opis

Poziom emisji SO₂ jest silnie związany z zawartością siarki w paliwie. Tak więc, poziom emisji SO₂ może być minimalizowany poprzez zmniejszanie zawartości siarki w paliwie. Zazwyczaj (wzbogacony) gaz wielkopiecowy lub gaz koksowniczy jest wykorzystywane do ogrzewania pieca koksowniczego. Zawartość siarki w gazie koksowniczym zależy od skuteczności procesu odsiarczania gazu koksowniczego w oczyszczalni. Zawartość H₂S w oczyszczonym gazie koksowniczym może zmieniać się od około 1 do 1000 mg/Nm³, w zależności od rodzaju stosowanego odsiarczania i odpowiadającej mu skuteczności. Jeśli odsiarczanie nie jest stosowane (takie przypadki można jeszcze spotkać w kilku zakładach w UE) zawartość H₂S może wynosić nawet 8 - 12 g H₂S/Nm³. Wzbogacony gaz wielkopiecowy ma mniejszą zawartość siarki.

Emisje pyłu mogą zostać znacznie zwiększone, a emisje SO₂ mogą również się zwiększyć, gdy surowy gaz koksowniczy przedostaje się z komór pieca przez pęknięcia w ścianach grzewczych i jest spalany razem z paliwem grzewczym. Równoległe, pył zostanie utworzony przez niecałkowite spalanie COG i innego gazu użytego do opalania baterii. W taki wypadku emisja cząstek stałych jest widoczna jako dym z komina baterii. Dymienie jest również efektem obecności cząstek stałych w gazie grzewczym. Nieoczyszczony COG nie nadaje się do stosowania w wielu zastosowaniach przemysłowych ze względu na zawartość H₂S. Kiedy gaz jest odsiarczony, jednakże jego zastosowanie do różnych zastosowań staje się wykonalne. Wiele zakładów sprzedaje z zyskiem COG po odsiarczaniu. Odsiarczanie dla celów komercyjnych zbiega się z potrzebą ochrony środowiska przed tworzeniem się "kwaśnego deszczu", bo odsiarczony gaz koksowniczy zmniejsza emisje SO₂ w miejscu spalania gazu koksowniczego. W wielu przypadkach, siarkę usuwa się w dwóch etapach: przy niskim poziomie ciśnienia i wysokim poziomie ciśnienia. Odsiarczanie COG staje się coraz bardziej powszechne w krajach UE-27.

Gaz koksowniczy zawiera również inne organiczne związki siarki, takie jak dwusiarczek węgla (CS₂), tlenosiarczek węgla (COS), merkaptany, itp. (około 0,5 g/Nm³ całkowicie). Jednak wiedza na temat odzyskiwania organicznych związków siarki z gazu koksowniczego jest ograniczona.

Jak opisano w rozdziale 5.1.4.4 są dwa główne rodzaje procesów odsiarczania gazu koksowniczego: procesy utleniania na mokro i procesy absorpcyjne z późniejszym odpędzaniem. Procesy absorpcyjne pozwalają na łączne usuwanie i przetwarzanie siarkowodoru (H₂S) i amoniaku (NH₃). Usunięty siarkowodor i amoniak są odzyskiwane jako opary z kolumny odkwaszacza/odpędzacza NH₃. Opary H₂S/NH₃ mogą być kierowane albo do instalacji Clausa, gdzie amoniak jest rozkładany, a siarkowodor jest przetwarzany na siarkę elementarną lub też wysyłane do instalacji kwasu siarkowego gdzie w procesie kombinowanym otrzymuje się również siarczan amonu.

Przez lata, proces Clausa przeszedł ciągły rozwój w celu zwiększenia wydajności odzyskiwania siarki. Jedną z tych zmian jest proces OxyClaus®. Technika ta jest taka sama jak proces Clausa, ale powietrze jest zastąpione przez tlen. Najpierw jest rozkładany NH₃ (w 1 450°C), a następnie H₂S jest usuwany przez oczyszczeniem czystym tlenem (OxyClaus) co daje płynną siarkę.

Tabela 5.17 przedstawia różne procesy odsiarczania gazu koksowniczego i ich charakterystykę.

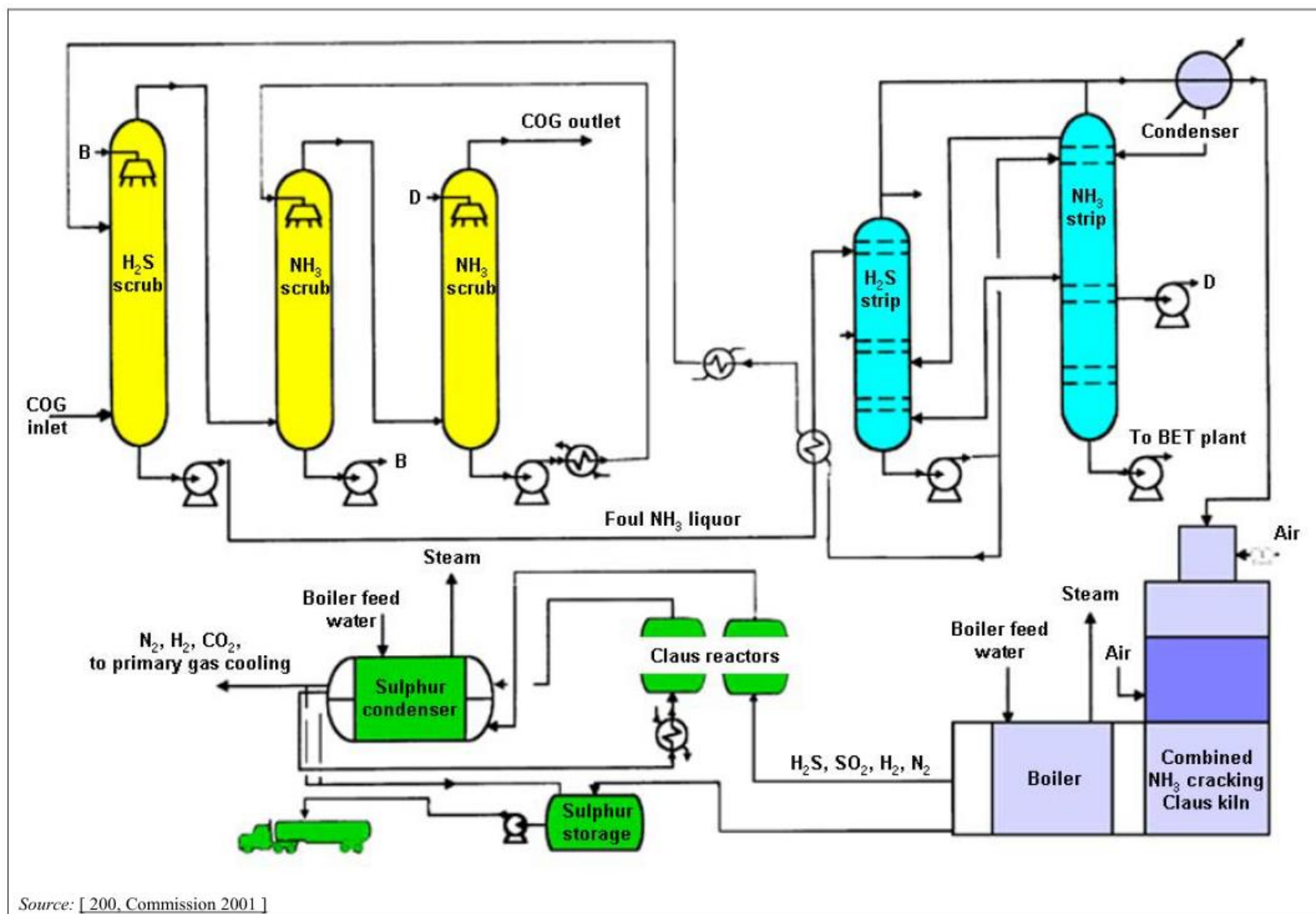
Tabela 5.17: Procesy odsiarczania gazu koksowniczego i ich charakterystyka

Procesy mokrego utleniania		Procesy absorpcji/desorpcji	
Nazwa	Opis	Nazwa	Opis
Stretford	H ₂ S jest wmywany z gazu koksowniczego przez roztwór węglanu sodu (Na ₂ CO ₃) a siarka elementarna (S ⁰) jest uzyskiwana przez zastosowanie wanadanu (VO ₃) jako półproduktu. Regeneracja cieczy płuczącej następuje poprzez napowietrzanie (O ₂), przy użyciu kwasu antrachinono dwusulfonowego (ADA), jako związku pośredniego.	Carl Still, Diamex [®] , Cyclasulf [®] lub ASK (*)	H ₂ S jest wypłukiwany z gazu koksowniczego przez roztwór wody amoniakalnej. Woda amoniakalna pochodzi z płuczki amoniaku. H ₂ S i NH ₃ , są odpędzane z wód płucznych za pomocą destylacji z parą wodną. Opary są kierowane do instalacji Clausa lub instalacji kwasu siarkowego.
Takahax [®]	Podobnie jak w przypadku procesu Stretford, z tym, że kwas 1,4-naftochinon-2-sulfonowy stosuje się jako półprodukt do regeneracji.	Vacasulf [®]	Stosowany do oczyszczania ubogiego w amoniaku gazu koksowniczego. H ₂ S (ortaz HCN i CO ₂) jest wypłukiwany z COG przez roztwór węglanu sodowy lub roztwór węglanu potasu (Na ₂ CO ₃ lub K ₂ CO ₃). Wariant z węglanem potasu umożliwia wyższe stężenie węglanów. Roztwór płuczący jest regenerowany w kolumnie przy zastosowaniu wysokiej temperatury i niskiego ciśnienia (0,12 - 0,14 bar). Kwaśne gazy są odpędzane z roztworu i mogą być oczyszczane w zakładzie Clausa lub instalacji kwasu siarkowego.
Thylox [®]	Tioarsenian sodu (Na ₄ As ₂ S ₅ O ₂) wiąże H ₂ S a odzyskiwanie odbywa się przez działanie tlenem. Otrzymuje się siarkę elementarną.	Sulfiban [®]	Gaz koksowniczy jest wypłukiwany z monoetanolaminy (MEA). Usuwanie NH ₃ przed usunięciem H ₂ S, jest konieczne, aby zapobiec zanieczyszczeniu cieczy myjącej. H ₂ S jest odpędzany z roztworu MEA za pomocą pary wodnej i może być oczyszczony w instalacji

			Claus lub instalacji kwasu siarkowego. Nierozpuszczalne w wodzie organiczne związkisiarki, usuwane są z roztworu MEA jako osady
Perox [®]	Gaz jest płukany wodą amoniakalną .p-benzochinon jest używany do utleniania siarki a regeneracja płynu płuczącego jest przeprowadzana za pomocą tlenu.	Desulf [®]	Zasadniczo taki sam jak proces ASK, ale NH ₃ jest usuwany z mieszaniny NH ₃ /H ₂ S w sytnikach, wytwarzając siarczan amonu ((NH ₄) ₂ SO ₄)
Fumaks [®] Rhodacs [®]	H ₂ S jest utleniany przez kwas pikrynowy w fazie Fumaks, w wyniku czego otrzymujemy siarkę elementarną. Cyjanki są odzyskiwane w fazie Rhodacs		
(*) ASK (Proces Ammoniumsulphide Kreislaufwäscher). Źródło: [21, EC Coke 1996] [153, UN-ECE 1990] [186, Sowa et al. 2009] [242, Caughlin 2007] [252, France 2007] [254, Eurofer 2007].			

Najpopularniejszym procesem w Europie jest amoniakalna metoda odsiarczania gazu koksowniczego za pomocą wody amoniakalnej (Carl Still, Diamex, ASK lub procesów Cyclasulf).

Rysunek 5.16 przedstawia schemat instalacji odsiarczania COG wg procesu ASK wybudowanej w 1997.



Rysunek 5.16 przedstawia schemat przepływu w zakładzie odsiarczania COG z użyciem proces ASK wdrożonym w 1997.

H₂S scrub - płuczka H₂S

NH₃ scrub - płuczka NH₃

COG outlet wlot COG

COG inlet -wylot COG

N₂, H₂, CO₂ to primary gas cooling -do wstępnego chłodzenia gazu

boiler feed water -woda zasilająca kocioł WZK

steam -para

sulphur condenser-kondensator siarki

claus reactors - reaktory Clausa

sulphur storage-magazyrowanie siarki

boiler -kocioł

H₂S strip - odkwaszacz

Najczęściej stosowanym procesem utleniania na mokro jest proces "Stretford" Proces Stretford stosuje się w szerokim zakresie wydajności odsiarczania. Zgłoszone wydajności takich instalacji odsiarczania gazu koksowniczego znajduje się w zakresie od 400 do 110 000 Nm³ / h.

Więcej informacji na temat fabryk kwasu siarkowego można znaleźć w dokumencie referencyjnym dla dużej liczby nieorganicznych chemikaliów [168, EC 2007].

Korzyści dla środowiska

Procesy utleniania na mokro mają lepszą skuteczność odsiarczania niż procesy absorpcyjne. Procesy utleniania na mokro mogą mieć skuteczność > 99,9%, osiągając stężenia resztkowego H₂S w gazie koksowniczym 1 mg/Nm³. Później opracowane procesy absorpcji / desorpcji takie jak ASK lub Cyclasulf osiągają sprawność odsiarczania > 95% a stężenie resztkowego H₂S w gazie koksowniczym reguluje się w zakresie od 50 do 500 mg/Nm³. W zoptymalizowanym procesie OxyClaus, efektywność usuwania NH₃ i wydajność odzysku H₂S jest bliska 99,9%. Technika ta znacznie zwiększa wydajność odzysku H₂S w porównaniu do tradycyjnych technik Clausa, ale proces prowadzony jest w wyższych temperaturach.

Żadna z dostępnych technik nie usuwa organicznych związków siarki z wysoką wydajnością. Na niskociśnieniowym etapie procesu oczyszczaniu gazów, zawartość organicznych związków siarki jest tylko zmniejszona z 0,5 do 0,2 g/Nm³ - 0,3 g/Nm³.

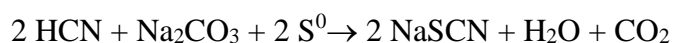
W zoptymalizowanym-tlenowym procesie Clausa efektywności redukcji NH₃ i H₂S można osiągnąć 99,9%. Technika ta zwiększa wydajność odsiarczania do 50% w porównaniu do tradycyjnych metod.

Emisje z opalania baterii pokazane na przykładzie dwóch niemieckich koksowni stosujących odsiarczanie absorpcyjne zawierają się w poniższych zakresach:

- opalanie mieszaniną gazów + odsiarczania gazu koksowniczego: stężenie SO₂ w zakresie 111 - 157 mg/Nm³,
- opalanie gazem koksowniczym + odsiarczania gazu koksowniczego: stężenie SO₂ wynosi 118 - 128 mg/Nm³.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Każdy proces mokrego utleniania stosowany do odsiarczania gazu koksowniczego usunie większość cyjanowodoru z gazu koksowniczego oraz utworzy tiocyjaniany sodu wg następującej reakcji:



Tiocyjaniany sodu i małe ilości siarczanu sodu i tiosiarczanu powstające w wyniku reakcji ubocznych nie są odzyskiwane w procesie i gromadzą się w cieczy obiegowej.

W związku z tym konieczne jest oczyszczanie strumienia cieczy, w celu zapobieżenia wysalania związków chemicznych. W przypadku procesu Stretford, strumień odpływający zawiera związki wanadu chinonu i hydrochinonu (związki z kwasu antrachinono dwusulfonowego), tiocyjaniany i tiosiarczany. Odpływ tych związków jest niepożądany z punktu widzenia ekologicznego i ekonomicznego (zanieczyszczenie wody i utrata drogich środków chemicznych). Zazwyczaj materiał jest poddawany recyklingowi poprzez mieszanę węglową.

Aby zmniejszyć zużycie chemikaliów, cyjanowodor (HCN) może być usunięty przed odsiarczania w płuczce wstępnej za pomocą polisulfidu sodowego lub polisulfidu amonowego. Wstępne usunięcie HCN nie zmniejsza całkowitej ilości wytworzonych ścieków.

Dla procesu OxyClaus, energia potrzebna jest do prowadzenia krakingu, ale katalizator nie jest potrzebny do usuwania amoniaku. Emisji NO_x są również ograniczone.

W rzadkich przypadkach, gdy produkcji COG przewyższa zapotrzebowanie, nadmiar COG powinien być spalany ze względów bezpieczeństwa. Spalania gazu koksowniczego generuje pewne emisje. Oszacowanie tej emisji na przykładzie jednego zakładu podano w tabeli 5.6. Efektywność spalania na pochodni powinna wynosić być większa niż 95%.

Operacje omijające mogą prowadzić do znaczących emisji. W jednej z dwóch koksowni Corus, IJMUIDEN, Holandia, H₂S jest usuwany z gazu koksowniczego przez proces chłonności Sulfiban za pomocą MEA (monoetanolamina). Skuteczność odsiarczania tego procesu wynosi około 95%. H₂S jest usuwany z MEA i przerabiany na kwas siarkowy. Instalacja kwasu siarkowego jest nieczynny przez trzy tygodnie w roku, ze względu na prace remontowo – konserwacyjnych na odpędzacz MEA (1,5 tygodnia) i w samej fabryce kwasu siarkowego (1,5 tygodnia). W tym okresie surowy gaz koksowniczy jest dodawany do sieci gazu opałowego lub jest wykorzystywany do opalania pieców koksowniczych, co prowadzi do dodatkowych emisji SO₂ w ilości około 400 ton.

Dane operacyjne

Proces OxyClaus działalność stosowany jest w koksowni ArcelorMittal, Fos-sur-Mer, Francja od 2002 roku. W tym czasie emisja SO₂ zmniejszyła się z około 1900 do poniżej 500 g / t koksu.

Możliwość zastosowania

Odsiarczanie gazu koksowniczego zarówno metodą utleniania na mokro i metodą absorpcji może być stosowany w nowych, jak i istniejących zakładach. Wybór zależy od specyfikacji oczyszczonego gazu koksowniczego, czynników środowiskowych, integracji w ramach zakładu oczyszczania gazu, itp.

Ekonomika

Typowe koszty operacyjne i inwestycyjne dla odsiarczania strumienia gazu koksowniczego w ilości 42 000 Nm³/h , zawierającego 6 g/Nm³ H₂S i 6 Nm³ NH₃ dla dwóch głównych typów odsiarczania gazu koksowniczego stosowanych w Europie (ASK i Stretford) podano w tabeli 5.18. Podano, że wzrost skuteczności odsiarczania z 95 do 99,9% w procesie Stretford powoduje wzrost kosztów tylko o 10%. W procesie Stretford, najważniejszymi pozycjami kosztów operacyjnych są koszty kapitałowe i koszt zużywanych chemikaliów (zob. tabela 5.18). Gaz koksowniczy o dużym stężeniu HCN (> 2 g/Nm³) wymaga stosunkowo duże ilości substancji chemicznych. W tym przypadku, może być korzystne zainstalowanie wstępnej płuczki HCN przed instalacją Stretforda.

Zastosowanie tej technologii odsiarczania gazu pochłonęło około 30 milionów EUR (koszty inwestycyjne) w koksowni, która posiada około 100 pieców (ArcelorMittal).

Tabela 5.18: Typowe operacyjne i kapitałowe koszty odsiarczania 42 000 Nm³ / h gazu koksowniczego, zawierającego 6 g/Nm³ H₂S i 6 Nm NH₃ z dwóch głównych typów technik odsiarczania gazu koksowniczego stosowanych w Europie (ASK i Stretford).

Parametr		Jednostka	Siarczan amoniaku/ Proces Stretford	Proces ASK Zakład Clausa ,
Surowy COG	H ₂ S	g/Nm ³	6	6
	NH ₃	g/Nm ³	6	6
Oczyszczony COG	H ₂ S	mg/Nm ³	2	300
	NH ₃	mg/Nm ³	30	30
Cena Materiałów eksploatacyjnych (EUR)				
	Materiały eksploatacyjne	Jednostka	Siarczan amonu/ / Proces Stretford	Proces ASK /Zakład Clausa ,
11.9/t	Para	t/d	154	264
0.34/kWh	Energia elektryczna	kWh/t	11 900	6 600
128/t	H ₂ SO ₄ (98 %)	t/d	17,5	-
7,7/kg	ADA	kg/d	24	-
27/kg	wanadan	kg/d	10	-
5.5/kg	winian	kg/d	13	-
370/t	Soda	t/d	2.6	-
110/t	Soda kaustyczna	t/d	9,6	9,6
Parametr				
		Jednostka	Siarczan amonu/ / Proces Stretford	Proces ASK /Zakład Clausa ,
Produkty	Siarka	t/d	4,8	5,4
	Siarczan amonu	t/d	23,5	
Pozostałości	Siarka	EUR/t	125 ⁽¹⁾	250 ⁽¹⁾
	Siarczan amonu	EUR/t	180 ⁽²⁾	
Roczna obsługa kredytu na kosztów kapitałowych		%	11	11
Roczne utrzymanie (konserwacja) na kosztów kapitałowych		%	4	4
Całkowity koszt netto				
Para przy kosztach		EUR/1000Nm ³	9,80	9,20
Para przy braku kosztów		EUR/1000 Nm ³	8,00	6,10

Uwagi: Ceny siarki i amoniaku wykazują wysokie wahania. W momencie pisania BREF (2010) ceny są następujące:

(¹) EUR 16 - 21/t siarki dla procesu ASK/Claus – niższe lub zerowe wartości dla siarki z procesu Stretford.

(²) EUR 50 - 70/t siarczanu amonu.

Źródło: [65, InfoMil 1997] [118, Rothery 1987] [186, Sowa et al. 2009] [320, Eurofer 2007].

Koszty zastąpienia instalacji spalania amoniaku przez instalację odsiarczania OxyClaus wyniosły 12 milionów EUR dla koksowni o zdolności produkcyjnej 1,5 Mt/rok.

Przesłanki do wdrożenia

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Tabela 5.19 podaje przegląd przykładowych zakładów (nie wyczerpujące tematu).

Tabela 5.19: Tabela przykładowych zakładów z procesami odsiarczania gazu koksowniczych.

Mokre utlenianie	
Stretford	<ul style="list-style-type: none"> • ArcelorMittal, Hamilton, Kanada • Metarom, Rumunia • Erdemir, Turcja • ArcelorMittal, Lorraine, Francja • Kobe Steel, Kakogawa Works, Japonia • Posco, Korea
Takahax®	<ul style="list-style-type: none"> • Nippon Steel, Yawata Works, Japonia • Nippon Steel, Nagoya Works, Japonia • Nippon Steel, Hirohata Works, Japonia • Nippon Steel, Oita Works, Japonia • Nippon Steel, Muroran Works, Japonia • Nippon Kokan, Fukuyama Works, Japonia • Nippon Kokan, Keihin Works, Japonia
Fumaks Rhodacs	<ul style="list-style-type: none"> • Nippon Steel, Kimitsu Works, Japonia • Sumitomo Metal Industries, Wakayama Works, Japonia • Sumitomo Metal Industries, Kashima Works, Japonia • Kawasaki Steel, Chiba Works, Japonia
Thylox	<ul style="list-style-type: none"> • dane niedostępne
Procesy absorpcyjne	
Vacasulf®	<ul style="list-style-type: none"> • Maanshan Iron & Steel Company Ltd., Chiny

Carl Still, Diamex, ASK lub Cyclasulf	<ul style="list-style-type: none"> • Prosper, Bottrop, Niemcy • ZKS, Dillingen, Niemcy • Coke oven KBS, Duisburg-Schwegern, Niemcy • Kawasaki Steel, Mizushima Works, Japonia • Koksownia 2, Corus, IJmuiden, Holandia • Koksownia ArcelorMittal, Ghent, Belgia • Voestalpine, Linz, Austria • Rivagroup Taranto, Włochy • ArcelorMittal, Dunkirk, Francja • ArcelorMittal, Fos sur Mer, Francja
Sulfiban	<ul style="list-style-type: none"> • Koksownia 1, Corus, IJmuiden, Holandia • Nippon Kokan, Keihin Works, Japonia
Źródło: [65, InfoMil 1997] [252, France 2007].	

Literatura przedmiotu

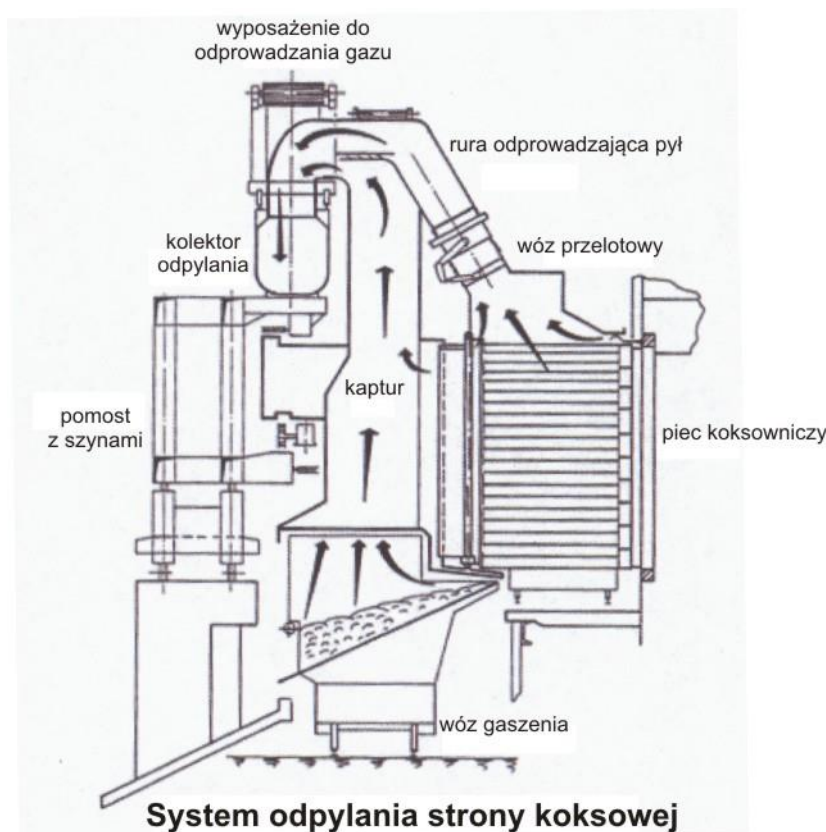
[33, Eisenhut et al. 1988] [65, InfoMil 1997] [118, Rothery 1987] [223, USEPA 2001] [242, Caughlin 2007] [249, Netherlands 2007] [252, France 2007] [254, Eurofer 2007] [277, Wiesenberger 2007] [297, Hekkema et al. 2004] [320, Eurofer 2007]

5.3.13 Redukcja emisji podczas wypychania koksu

Opis

Kilka techniki zostały opracowane w celu minimalizacji emisji pyłu podczas wypychania koksu, obejmują one:

- obudowanie strony koksowej wiatą wyposażoną w instalację odsysania i odpylania. Pył jest usuwany z wiaty i oczyszczany w filtrze workowym, korzystanie z wozu kontenerowego. Koks jest wypychany bezpośrednio z komory pieca koksowniczego do wozu kontenerowego. Koks nie ma kontaktu z tlenem i tylko niewielkie ilości pyłu są generowane. Ten system zazwyczaj stosowany jest w połączeniu z suchym gaszeniem koksu, korzystanie z wozu przelotowego zintegrowanego z kapturem, stacjonarnym przewodem odciągowym i stacjonarnym systemem odciągania gazu. Preferowana filtracja na filtrach workowych, tak zwany "Minister Stein system". Podczas całego procesu wypychania, wóz gaśniczy powinien być umieszczony w przestrzeni odpylania wozu przelotowego. Używa się jednogpunktowego lub mobilnego wozu gaśniczego z zintegrowanym kapturem na wozie przelotowy. Przykład odpylania dla pyłu powstałego podczas wypychania koksu jest pokazany na rysunku 5.17.
- Utrzymanie wystarczającego czasu koksowania, jednorodne ogrzewanie i optymalne ładowanie ciepła, które jest ważne w celu zapobieżenia wypychaniu niewygarowanego koksu



Rysunek 5.17 Przykład odpylania koksu strony koksowej

Korzyści dla środowiska

Emisja pyłu bez instalacji ograniczania emisji wynosi około 500g/tonę koksu. Z przytoczonych powyżej czterech technik, „system Ministra Stein’a” daje najlepsze rezultaty osiągając wydajność ponad 99%. Poprawiają się także warunki pracy obsługi w przeciwieństwie do rozwiązania z wiatą po stronie koksowej. W istniejących zakładach współczynnik efektywności odpylania wynosi powyżej 99%. Ten system również oparto o odciąg poprzez stacjonarny przewód odpylania.

Wydajność wentylatorów odpylania wynosi najczęściej 200 000 Nm³/h w zakładach korzystających z systemu Minister Stein, ale jest zależna od wielkości komory. W koksowni Thyssen Krupp Stahl AG, Duisburg, Niemcy wydajność ta wynosi około 400 000 Nm³/h.

Często stosowane są filtry workowe w celu zminimalizowania emisji pyłów. W jednym przypadku stosowanie filtra workowego przy wypychaniu koksu, obniżają emisję do 0,9 mg/Nm³ (emisja średnioroczna) i 1,5 mg/Nm³ (dla percentylu 95%) – czas referencyjny był średnią z 0,5 godziny. Dostarczono informacje, że stężenie pyłu w powietrzu odpylonym wynosiło poniżej 30 mg/Nm³ niezależnie od stosowanej techniki. Mokre techniki ograniczania emisji, które ciągle są jeszcze stosowane umożliwiają osiągnięcie emisji pyłu na poziomie 20 mg/Nm³

Na ogół współczynniki emisji (z komina) na poziomie poniżej 5g pyłu/t koksu mogą zostać osiągnięte. Z przytoczonych powyżej ilości gazów można odzyskać około 500 – 1000 m³/t koksu. Z powyższych danych można obliczyć stężenia emisji, który dla zastosowania technik ograniczenia emisji wynosi 5 – 10 mg/m³.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Praca z urządzeniem odpylającym wymaga energii do napędu wentylatorów. Zebrane substancje stałe można ponownie wykorzystać w procesie.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Odpylania strony koksowej ma zastosowanie zarówno w nowych, jak i istniejących zakładach. Zastosowanie w istniejących zakładach, może wymagać specjalnych technicznych rozwiązań uwzględniających specyfikę danego zakładu.. Czasami brak przestrzeni w zakładzie jest ograniczeniem.

Ekonomika

Brak dostępnych danych.

Przesłanki do wdrożenia

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

System Minister Stein jest systemem operacyjnym w następujących zakładach:

- US Steel Clairton Works, Pittsburgh, PA, US
- ArcelorMittal, Ghent, Belgia
- ArcelorMittal, Dunkirk, Francja
- ArcelorMittal, Fos sur Mer, Francja
- ArcelorMittal, Seremange, Francja
- Mannesmann Hüttenwerke Krupp, Duisburg-Huckingen, Niemcy
- Prosper, Bottrop, Niemcy
- Corus IJmuiden, Holandia
- Kansai Coke and Chemicals, Kakogawa, Japonia
- Voestalpine, Linz, Austria
- Rivagroup Taranto, Włochy

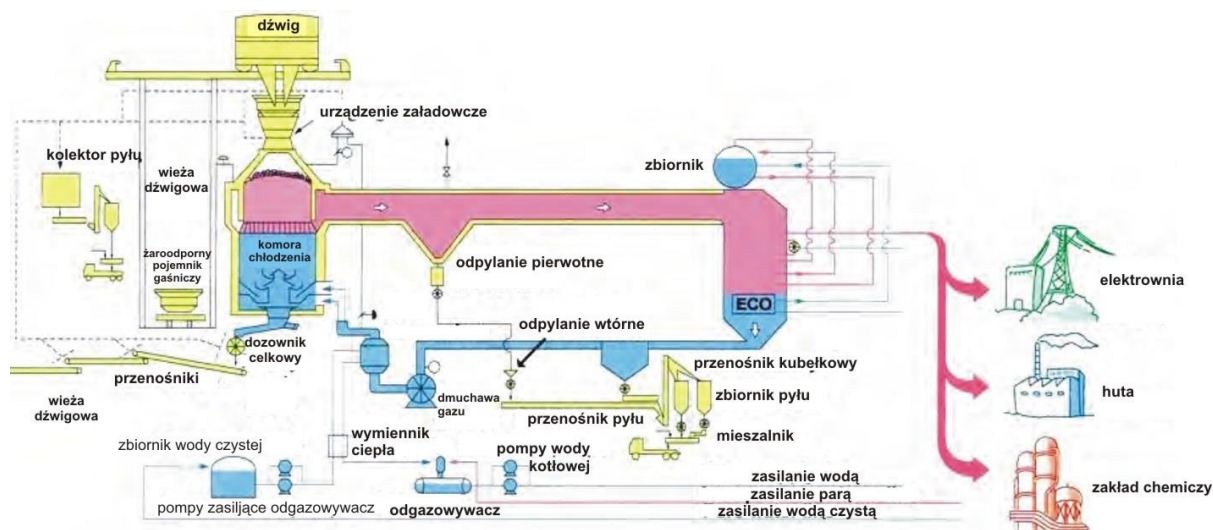
Literatura przedmiotu

[33, Eisenhut et al. 1988] [65, InfoMil 1997] [223, USEPA 2001] [227, WB 1998] [244, Plickert 2007] [253, ICSTI' 06 2006] [276, Italy 2007] [320, Eurofer 2007]

5.3.14 Suche gaszenie koksu

Opis

Rysunek 5.18 przedstawia schemat instalacji suchego gaszenia koksu (CDQ) z szybowym zespołem chłodzenia, kotłem odzysknicowym ciepła i systemem recyrkulacji gazu.



Rysunek 5.18 Schemat instalacji suchego gaszenia koksu.

Instalacja CDQ składa się z dwóch lub więcej komór i powiązanych z nimi kotłowodzysknicowych ciepła oraz dźwigów do ładowania jako kompletna jednostka. Koks jest chłodzony w tych komorach za pomocą gazu cyrkulacyjnego. Gaz cyrkulacyjny jest mieszaniną składającą się głównie z azotu i innych gazów obojętnych, Ta mieszanina powstaje, gdy na początku procesu tlen zużywa się do spalania. Temperatura gazu obiegowego po opuszczeniu komory wynosi około 780°C , a po kotł odzysknicowym około 150°C . Temperatura koksu wprowadzonego do komory chłodzenia wynosi około 1050°C , a po wyjściu z komory, około 180°C . Koks przechodzi przez komorę przez około pięć godzin. Pojemność nominalna typowej instalacji CDQ jest mniej niż 100 t/h/komorę. Urządzenie pracuje na pełnych obrotach produkując około 25 t/h pary pod wysokim ciśnieniem (93 bary). Koks jest transportowany za pomocą przenośników taśmowych z instalacji CDQ do sortowni koksu pieca wielkopiecowego.

Korzyści dla środowiska

Nowoczesna instalacja CDQ wyposażony jest w system odbioru pyłu i kotły z pierwotnym i wtórnym odpylaniem. Po końcowym odpylaniu na filtrach workowych można osiągnąć emisję pyłu niższą niż 3 g/t, co odpowiada $<20\text{ mg/Nm}^3$. Emisja SO_2 osiąga poziom 200 mg/Nm^3 . Emisje SO_2 są na poziomie 200 mg/Nm^3 . Emisje zanieczyszczeń do wód powierzchniowych są bliskie zeru. Zebrany koks pył dostarczany jest jako paliwo do spiekalni.

W instalacji CDQ produkuje się około 0,5t pary na tonę koksu, która może być odzyskana i wykorzystana do produkcji energii elektrycznej. Emisji pyłu z operacji przesyłu i przesiewanie go może spowodować konieczność zainstalowania dodatkowego etapu chłodzenia, lub użycia wody w celu uzyskania zawartości wilgoci na poziomie 1%. Ilość wyprodukowanej pary o ciśnieniu 93 bar wynosi około 470 000 trocznie a produkcja pary (8 barów) wynosi około 50 000 t rocznie. Para 93 bar jest używana głównie w elektrowni w Raah Steel Works, Raah, Finlandia, co przekłada się na około 15 MW energii elektrycznej. Emisje do wody są bliskie zeru. Wartości WWA i ChZT są marginalne. Emisja zapyłonego strumienia pary do atmosfery nie występuje.

Zawartość H_2O w koksie w porównaniu do mokrego gaszenia jest mniejsza, co może być bardzo przydatne w wielkim piecu.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Przetwarzanie koksu po suchym gaszeniu może spowodować więcej emisji pyłu niż przeróbka koksu z mokrego gaszenia. Zużycie energii elektrycznej przez wentylatory, działanie różnych urządzeń odpylających, itp. nie jest bez znaczenia. Jednakże, wydajność netto energii będzie raczej korzystna, ze względu na odzyskiwanie ciepła odpadowego, które jest zwykle przenoszone do zasilania elektrycznego.

Dane operacyjne

Według rzeczywistego bilansu operacyjnego z Japonii, wskaźniki wykorzystania czasu pracy systemu suchego gaszenia wynosi około 97%. Konserwacja odbywa się zwykle podczas okresowej konserwacji pieców koksowniczych. Tylko niewielka ilość dodatkowego czasu konserwacji jest wymagana.

Zawartość wilgoci w koksie wynosi około 0,05% w porównaniu z koksem mokro gaszonym, która wynosi około 2 - 5%. Dlatego koks suchogaszony ma więcej zastosowań, a jego jakość jest bardziej jednolita dla operacji w wielkim piecu. Koszty przeróbki / przygotowania koksu gaszonego na sucho są niższe, szczególnie w warunkach zimowych. Ponadto, wytrzymałość koksu jest 1,5 do 2 punktów wyższa w odniesieniu w próbie bębnowej 150/15, niż konwencjonalnego koksu gaszonego na mokro ze względu na fakt, że nie występują pęknięcia, ponieważ koks nie jest gwałtownie chłodzony.. Prowadzi to do poprawy zużycia koksu, PCI i wzrostu wydajności uzysku koksu wielkopieczowego.

Możliwość zastosowania

CDQ można stosować w nowopowstałych i już istniejących zakładach. Ze względu na ciągły sposób pracy instalacji chłodzenia koksu istnieją dwie możliwości. W jednym przypadku, urządzenie do gaszenia koksu na sucho składa się z dwóch do czterech komór. Jedna jednostka stanowi rezerwę. Stąd gaszenie na mokro nie jest konieczne, ale jednostka CDQ musi dysponować dodatkową mocą chłodniczą. W drugim przypadku, dodatkowy system mokrego gaszenia jest konieczny. W przypadku modernizacji istniejących koksowni może być użyta istniejąca instalacja mokrego gaszenia. Taka instalacja CDQ nie wymaga rozbudowywania o dodatkową moc chłodniczą

Ekonomika

Koszt inwestycyjny instalacji CDQ o rocznej zdolności przerobowej 2.000.000 ton koksu wynosi około 100 mln EUR (z czego koszty wyposażenia technicznego wnoszą około 70 mln euro), chociaż to zależy od lokalnych warunków, zakresu, specyfikacji i warunków rynku odnośnie materiałów itp. W oparciu o najnowsze technologie CDQ niedawno wybudowanych w Azji w celu zwiększenia efektywności produkcji energii wynika, że koksownia o zdolności produkcyjnej 2 miliony ton koksu ok potrafi wyprodukować około 320 000 MWh przy zużyciu 100 % powstałej pary. Biorąc pod uwagę stopę procentową w wysokości 5% oraz średnią cenę energii elektrycznej dla odbiorców przemysłowych w 27 państwach członkowskich UE [http://www.veoe.at/fileadmin/071107_Strompreise_Eurostat_2007.pdf], można stwierdzić, że czas zwrotu wydatków na inwestycję wyniesie 4,4 lata. Jednak czas zwrotu jest dość wrażliwy na ceny energii elektrycznej i może ulec zmianie w UE-27 od 3 do 8 lat. Ponadto, biorąc pod uwagę niektóre europejskie systemy oszczędzania energii, takie jak "zbywalne certyfikaty w zakresie oszczędności energii" (lub "białe certyfikaty"), które zostały wdrożone w niektórych krajach europejskich, wspomniany wyżej okres zwrotu ma być znacznie krótszy.

Przesłanki do wdrożenia

Ze względów ochrony środowiska, poprawa stabilności jakości koksu w porównaniu z konwencjonalnym gaszeniem na mokro (związane głównie z zawartością wilgotności) i efektywności energetycznej są siłą napędową dla realizacji gaszenia koksu na sucho.

Przykładowe zakłady

Do marca 2008 r. liczba funkcjonujących zakładów CDQ (komór) wynosiła: 104 w Azji Wschodniej, 12 w Azji Środkowej, 5 w Ameryce Południowej i 21 w Europie. W krajach europejskich instalacje znajdują się: 5 na Węgrzech, 3 w Finlandii, 4 w Polsce, 4 w Rumunii i 5 jest w Turcji.

[290, Nippon Steel Engineering Co. 2008]

Literatura przedmiotu

[207, Ameling et al. 2004] [208, Lindfors et al. 2006] [227, WB 1998] [276, Italy 2007] [277, Wiesenberger 2007] [290, Nippon Steel Engineering Co. 2008] [320, Eurofer 2007] [334, Eurofer 2007]

5.3.15 Gaszenie koksu na mokro

Mokre gaszenie może być realizowane w dwóch wariantach: jako konwencjonalne mokre gaszenie i bardziej zaawansowane mokre gaszenie ze stabilizacją.

5.3.15.1 Konwencjonalne mokre gaszenie koksu

Opis

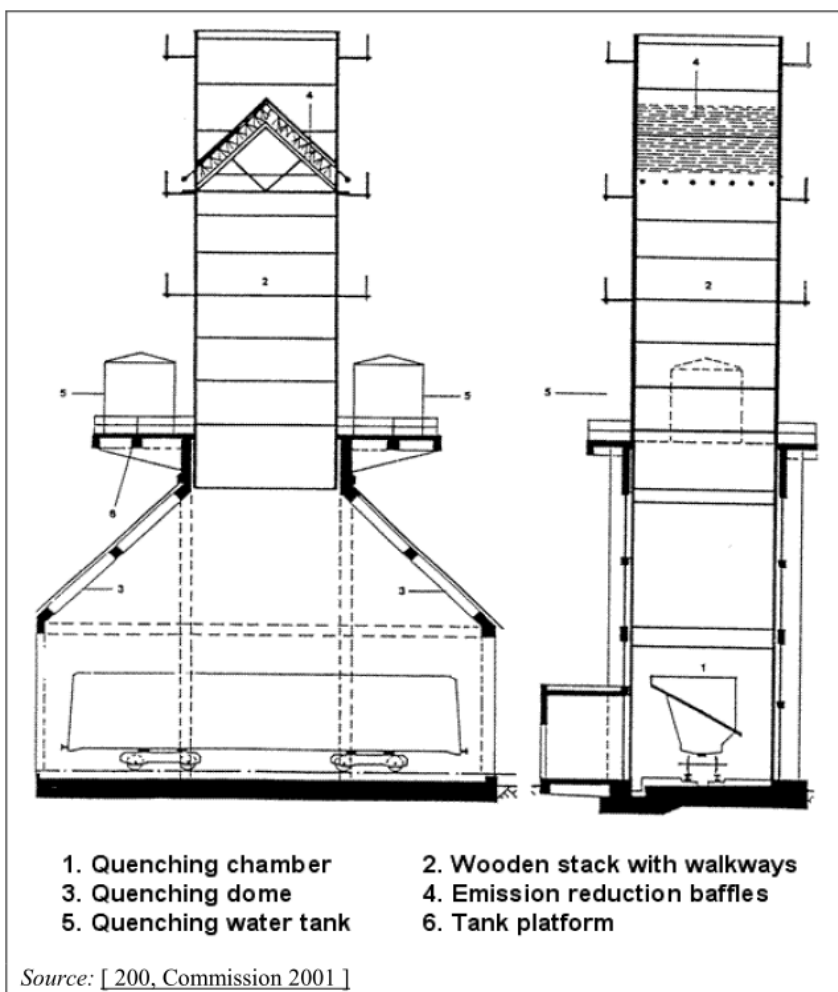
W przypadku gaszenia koksu wodą w wieży gaszenia, powstaje para wodna i pył, które emitowane są przez wieżę gaszenia. Ilość porwanego pyłu zależy od warunków eksploatacyjnych, własności koksu i rodzaju wody gaśniczej. Podejmowano wysiłki w celu zmniejszenia emisji pyłów i pary wodnej za pomocą środków konstrukcyjnych, a inne, na przykład, przez spryskiwanie oparów wodą.

Optymalne rozwiązania w celu zmniejszenia emisji pyłów obejmują zastosowanie przegród wzorów oraz innych rozwiązań w wieży gaśniczej (patrz rysunek 5.19).

Ponadto można zastosować gaszenie typu "zalewanie/zatapienie" jako modyfikację gaszenia koksu wodą. Woda jest wtłaczana przez niewielkie systemy rurociągów na dno wozu gaśniczego (zatapienie koksu), a częściowo rozpylana na górną warstwę koksu (podczas gdy w większości instalacji mokrego gaszenia, woda jest tylko rozpylana na górną warstwę koksu). Niezależnie od wariantu gaszenia, sama wieża ma taką samą konstrukcję, z tymi samymi rozwiązaniami technicznymi do ograniczania emisji pyłu (patrz rysunek 5.19). Wadą gaszenia metodą "zalewania od góry" jest emisja cząstek koksu z wozu gaśniczego z powodu natychmiastowego powstawania pary pod i wewnątrz masy koksu w wozie gaśniczym, zwłaszcza podczas pracy z wysokimi poziomami koksu. Woda do gaszenia jest używana ponownie.

Sprzęt do wychwytywania pyłu składa się z pojedynczych ram, w których zainstalowano lamele z tworzywa sztucznego. Wieże do gaszenia są zbudowane z drewna i betonu.

Wieża gaszenia jest używana, np. co 15 minut. W celu zmniejszenia emisji, ograniczoną liczbę godzin w miesiącu (np. 4 godziny) zaplanowano na konserwację. Innym sposobem na zmniejszenie emisji jest posiadanie rezerwowej (drugą) wieży gaszenia.



Rysunek 5.19. Schemat wieży do gaszenia z przegrodami redukującymi emisje

quenching chamber - komora do gaszenia

quenching dome - kopuła wieży gaszenia (

quenching water tank - zbiornik wodny do gaszenia

wooden stack with walkways - drewniany komin z podestami

emission reduction baffles przegrody redukujące emisje

tank platform – taca pod zbiornikami

Korzyści dla środowiska

Emisja pyłów podczas gaszenia na mokro bez środków redukcji wynosi około 200 - 400g/t koksu. Przy opisanym systemie, można je zmniejszyć do co najmniej 50g/t koksu (przy współczynniku emisji przed obniżeniem maksymalnie 250 g/t koksu i zawartości substancji stałych w wodzie gaśniczej poniżej 50 mg/l).

W praktyce poziom emisji poniżej 25 g/t koksu jest zazwyczaj osiągnięty. Należy zauważyć, że emisje zależą w dużej mierze od zastosowanej metody pomiaru. Te podane współczynniki emisji zostały określone metodą VDI 2303 ("Wytyczne dla pobierania próbek i pomiaru pyłu przy gaszeniu na mokro"). Wytyczna ta opisuje metodę pobierania próbek, która jest także znana, jako "Metoda Mohrhauer" i która jest dostosowana do warunków w wieżach do gaszenia na mokro.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Dodatkowa energia jest zużywana na zraszanie wodą, choć są to nieznaczne ilości.

Dane operacyjne

Na świecie istnieje wiele wież gaszenia wyposażonych w przegrody redukujące emisje. Dobre wyniki operacyjne zostały odnotowane.

Możliwość zastosowania

Techniki mokrego gaszenia stosuje zarówno w nowych, jak i istniejących zakładach. Istniejące wieże gaszenia mogą być wyposażone w przegrody redukujące emisje. Minimalna wysokość wieży to co najmniej 30 m i jest to konieczne w celu zapewnienia wystarczających warunków wstępnych.

Ekonomika

Koszty dla modernizacji istniejącej wieży gaśniczej w przegrody redukujące emisje wynoszą 200 000 EUR. Modernizacja istniejącej wieży gaszenia możliwa jest tylko w przypadku jej odpowiedniej konstrukcji. W przeciwnym razie musi być zainstalowana nowa wieża, a koszty są znacznie wyższe.

Przesłanki do wdrożenia

Normalnie wymogi prawne i pozwolenie wydane przez władze lokalne inicjują modernizację istniejących wież gaszenia.

Przykładowe zakłady

Przykłady zbudowanych lub zmodernizowanych wież gaśniczych z przegrodami redukującymi emisje są zlokalizowane w następujących miejscach:

- ArcelorMittal, Ghent, Belgia
- Hüttenwerke Krupp Mannesmann, Duisburg-Huckingen, Niemcy
- Koksownia ArcelorMittal, Dunkirk, Francja
- Kokerei Salzgitter, Salzgitter Flachstahl GmbH, Niemcy
- Port Talbot, Zjednoczone Królestwo.

Wszystkie te zakłady uzyskują emisji na poziomie mniejsze niż 25 g pyłu/t koksu.

Literatura przedmiotu

[100, Nathaus et al. 1997] [223, USEPA 200] [227, WB 1998] [242, Caughlin 2007] [320, Eurofer 2007] [334, Eurofer 2007]

5.3.15.2 Gaszenie ze stabilizacją koksu

Opis

W podanym przykładzie instalacji gaszenia koksu ze stabilizacją (zakład CSQ), system gaszenia jest zaprojektowany dla sześciu wypchnięć na godzinę a ilość koksu z jednej komory wynosi 54 tony. System ten składa się z wieży gaśniczej, wodzie osadnika koksiku i wozu do gaszenia. Wieże te są większe niż w przypadku tradycyjnych wież do gaszenia (np. 16 × 16 × 70 m wysokości). W wieży umieszczono dwa stopnie kontroli (ograniczania) emisji pyłu w postaci deflektorów zraszanych wodą. Szczególną cechą tej metody jest jednoczesne stosowanie zraszania i zatapiania dołu wozu gaśniczego.

Korzyści dla środowiska

Emisje pyłu wynoszą 6 - 12g/t koksu. Wysoki wskaźnik gaszenie jest istotnym elementem procesu. Takie gaszenie umożliwia szybkie obniżenie temperatury koksu, krótszy czas

reakcji, mniejszą ilość powstającej pary (gazu wodnego) i siarkowodoru, a także zwiększenie wytrzymałości mechanicznej i stabilizację zgaszonego koksu, równomierny rozkład ziarna i tym samym lepszej jakości koksu.

Należy zauważyć, że emisje zależą w dużej mierze od zastosowanej metody pomiaru. Wskaźniki emisji dla pyłu, jak podano wcześniej zmierzono izokinetycznie zgodnie z warunkami metody VDI 2066, co oznacza, że pobieranie próbek przeprowadzono izokinetycznie co zwykle skutkuje znacznie wyższymi wartościami emisji.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Ilość koksyku wytwarzanego tym systemem jest wyższa niż w konwencjonalnym gaszeniu. Zużycie wody do gaszenia wynosi 2 m³/t koksu z czego 1,5 m³ idzie na osadnik jako woda do obiegu.

Tabela 5.20: Emisje pyłu z wież gaszenia koksu zatapianie typu CSQ.

	Wartości	Jednostki
<i>Cechy szczególne baterii koksowni</i>		
Liczba koksowni	140	
koksowni temperatura w kanałach grzewczych	1300	°C
Czas koksowania	25	H
Objętość komór koksowniczej	93	m ³
Masa wpychanego koksu (wartość średnia)	56,6	t koksu na piec
Liczba dziennych procesów wpychania koksu - całkowita	135	
Dzienna produkcja koksu	7 600	t
<i>Cechy szczególne wieży gaszenia typu CSQ (przez zatapianie)</i>		
Metoda gaszenia:CSQ Gaszenie ze stabilizacją koksu (gaszenie zatapialne)		
Powierzchnia wylotu opar z wieży	256 (16 m × 16 m)	m ²
Wysokość wieży	70	m
Jakość wody do gaszenia: Woda gaszenia gaśnicza cyrkulowana		
Zużycie wody na jedno gaszenie	Całkowita 98	m ³
<i>Pomiary nad siatką pomiarową:</i>		
Pomiary stężenia pyłu w okresie marzec-kwiecień 2004	6, 8, 9 i 12	kg/t koksu
Średnie wartości	9	kg/t koksu
Maksymalna wartość	12	kg/t koksu
<i>Źródło: [264, Germany 2007].</i>		

Możliwość zastosowania

Ponieważ system jest większy niż potrzebny do konwencjonalnego gaszenia, potrzebne jest więcej miejsca

Ekonomika

Brak dostępnych danych.

Przesłanki do wdrożenia

Niższe emisje pyłu mogą zostać osiągnięte przy zastosowaniu metody CSQ.

Przykładowe zakłady

Koksownia KBS, Duisburg-Schweelgern, Niemcy

Literatura przedmiotu

[204, Neuwirth et al. 2003][207, Ameling et al. 2004][253, ICSTI' 06 2006][264, Germany 2007]

5.3.16 Redukcje emisji w operacjach transportowo-magazynowych koksu

Opis

Na operacje transportowe składa się: kruszenie, mielenie i przesiewanie. Operacje te generują emisje cząstek stałych, które muszą zostać wyodrębnione i wymagają dalszej redukcji emisji. Stężenie emisji pyłu jako roczna średnia z filtra workowego jakie odnotowano w dwóch zakładach wyniosły 0,5 i 4,5 mg/Nm³. Operacje z koksem po suchym gaszeniu mogą powodować więcej emisji pyłu niż w przypadku koksu z mokrego gaszenia. Sortownia powinna być zamknięta.

Do przewozu koksu, mogą być stosowane przenośniki obudowane lub zadaszone. Na składzie koksu stosuje się zraszanie koksu w celu nawilżania jego powierzchni i w celu przeciwdziałania tworzeniu się pyłu koksowego. Aby zmniejszyć prędkość wiatru należy stosować odpowiednie płoty lub wały przeciwwietrzne. Strefa wolnego opadania koksu z taśmociągu powinna być mniejsza niż 0,5m.

Korzyści dla środowiska

Z filtrami workowymi, można osiągnąć stężenia pyłu pomiędzy 0,5 - 4,5 mg/Nm³ (średnie roczne).

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Brak dostępnych danych.

Ekonomika

Brak dostępnych danych.

Przesłanki do wdrożenia

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Brak dostępnych danych.

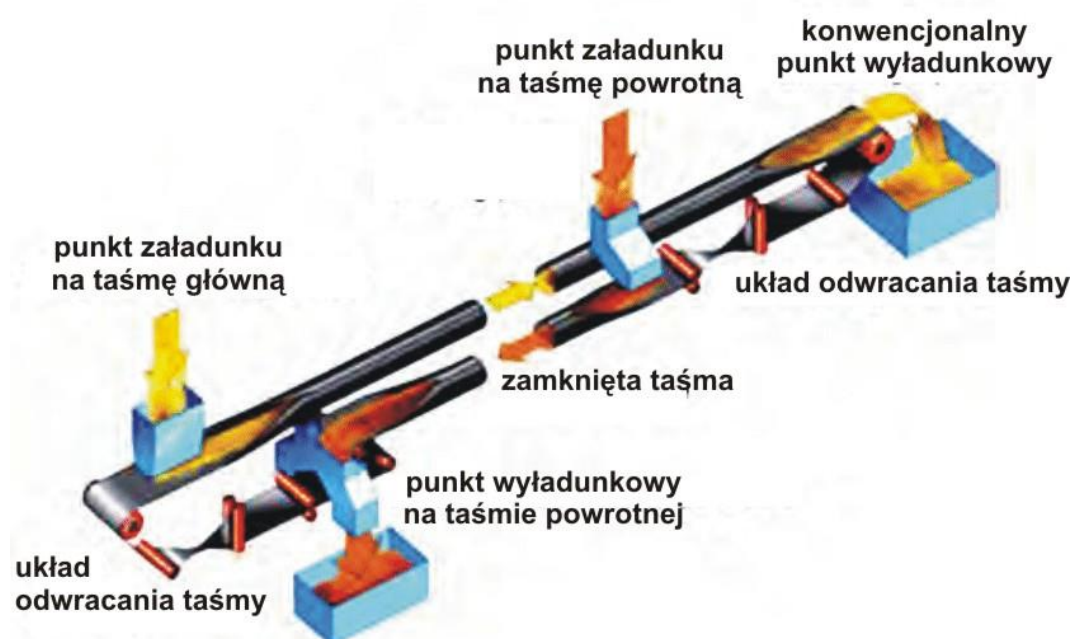
Literatura przedmiotu

[227, WB 1998][244, Plickert 2007]

5.3.17 Zamknięte przenośniki taśmowe

Opis

Środkiem do transportu materiałów sypkich, takich jak drobny granulat węgla lub koksu jest zamknięty pas lub przenośnik rurowy, który chroni środowisko przed wszystkimi emisjami z materiału. Taśmowe przenośniki rurowe składają się z giętkiej taśmy przenośnika, która poprzez specjalne urządzenia jest formowana w szczelną rurę. Na początku taśmociągu - w strefie załadunku materiału - taśmociąg jest otwarty a węgiel lub koks jest podawany jakl na zwykły przenośnik taśmowy. Brzeży taśmy taśmociągu są około 12 m za podajnikiem zaginane (w trakcie ruchu) w taki sposób, aby utworzyć gumową rurę nad całym odcinkiem taśmociągu. Na koniec - około 12 m przed punktem rozładowywania - pas otwiera się ponownie. Po wyładowaniu, pas zostanie ponownie zamknięty, jak można zobaczyć na rysunku. 5.20.



Rysunek 5.20: Przykład systemu przenoszenia rurami.

Korzyści dla środowiska

Zamknięta konstrukcja przenośnika taśmowego zapobiega rozproszonej i nieorganizowanej emisji węgla/ koksu podczas transportu.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Dane techniczne dla przenośnika rurowego w zakładzie koksowniczym w Niemczech podane są w tabeli 5.21

Tabela 5.21: Dane techniczne dla przenośnika rurowego w zakładzie koksowniczym w Niemczech

Parametr	Wartości	Jednostka
średnica	500	mm
Szerokość Taśmy	1900	mm
Maksymalna wydajność	800	t/h

Prędkość	2,09	m/s
Długość	736	m

Możliwość zastosowania

Przenośniki rurowe są powszechnie stosowane w nowych i istniejących instalacjach do transportu towarów generujących pył np. koksu, drobnego granulatu węgla lub żelaza gąbczastego (DRI).

Ekonomika

Brak dostępnych danych.

Przesłanki do wdrożenia

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Jedna koksownia w Niemczech.

Literatura przedmiotu

[260, Germany 2007][269, Germany 2007][273, Eurofer 2007][283, EC 2006]

5.3.18 Technologie gazoszczelne na Węgl pochodnych (oczyszczalni gazu)

Opis

W zakładzie oczyszczania gazu, surowy gaz koksowniczy jest oczyszczany w kilku etapach w celu późniejszego wykorzystania jako paliwo. Stosunkowo lotny charakter składników surowego gazu koksowniczego oznacza, że emisje mogą wystąpić na kołnierzach, zaworach ciśnieniowych, pompach, itp., Oprócz negatywnych skutków środowiskowych, względy bezpieczeństwa są również ważne, ponieważ niektóre składniki COG są znanymi substancjami rakotwórczymi (np. WWA i benzen). Benzolownia (Zakład BTX) wchodząca w skład instalacji oczyszczania gazu koksowniczego jest szczególnie ważny w tym zakresie. W benzolowni jest wypłukiwany z gazu koksowniczego za pomocą cieczy płuczącej benzol (BTX), który składa się głównie z benzenu, toluenu i ksylenów. Następnie nasycona benzolem olej płuczkowy jest regenerowany i BTX jest odzyskiwany i może być sprzedawany.

Gazoszczelne funkcjonowanie zakładu oczyszczania gazu jest przede wszystkim kwestią zdrowia i bezpieczeństwa.

Wszystkie środki, które umożliwiają praktycznie gazoszczelne funkcjonowanie zakładu oczyszczania gazu powinny być brane pod uwagę, obejmują one wymienione poniżej pozycje:

- minimalizacja liczby kołnierzy poprzez spawanie orurowania, tam gdzie to możliwe
- zastosowanie pomp gazoszczelnych (np. pomp magnetycznych lub z podwójnym uszczelnieniem),
- unikanie emisji z zaworów ciśnieniowych na zbiornikach magazynowych. Najczęściej można to osiągnąć poprzez podłączenie wylotu z zaworu do głównego kolektora gazu koksowniczego (może być również stosowane gromadzenie gazów a następnie ich spalanie lub tworzenie poduszki gazowej lub płuczki gazowej),
- używanie specjalnych uszczelnień na kołnierzach i zaworach, aby zapobiec zanieczyszczeniu powietrza oraz prowadzenie szczelnych procesów bez emisji zanieczyszczeń, takich jak proces Clausa z recyklingiem gazu poreakcyjnego lub oczyszczanie kondensatu wodno-smołowego z recyklingiem osadów smołowych,

- zamknięcie systemu osadów smołowych. Stałe cząstki są oddzielane z surowej smoły pochodzącej z odstojnika smoły w gazoszczelnej wirówce. Odwirowana smoła poprzez zbiornik odbiorczy podawana jest do zbiorników przechowywania smoły. Oddzielony osad smoły ze stałego wylotu wirówki zbierany jest w naczyniu, skąd za pomocą wysokociśnieniowej pompy osadów stałych pompowane jest do specjalnego zbiornika w wieży węglowej. Dozowanie osadów jest sprzężone z ilością węgla, tak że uzyskuje się doskonałą mieszankę osadów smołowych i węgla. Jeśli to konieczne, można usuwać osady smołowe do mobilnego pojemnika.

Korzyści dla środowiska

Brak dostępnych danych.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Nie występują żadne skutki uboczne stosowania techniki.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Zastosowanie zarówno w nowych jak i istniejących zakładach. W nowych zakładach, gazoszczelna konstrukcja będzie prawdopodobnie łatwiejsze do osiągnięcia niż w istniejących zakładach.

Ekonomika

Brak dostępnych danych.

Przesłanki do wdrożenia

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Voestalpine, Linz, Austria; Corus, IJmuiden, Holandia; i ArcelorMittal, Ghent, Belgia wszystkie działają z prawie całkowicie gazoszczelnymi instalacjami do oczyszczania gazu koksowniczego.

Literatura przedmiotu

[65, InfoMil 1997][204, Neuwirth et al. 2003][216, sniffers et al. 2006][320, Eurofer 2007]

5.3.19 Usuwanie smoły (i WWA) z kolumny odpędowej

Opis

Ścieki z kolumny odpędowej amoniaku normalnie nie zawierają smoły, ale jeśli się tak dzieje to smoła ma niekorzystny wpływ na działanie biologicznej oczyszczalni ścieków. W szczególności obecność wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w smole może powodować problemy ponieważ WWA mogą mieć toksyczny wpływ na mikroorganizmy w biologicznym osadzie czynnym. WWA są stosunkowo trudne do rozkładania. W związku z tym, zaleca się usunąć smołę z wody pogazowej przed biologicznym oczyszczaniem wody.

Smoła może być usunięta przez dodanie koagulujących środków chemicznych a następnie oddzielenie jej za pomocą takich technik, jak:

- sedymentacja grawitacyjna stosowana czasem po filtracji,

- odwirowanie wody pogazowej,
- flotację
- filtrowanie na filtrach piaskowych.

Taki proces usuwa większość smoły ze ścieków w postaci silnie zagęszczonego placka filtracyjnego lub szlamu, który musi być poddawany dalszej obróbce, np. przez recykling w piecach koksowniczych.

Korzyści dla środowiska

Z filtracji piaskowej można osiągnąć stężenie mniejsze niż 700 - 800 µg/l (EPA-WWA) przy skuteczności usuwania 99% .

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Wszystkie z tych technik usuwania smoły generują odpady. Jednak te smołowe odpady , mogą być poddane recyklingowi w piecach koksowniczych.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Usuwanie smoły przed oczyszczaniem ścieków ma zastosowanie zarówno w nowych, jak i istniejących zakładach.

Ekonomika

Brak dostępnych danych.

Przesłanki do wdrożenia

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Sedymentacja i filtracja: Koksownia 1, Corus, IJmuiden, Holandia

Literatura przedmiotu

[[65, InfoMil 1997](#)] [[320, Eurofer 2007](#)] [[340, Eurofer 2007](#)]

5.3.20 Oddzielanie amoniaku ze ścieków

Opis

Utrzymanie stężenia amoniaku w kolumnie odpędowej i wodzie odpędzanej na niskim poziomie skutkuje korzyściami w funkcjonowaniu biologicznej oczyszczalni ścieków. Skuteczność usuwania silnie zależy od dodania alkaliów i pary oraz od konstrukcji kolumny (tj. liczba półek). Większe dawki NaOH i zwiększenie liczby półek mogą znacznie zmniejszyć stężenie amoniaku w ściekach.

Kiedy oczyszczalnia przeprowadza nityfikację i późniejszą denitryfikację, zawartość amoniaku w wodzie odpędzonej nie ma aż takiego znaczenia. W tym przypadku, powinno się znaleźć ekonomiczne i środowiskowe optimum między usuwaniem amoniaku w kolumnie a usunięciem amoniaku w biologicznej oczyszczalni ścieków.

Korzyści dla środowiska

Stężenia amoniaku w ściekach mogą wynosić od 20 do 150 mg/l, w zależności od ilości dodawanej pary i alkaliów od konstrukcji kolumny odpędowej. Wartości pomiędzy 20 i 40

mg/l, są możliwe do osiągnięcia, ale może nie być to konieczne ze względu na dostosowanie równowagi wskaźnika BOD5/P/N w ściekach przed ich biologicznym oczyszczaniem.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Kolumny odpędowe zużywają energię w postaci pary (0,1 - 0,2 t pary/m³ ścieków) i zużywają zasady (NaOH; 6 - 22 l/m³). Dawniej, używano wapna zamiast NaOH. Wyższe dawki pary i alkaliów prowadzą do obniżenia stężeń NH₃ w ściekach. Ponadto, wytwarzana para zawiera amoniak i H₂S, które muszą być oczyszczane, na przykład w instalacji kwasu siarkowego, Clausa, lub w instalacji siarczynu amonu.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Zastosowanie zarówno w nowych jak i istniejących zakładach.

Ekonomika

Kolumna odpędowa amoniaku, oczyszczająca 150 m³ ścieków na godzinę generuje następujące koszty:

- Koszty inwestycyjne 0,75 - 0,9 mln EUR w 1993 roku na kolumny,
- Koszty operacyjne: 0,18 EUR/m³ w 1993 roku.

Dla kolumny odpędowej amoniaku, oczyszczając 120 m³ ścieków na godzinę, inwestycje wyniosły 0,8 mln EUR w 2005 r., jak przedstawiła koksownia w Hiszpanii (ArcelorMittal, Aviles, Hiszpania).

Przesłanki do wdrożenia

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Prawie wszystkie koksownie na świecie stosują kolumny odpędowe amoniaku.

Literatura przedmiotu

[65, InfoMil 1997] [276, Italy 2007] [320, Eurofer 2007]

5.3.21 Oczyszczalnia ścieków

Ścieki z koksowni zawierają mieszaninę węglowodorów, związków cyjanku i związków azotu w stosunkowo wysokich stężeniach. Dostępnych jest kilka sposobów oczyszczania tych ścieków. W każdym przypadku ścieki przechodzą przez kolumnę odpędową amoniaku przed dalszym przetwarzaniem.

Ścieki mogą być oczyszczane biologicznie i chemicznie. Gdy obróbka biologiczna jest stosowana, smoła jest często usuwana w procesie fizykochemicznym a ścieki są często rozcieńczone, aby uniknąć toksycznych oddziaływań na mikroorganizmy, zwłaszcza na bakterie nityfikacyjne.

Najczęściej stosowaną technologią biologicznego oczyszczania ścieków w koksowni jest tlenowy system biologiczny z osadem czynnym. W niektórych przypadkach, należy zwrócić szczególną uwagę na nityfikację i (beztlenową) denityfikację. W innych przypadkach, system biologiczny oparty na złożu fluidalnym jest stosowany w oczyszczaniu ścieków.

Opis

Techniki zawarte i dodatkowo opisane w tej sekcji to:

- a) system tlenowy z osadem czynnym,
- b) nityfikacja
- c) Nityfikacja - denityfikacja

Technika a) tlenowy system z osadem czynnym,

W systemie tlenowym z osadem czynnym, biodegradowalne zanieczyszczenia są rozkładane biologicznie na CO_2 , H_2O i minerały, związki nieorganiczne, a nie-biodegradowalne, niejonowe (jak większość WWA i metali ciężkich) są usuwane z fazy wodnej przez częściową adsorpcję na osadzie czynnym. W praktyce, większość potencjalnie niebezpiecznych zanieczyszczeń, takich jak fenole, cyjanki i aromatyczne węglowodory są rozkładane biologicznie a metale ciężkie są częściowo usunięte przez adsorpcję na osadzie czynnym.

Systemy osadu czynnego o niskim wskaźniku odżywczym / drobnoustroju (stosunek F/M) są korzystne z punktu widzenia ochrony środowiska. Niski stosunek F/M umożliwia również biodegradację trudno biodegradowalnych związków organicznych. Stosunek F/M jest stosunkiem materii organicznej do osadu czynnego jako mieszanina zawiesin (MLSS) i jest wyrażony jest jako „kg ChZT/ kg MLSS/dobę”, w których ChZT jest chemicznym zapotrzebowaniem na tlen.

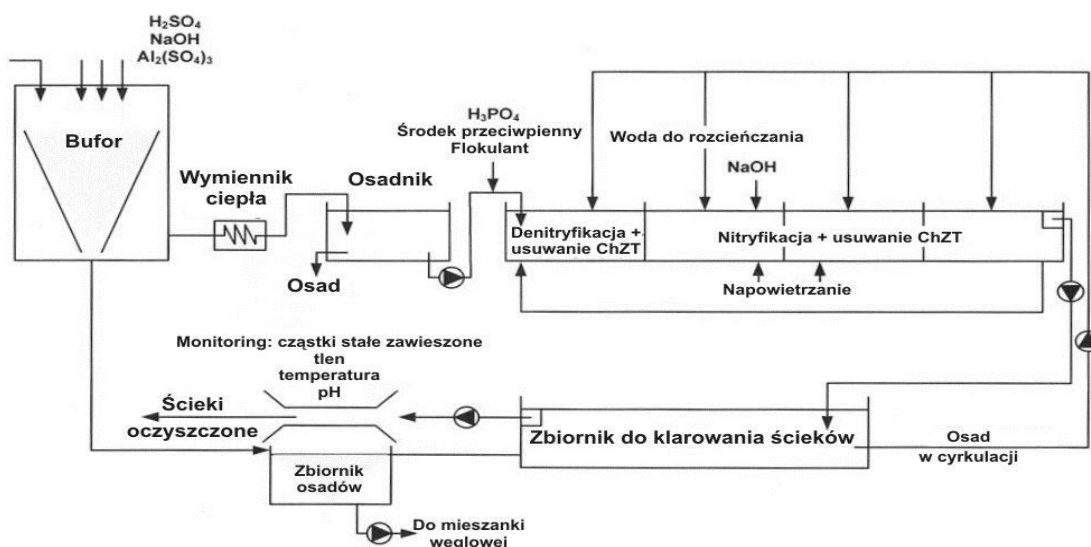
Przy napowietrzaniu może używać tlenu zamiast powietrza atmosferycznego. To zwiększa kontrolę procesu i zmniejsza odpędzanie lotnych składników w ściekach. Na przykład, natlenianie stosuje się w ArcelorMittal, Ghent, Belgia.

Technika b) nityfikacja

Niektóre oczyszczalnie ścieków są przeznaczone do efektywnego usuwania amoniaku (NH_4^+) za pomocą nityfikacji. Tradycyjna projekt systemu osadadem czynnym aktywowanym powietrzem może być traktowany jako punkt wyjścia dla tego rodzaju zakładu. System powinien posiadać bardzo niski stosunek F/M i wysoki stopień recyrkulacji, aby zapobiec wolno rosnącej bakterii nityfikacji. Bakterie nityfikacji przekształcają amoniak do azotanu (NO_3^-). W takich warunkach, w dużym stopniu biodegradowalne związki organiczne mogą być również zmineralizowane przy wysokiej skuteczności ich usuwania.

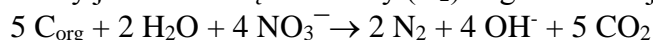
Technika c) nityfikacja - denityfikacja

W niektórych przypadkach miejscowe władze zażądały niskich zawartości wszystkich związków azotowych (w tym azotanów) w wypływających ściekach. Wymaga to dodatkowego beztlenowego oczyszczania ścieków. W Kkilku zakładach jest to możliwe, ale dobre wyniki zostały uzyskane w oczyszczalniach ścieków ze wstępną denityfikacją-nityfikacją (pre-DN/N). Dwa przykłady podano poniżej na rysunkach. 5.21 i 5.22.



Rysunek 5.21 Przykład typowej biologicznej oczyszczalni ścieków z etapami nityfikacji i denityfikacji.

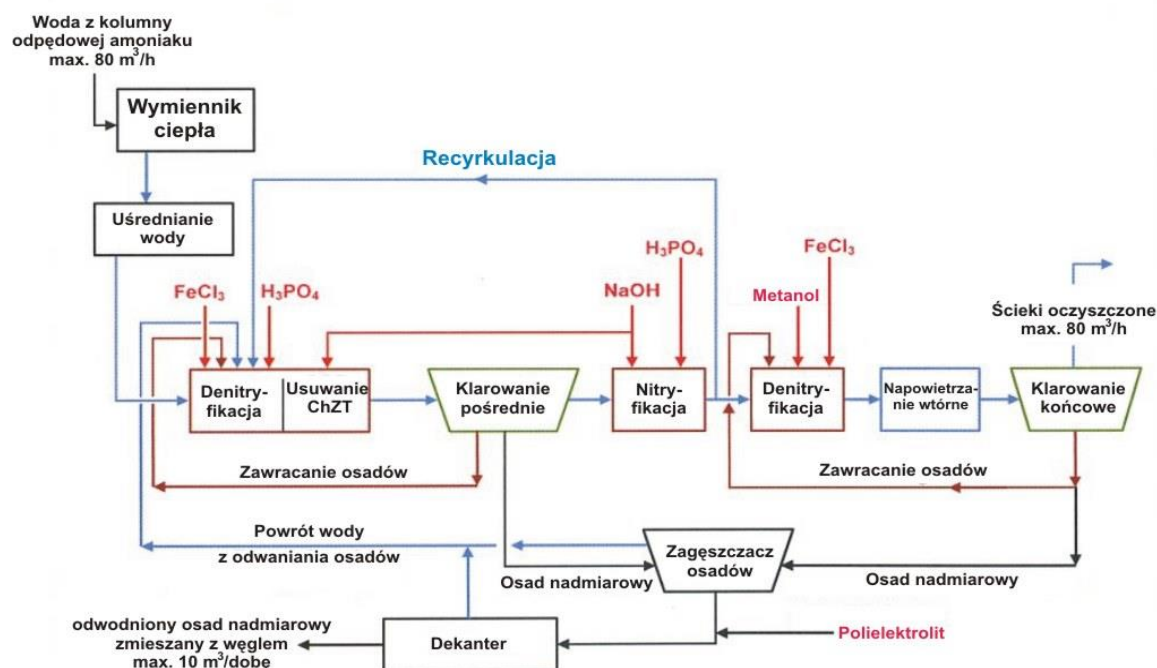
W systemie wstępnej koncepcji DN/N jako punkt wyjścia stosuje się system z osadem czynnym aktywowany napowietrzaniem. Jednak zanim ścieki są napowietrzane, dodawana jest woda bogata w azotany z etapu nityfikacji.. W warunkach beztlenowych bakterie wykorzystują azotany jako końcowe akceptory elektronów zamiast tlenu cząsteczkowego (O₂). Azot jest emitowany jako azot cząsteczkowy (N₂). Ogólna reakcja jest następująca:



Oczyszczalnia ścieków (WWTP) w zakładzie Hüttenwerke Krupp Mannesmann w Duisburgu, Niemcy jest zaprojektowana jako wieloetapowy system biologiczny, złożony z (zgodnie z przepływem wody):

- wymiennik ciepła do chłodzenia wodny odpędzonej z instalacji desorpcji H₂S/NH₃,
- zbiornik napowietrzania (proces z osadem czynnym do rozkładu materii organicznej) z zainstalowaną częścią denitryfikacji jako pierwszy stopień denitryfikacji, .
- zbiornik do pośredniego klarowania ścieków,
- zbiornik do nityfikacja, zaprojektowany jako biologiczny nośnik,
- drugi etap denitryfikacji, z dozowaniem metanolu jako zewnętrznego źródła węgla,
- zbiornik po-napowietrzaniu do odgazowania osadu czynnego,
- osadnik końcowy.

W celu monitorowania jakości biologicznie oczyszczonych ścieków, sprzęt do monitorowania i kontroli obejmuje monitorowanie online z opcją wczesnego ostrzegania o nieprawidłowym wczesnie przebiegu procesu oczyszczania.



Źródło: [320, Eurofer 2007] [341, Eurofer 2007]

Wykres 5.22 Przykład biologicznej oczyszczalni ścieków z predenitryfikacją-nitryfikacją-denitryfikacją.

Zakład ten wykazuje bardzo dobre wyniki oczyszczania ścieków koksowniczych z bardzo niską emisją azotu, siarki i cyjanków. Stężenia dopływów i odpływów są podane w Tabeli 5.24.

Innym przykładem koncepcji "pre-DN/N jest ciągle działająca od 2000 roku koksownia w Corus, IJmuiden, Holandia.

Proces nazywano BIO 2000 i składa się z wspólnego oczyszczania ścieków z koksowni, wielkich pieców oraz spiekalni w układzie aktywowanego osadu z predenitrifikacją i nitrifikacją w celu zminimalizowania emisji ChZT i związków azotowych.

Nitrifikacja i usuwanie ChZT odbywa się jednocześnie w tlenowej części instalacji. Produkty końcowe z tej reakcji to CO₂, woda i azotany, NO₃.

Denitryfikacja jest procesem biologicznym, w którym azotany są przekształcane przez bakterie w gazowy azot. Ten proces odbywa się w warunkach beztlenowych. Tak więc, powinna być oddzielna część instalacji, w której stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie jest mniej więcej równe zero. Jednakże dla bakterii denitryfikacyjnych konieczne są również niewielkie ilości substancji generujących ChZT. Poprzez wprowadzenie (części) dopływu do beztlenowej części instalacji i recyklingu znitryfikowanych ścieków, ChZT i azotany wspólnie spotykają się. Ponieważ denitryfikacja zachodzi w pierwszej części instalacji, nazywana jest predenitrifikacją.

Tabela 5.22: Skład różnych ścieków w koksowni Corus, IJmuiden, Holandia (2007)

Parametr	Jednostki	Wielki piec)	Spiekalnia ,	Koksownia ,	Wody gruntowe ⁽¹⁾	Ogółem
Przepływ	m ³ /h	140 - 150	50 - 55	80 - 90	35 - 40	320
Temperatury	°C	40 - 44	35 - 40	30 - 35	10 - 12	33
Zawiesiny ciał stałych	mg/l	25 - 35	10 - 25	20 - 50	<10	25
ChZT	mg/l	65 - 120	250 - 450	3000 - 3500	150 - 350	1 100
N Kjeldahla	mg/l	130 - 150	200 - 300	200 - 300	100 - 200	180
Całkowity CN	mg/l	5 - 20	-	20 - 60	20 - 50	15
Cynk	mg/l	2 - 4	-	-	-	-
Metale	mg/l	1 - 3	1 - 3	-	-	-
Fenole	mg/l	-	-	500 - 700	-	-
SCN	mg/l	-	-	200 - 250	-	-

(¹) Zanieczyszczona woda gruntowa z koksowni.

Sercem nowej konfiguracji oczyszczalni ścieków w Corus w IJmuiden jest biologiczna oczyszczalnia, instalacja typu karuzela, która została zbudowana od 1999 - 2000 (patrz Rysunek 5.23 i Rysunek 5.24). Instalacje typu karuzela są dość powszechne w Europie Zachodniej, gdzie są one stosowane dość często w oczyszczaniu ścieków bytowo-gospodarczych.

Duże zbiorniki z aeratorami powierzchniowymi i stosunkowo wysokimi prędkościami przepływu powodują, że zawartość reaktora jest bardziej wymieszana niż w przypadku przepływu tłokowego. Aeratory są kontrolowane przez pomiar rozpuszczonego tlenu w sposób ciągły i porównanie go z wyznaczonym punktem 1,5 - 2 mg/l. Ponadto, wartość pH jest również kontrolowana przez dodanie sodu kaustycznego, gdy pH jest mniejsze niż 6,8 lub przez dodanie kwasu siarkowego gdy pH w zbiorniku jest wyższe niż 7,4.

Po biologicznej oczyszczalni zainstalowane ponownie instalację ciągłego płukania filtrów piaskowych. Pomimo faktu, że mieszanina ścieków może łatwo być oczyszczona, czasami bardzo drobne osady biologiczne są obecne w przelewie osadnika końcowego.

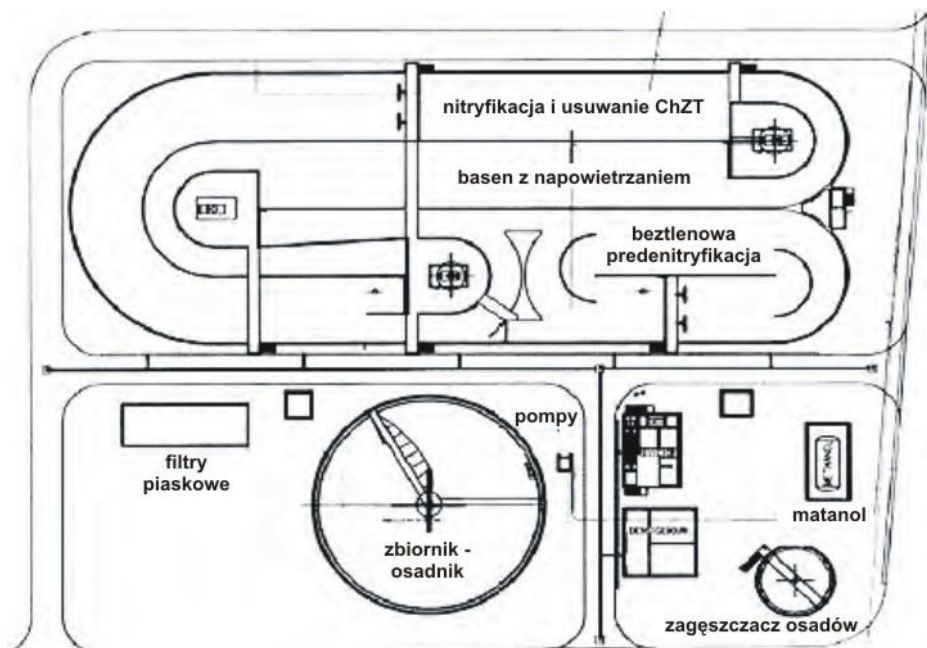
Nadmiar osadu jest pompowany do zagęszczacza pierwszego. Następnie osad jest odwadniany i miesza się go z węglem, który jest wykorzystywany jako wsad wejściowy do pieca.

Zbiornik karuzelowy z napowietrzaniem powierzchniowym zainstalowanym w niebieskich skrzynkach widoczny jest na rysunku 5.24 (poniżej). Skrzynki te są izolowane, aby zapobiec

problemom z hałasem w bezpośrednim sąsiedztwie instalacji. Jasnoniebieskie kolumny na przodu to sześć filtrów piaskowych.

Wymiary karuzeli są następujące: objętość napowietrzania 15 000 m³, co oznacza, czas retencji hydraulicznej 33 godziny. Objętość zbiornika- osadnika wynosi 1 500 m³. Średnica zbiornika-osadnika to 29 m. Obciążenie powierzchniowe to 5 m³/m²/h.

Zagęszczacz osadu jest zbiornikiem o średnicy 9,5 m i o pojemności 250 m³. Średnia ilość szlamu wynosi 45 m³/dobę z 3% zawartością suchej masy. Przepływ recyrkulacji osadu wynosi max 640 m³/h (podwójna ilość dopływów). Dozowanie kwasu fosforowego prowadzi się w taki sposób, aby jego zawartość (fosforany) wynosiła na wylocie z oczyszczalni około 2 mg/l. Oznacza to, że należy dodawać około 5 l/h, 75 % roztworu kwasu fosforowego [379, Corus IJmuiden 2009].



Rysunek 5.23: Plan biologicznej oczyszczalni w Corus, IJmuiden, Holandia



Rysunek 5.24: Widok ogólny biologicznej oczyszczalni w Corus, IJmuiden, Holandia

Inne techniki usuwania ciał stałych, takie jak flotacji, filtry piaskowe lub oczyszczanie ścieków w połączeniu z ściekami bytowo-gospodarczymi mogą być alternatywą, jeśli te wymagania są podane.

Korzyści dla środowiska

Technika a) tlenowy system z osadem czynnym,

Tabela 5.23 zawiera dane eksploatacyjne dla systemów aktywowanych powietrzem osadu czynnego z europejskich zakładów koksowniczych.

Tabela 5.23: Stężenia w ściekach i wartości emisji z europejskich zakładów koksowniczych wykorzystujących aktywowane tlenowo oczyszczanie osaduczynnego.

Komponent	Stężenie	Jednostka	Szczególne wartości emisji	Jednostka
ChZT	140 - 700	mg/1	0,2 - 1	(kg/t koksu)
TOC	37	mg/1		
N Kjeldahla	20 - 120	mg/1	0,01 – 0,1	(kg/t koksu)
NH ₃	<1 - 100	mg/1	0 – 0,1	(kg/t koksu)
SCN	<0,1 - 35	mg/1	0 – 0,05	(kg/t koksu)
Cyjanki, łatwo uwalnialne	<0,1	mg/1		
Fenol	<0,1 - 10	mg/1	0 – 0,005	(kg/t koksu)
WWA	0,003 – 0,2	mg/1	0 – 0,001	(kg/t koksu)

Źródło: [200, Commission 2001] [208, Lindfors et al. 2006].

Technika b) nityfikacja

Ogólnie, układy o niskim obciążeniu roboczym dają lepszą wydajność i umożliwiają rozkład amoniaku za pomocą nityfikacji. Niskie obciążenie zwiększa również degradację związków organicznych o niskiej szybkości rozkładu. Jeśli stosuje się proces nityfikacji, stężenie azotanów (NO₃⁻) w ściekach będzie stosunkowo wysokie (rzędu 200 mg/l).

Technika c) nityfikacja - denityfikacja

Systemy nityfikacji-denityfikacji mają bardzo niski stosunek F/M (0,05 - 0,2 kg ChZT/kg MLSS/d) i pozwalają osiągnąć bardzo dobre rezultaty w czyszczeniu ścieków z koksowni. Emisje azotu z tych systemów są szczególnie niskie w porównaniu do systemów o wysokich wskaźnikach F/M lub do samej nityfikacji. Stężenia dopływów i odpływów są podane dla czterech zakładów w Tabeli 5.24.

Tabela 5.24: Stężenia strumieni wpływających i wypływających i niektóre aspekty systemów oczyszczania ścieków z systemu wstępnego odazotowania – dane z czterech zakładów.

Aspekt/parametr	Jednostka	Zakład A	Zakład B ⁽¹⁾	Zakład C	Zakład D ⁽²⁾
Produkcja koksu	Mt/rocznie	1,25	0,60	1,03	1,08
Przepływ wody pogazowej (nadwyżka wody)	m ³ /h	42	22	65	80
Rozcieńczanie innymi ściekami (patrz rozdział 5.2.2.2)	m ³ /h	40	5-10	20	-
Przepływ ogółem	m ³ /h	86	30,1±3,5	85	80
Przepływ szczególnych ścieków (ilość ścieków szczególnych)	m ³ /t koksu	0,59	.44	0,69	0,65
Stosunek pożywienie/mikroorganiz	kg ChZT/kg	< 0,15	Nie dostępne	0,5 ⁽³⁾	Nie dostępne

my (F/M)		MLSS/d				
Dopływ	pH	-	Nie dostępne	9.2±0.33	9.0 - 9.5	8.5
	Zawiesiny ciał stałych	mg/l	30 - 40	Nie dostępne	Nie dostępne	Nie dostępne
	ChZT	mg/l	3 650±310	3 161±1269	3 220±590	200 – 2 000
	TOC	mg/l	Nie dostępne	Nie dostępne	1 025±190	Nie dostępne
	BZT ₅	mg/l	2100	Nie dostępne	Nie dostępne	800 – 3 000
	Fenol	mg/l	964	705±276	650	500 – 1 500
	SCN	mg/l	355	Nie dostępne	350	150 - 200
	N Kjeldahla	mg/l	Nie dostępne	Nie dostępne	300	Nie dostępne
	N amonowy	mg/l	125±25	Nie dostępne	50±15	150±200
	N azotynowy	mg/l	Nie dostępne	Nie dostępne	Nie dostępne	Nie dostępne
	N azotanowy	mg/l	Nie dostępne	Nie dostępne	Nie dostępne	Nie dostępne
	Olej i smoła	mg/l	40	Nie dostępne	Nie dostępne	Nie dostępne
	WWA (6 Borneff)	µg/	200	Nie dostępne	Nie dostępne	Nie dostępne
Odplyw	pH		7,7	8	7,6	8,1±0,3
	Zawiesiny ciał stałych	mg/l	42	33±21	75	Nie dostępne
	ChZT	mg/l	189±30	137±43	213±70	74±10
	TOC	mg/l	Nie dostępne	Nie dostępne	45±16	Nie dostępne
	BZT ₅	mg/l	8,1±2,3	Nie dostępne	15±5	4,8±1,7
	Fenol	mg/l	0,06	0,02±0,03	<0,1	0,02±0,01
	SCN	mg/l	3	Nie dostępne	1,3	0,87±0,46
	Cyjanki, łatwo uwalnialne	mg/l	Nie dostępne	0,01	Nie dostępne	0,02±0,01
	siarczki, łatwo uwalnialne	mg/l	Nie dostępne	Nie dostępne	Nie dostępne	0,03±0,02
	N Kjeldahla	mg/l	8,8±4 ⁽⁴⁾	Nie dostępne	Nie dostępne	4,96±1,33
	TNb-N Azot całkowity związany	mg/l	Nie dostępne	Nie dostępne	13	10,67±7,04
	N amonowy	mg/l	3±3 ⁽⁴⁾	0,28±0.56	<1	<1
	N azotynowy	mg/l	0,9±1,5 ⁽⁴⁾	0	1.3	0.01±0.07

N azotannowy	mg/l	22±6,6 ⁽⁴⁾	8,2±6,92	11	6,11±6,68
Olej i smoła	mg/l	5	Nie dostępne	Nie dostępne	<5 ⁽⁵⁾
WWA (6 Borneff)	µg/l	<50	Nie dostępne	<20	1,06±1,12
Fosfor	mg/l	Nie dostępne	0,4±0,29	Nie dostępne	1,3±0,4

(1) Zakresy odzwierciedlają średnią z rocznych przeciętnych dla oczyszczalni w 2009.
(2) Zakresy odzwierciedlają dzienne średnie dla oczyszczalni w 2005 z wyjątkiem SCN gdzie wartość z 2004 została zastosowana.
(3) W pierwszym z trzech etapów.
(4) Zakresy odzwierciedlają średnią z rocznych średnich dla oczyszczalni w 2006, 2008 i 2009.
(5) BTX.
— Wszystkie wartości są arytmetycznymi średnimi ± standardowe odchylenie jeśli jest dostępne.
— dn = dane niedostępne
Źródło: [65, InfoMi1 1997] [88, Löhr et al. 1996] [89, Löhr et al. 1997] [173, UBA-Germany 2005] [196, Josis 2010] [197, Jost 2010] [260, Germany 2007] [272, Germany 2007] [320, Eurofer 2007] [341, Eurofer 2007].

Osiągnięte stężenia w ściekach oczyszczonych w biologicznej oczyszczalni ścieków w Corns, IJmuiden Holandia (2007) po wspólnym oczyszczaniu ścieków z koksowni, wielkich pieców oraz spiekalni przedstawiono w tabeli 5.25

Tabela 5.25: Stężenia w ściekach oczyszczonych w biologicznej oczyszczalni ścieków w Corus, IJmuiden Holandia (2007) po wspólnym oczyszczaniu ścieków z koksowni, wielkich pieców oraz spiekalni.

Parametr	Jednostka	Średnia	Maksimum
Przepływ	m ³ /h	340	400
Zawiesiny ciał stałych	mg/l	60	80
ChZT	mg/l	135	150
N Kjeldahla	mg/l	15	30
Fosforan	mg/l	5	10
Całkowity CN	mg/l	11	13
CN, łatwo uwalnialne	mg/l	0,35	0,45
SCN	mg/l	2,0	4,0
Fenole	mg/l	<0,5	1,0
Suma Cr, Cu, Pb, Ni, i Zn	mg/l		0,011 – 0,013
Cd	µg/l		10
Hg	µg/l		5
As	µg/l		2,5

Uwaga: Średnia oznacza średnie następujące z 10, w złożonych próbkach .
Maksimum oznacza maksimum w próbach losowych.
Źródło: [379, Corus IJmuiden 2010].

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Nadmiarowy osad czynny ścieków należy usunąć. Nadwyżkę osadu czynnego można dodawać do wsadu węgla w koksowni.

Dane operacyjne

Technika a) system tlenowy z osadem czynnym,

Fosforany i kaustycznej ług sodowy są dodawane do ścieków. Ług sodowy jest stosowana do regulacji pH. Sedymentacja zostaje zwiększona przez dodanie FeCl₃ i polimeru. Mimo, że niektóre zakłady nie muszą nic dodawać z tych dodatków to osiągają dobre wyniki.

Możliwość zastosowania

Aby uzyskać optymalne wyniki, odpowiednie oczyszczanie użyje pre-DN / N zgodnie z opisem w opisie techniki c) powyżej.

Ekonomika

Technika c) nityfikacja - denityfikacja

- Koszty inwestycyjne 0,6 mln EUR w 1994 r. do rozbudowy systemu nityfikacji do systemu pre-DN / N. Wszystkie inwestycje wynosiły 4.600.000 EUR.
- Koszty operacyjne: wyniosły 345 000 EUR rocznie, w tym opłaty za ścieki obliczone w 1996 r. (0,57 EUR / t koksu).

Przesłanki do wdrożenia

Niskie stężenie związków azotu w ściekach wymaga odpowiedniego systemu oczyszczania ścieków.

Przykładowe zakłady

Technika a) system tlenowy z osadem czynnym,
SSAB Tunnplåt AB, Lulea Works, Szwecja.

Technika c) nityfikacja - denityfikacja

Zakłady koksownicze z oczyszczalniami ścieków używające systemów pre-DN/N zostały zainstalowane w ArcelorMittal, Ghent, Belgia; ArcelorMittal, Seremange, Francja; ZKS, Dillingen, Niemcy; Hüttenwerke Krupp Mannesmann, Duisburg-Huckingen, Niemcy (patrz tabela 5.24).

Oczyszczalnia ścieków koksowniczych w której zastosowano końcowe dodatkowe usuwanie amoniaku działa w Rivagroup Taranto, Włochy.

Literatura przedmiotu

[21, EC Coke 1996] [65, InfoMil 1997] [88, Löhr et al. 1996] [89, Löhr et al. 1997] [201, Colin et al. 2003] [208, Lindfors et al. 2006] [260, Germany 2007] [272, Germany 2007] [320, Eurofer 2007] [341, Eurofer 2007]

6 WIELKIE PIECE

6.1 Stosowane procesy

Pierwszy prawdziwy wielki piec pracujący na bazie koksuy uruchomiono w 1735 roku [152, Ullmann 1994]. Wielki piec pozostaje najważniejszym etapem produkcji ciekłego metalu (surówka). Najprawdopodobniej nadal będzie to wiodąca technika w produkcji surówki (w perspektywie średnioterminowej. Rysunek 6.1 przedstawia widok na dwa wielkie piece [344, Eurofer 2007].



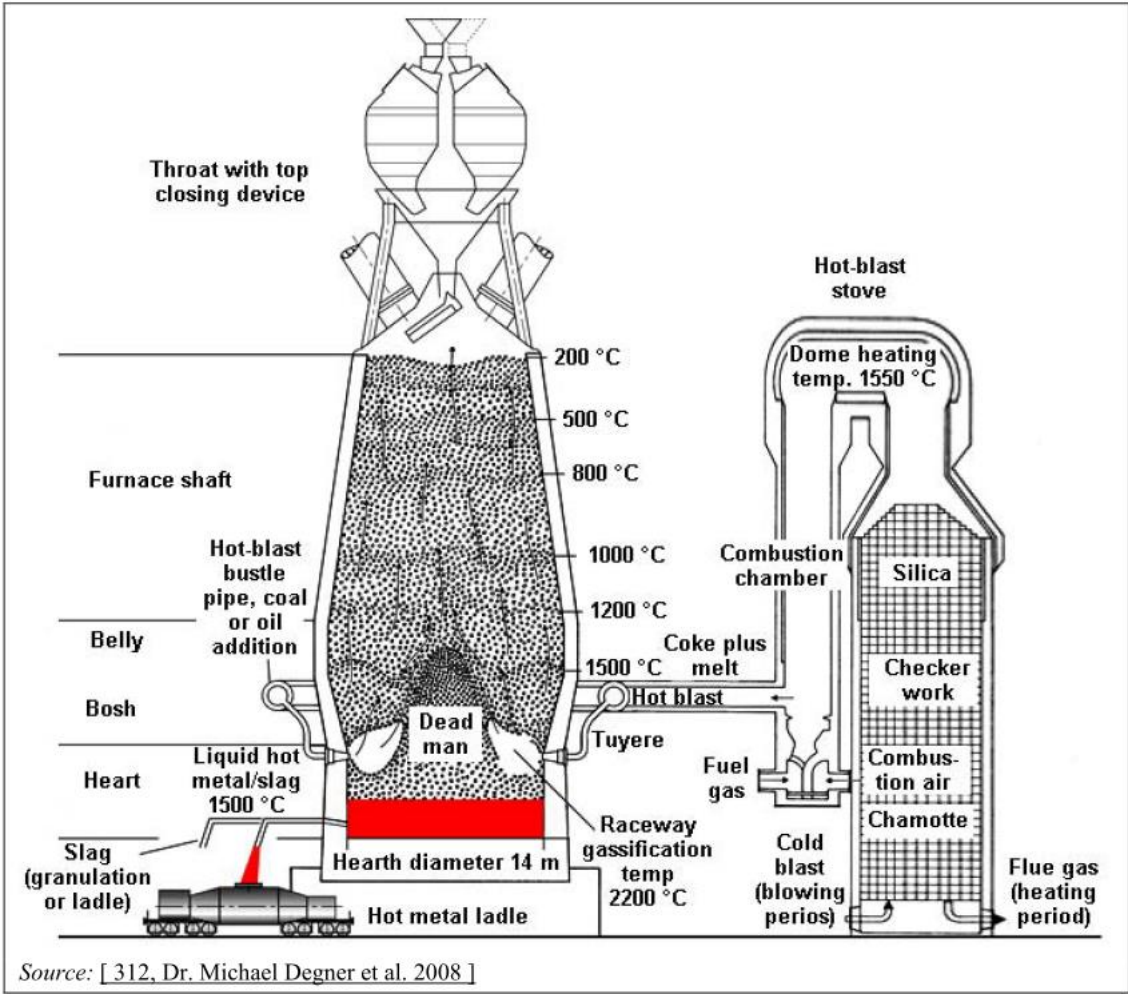
Source: [200, Commission 2001]

Rysunek 6.1: Widok dwóch wielkich pieców, każdy z trzema nagrzewnicami dmuchu wielkopiecowego i kominem uwalniającym spaliny z nagrzewnic dmuchu

Wielki piec stanowi układ zamknięty, do którego w sposób ciągły przez gardziel wprowadzane są materiały żelazonośne (ruda żelaza gruba, spiek i/lub grudki), dodatki (materiały żuźlotwórcze, jak np. wapień) i środki redukujące (koks) poprzez system zasypowy, który jednocześnie zapobiega wydostawaniu się gazu wielkopiecowego (gazu BF). Rysunek 6.2 przedstawia uproszczony układ wielkiego pieca, złożony z samego pieca, hali lejniczej, nagrzewnic dmuchu i dwuetapowego systemu oczyszczania gazu BF.

Gorący dmuch powietrza, wzbogaconego w tlen i dodatkowe środki redukujące, wprowadzane są poprzez dyszę powietrzną, umożliwiając przepływ przeciwny gazów redukujących. Dmucha powietrza wchodzi w reakcję ze środkami redukującymi, dzięki czemu powstaje głównie tlenek węgla (CO), który z kolei redukuje tlenki żelaza do żelaza metalicznego. Żelazo w stanie ciekłym zbierane jest na dnie pieca (w garze) wraz z żużłem, skąd oba są regularnie spuszczone. Żelazo w stanie ciekłym transportowane jest, w kadzi mieszalnikowej do stalowni, a żużel przetwarzany jest w celu wyprodukowania kruszywa, granulatu lub grudek do budowy dróg i produkcji cementu. Gaz wielkopiecowy zbiera się u szczytu pieca. Zostaje on oczyszczony i rozdystrybuowany po zakładzie jako paliwo do ogrzewania lub do produkcji elektryczności.

Dostępnych jest wiele środków redukujących. Węgiel/węglowodory w postaci węgla ziarnistego lub pyłowego, ciężkiego oleju opałowego, resztki olejów, zużyte oleje, tłuszcze i emulsje, tłuszcze zwierzęce, olej eko (eco-oil), gaz ziemny, gaz koksowniczy, gaz BOF, gaz BF, odpady tworzyw sztucznych, smoła węglowa, etc. są zazwyczaj dostępne w wystarczających ilościach i w rozsądnych cenach. Jednakże wybór odpowiedniego spośród kilku środków redukujących nie jest podyktowany jedynie względami finansowymi. Koks jest nie tylko środkiem redukującym, ale także służy za nośnik strumienia mas w wielkim piecu. Bez tej zdolności nośnej praca wielkiego pieca nie byłaby możliwa.



Source: [312, Dr. Michael Degner et al. 2008]

EN	PL
Throat with top closing device	Gardziel z urządzeniem domykającym
Hot blast stove	Nagrzewnica dmuchu wielkopiecowego
Dome heating temperature 1550°C	Temperatura grzania kopuły 1550°C
Furnace shaft	Szyb pieca
Belly	Przestron
Hot blast bustle pipe, coal or oil addition	Przewód okrężny dmuchu wielkopiecowego, dodatek węgla lub oleju
Combustion chamber	Komora spalania
Silica	Krzemionka
Coke plus melt	Koks plus wytop
Hot blast	Gorący dmuch
Checker work	Kratownica
Bosh	Spadki
Deadman	Blok kotwiący
Tuyere	Dysza

Fuel gas	Gaz opałowy
Combustion air	Powietrze spalania
Heart	Dno pieca
Liquid hot metal/slag 1500°C	Surówka w stanie ciekłym/żużel 1500°C
Raceway glassification temp 2200°C	Temperatura zeszklenia w strefie wirowania w wielkim piecu 2200°C
Chamotte	Szamot
Slag (granulation or ladle)	Żużel (granulacja lub kadź)
Hearth diameter 14m	Średnica trzonu 14m
Hot metal ladle	Kadź surówkowa
Cold blast (blowing period)	Zimny dmuch (cykl wdmuchiwania)
Fuel gas (heating period)	Gaz opałowy (cykl grzewczy)
Source: [312, Dr. Michael Degner et al. 2008]	Źródło: [312, dr Michael Degner et al. 2008]

Rysunek 6.2: Uproszczony schemat wielkiego pieca

Obecnie przetwarzana ruda żelaza charakteryzuje się dużą zawartością hematytu (Fe_2O_3), a czasem niewielką zawartością magnetytu (Fe_3O_4). W wielkim piecu, komponenty te stopniowo redukują się, wytwarzając tlenek żelaza (FeO), a następnie częściowo zredukowaną i nawęgloną formę żelaza w stanie stałym. Dalej, ładunek żelaza topi się, a po zakończeniu reakcji surówka i żużel zbierają się na dnie. Redukujące węgle reagują tworząc CO i CO_2 . W celu obniżenia temperatury topnienia skały płonnej, poprawy absorpcji siarki przez żużel, zapewnienia pożądanej jakości ciekłego metalu oraz umożliwienia dalszego przetwórstwa żużlu, dodaje się topniki i domieszki.

W miarę jak wsad wielkopieczowy przesuwa się w dół, jego temperatura wzrasta, umożliwiając tym samym reakcje redukcji tlenków oraz powstawanie żużlu. W trakcie tego procesu wsad przechodzi serię zmian składu:

- zawarty we wsadzie tlenek żelaza ulega silnej redukcji (tworząc żelazo gąbczaste, a w końcu ciekły metal (surówkę w stanie ciekłym));
- tlen z rudy żelaza wchodzi w reakcję z koksem lub tlenkiem węgla, tworząc w ten sposób tlenek węgla lub dwutlenek węgla, który zbiera się u szczytu pieca;
- składniki skały płonnej łączą się z topnikami tworząc żużel. Tego typu żużel jest złożoną mieszanką krzemianów o gęstości niższej niż gęstość stopionego żelaza.
- Koks jest przede wszystkim środkiem redukującym, ale pełni także funkcję paliwa. Opuszcza piec w formie tlenku węgla, dwutlenku węgla lub węgla w ciekłym metalu.
- Również każdy obecny wodór działa jako środek redukujący, poprzez reakcję z tlenem i tworzenie wody.

Do głównych procesów należą:

- przygotowanie wsadu
- ładowanie i przenoszenie surowców
- obróbka w wielkim piecu
- wytwarzanie gorącego dmuchu
- bezpośredni wtrysk środków redukujących

- spuszczenie
- schładzanie i przetwarzanie żużlu.

6.1.1 Przygotowanie wsadu

Produkcja surówki wymaga zgromadzenia dużych ilości materiałów luzem, takich jak ruda gruba (kawałkowa), wszelkie mieszanki spieczonych rud grubych i grudek, spiek żelaza i środki pomocnicze.

Nadmiernie grube kawałki rudy muszą zostać skruszone, rozdrobnione i przesiane, w celu wytworzenia cząstek o wymaganym rozmiarze. Rudy zwyczajowo poddawane są określonym etapom przygotowawczym.

Zwyczaj rudy i inne materiały po obróbce wstępnej są dostarczane statkami, pociągami lub ciężarówkami, które następnie rozładowuje się za pomocą specjalistycznego sprzętu. Sposób rozładunku zależy od danych uwarunkowań i właściwości, np. od stopnia sypkości oraz zwilżalności materiału, który jest następnie poddawany krótko, średnio lub długoterminowemu składowaniu na powietrzu, pod zadaszeniem, w bunkrach, w silosach lub w formie upakowanej. Nierówności w strukturze rud z jednego lub więcej źródeł niweluje się poprzez mieszanie. Procesu ujednorodniania dokonuje się na placach składowych.

Na temat tego, co dokładnie składa się na przygotowanie wsadu znaleźć można różne opinie. Zwyczajowo przygotowanie wsadu wiąże się z procesami przygotowawczymi, procesami sporządzania mieszanki przed etapem w spiekalni na placach składowych, transport spieku, koksu i możliwy bezpośredni transport rudy grubej oraz wszystkie procesy dozowania, aż po odgórne ładowanie pieca. Czasem dotyczy to także rozładunku, transportu i magazynowania rudy oraz koksu, a czasem procesy obejmują jedynie rudę.

System dozowania zawiera przesiewacze (do rudy żelaza i koksu), dozowniki wibracyjne (do topników) i zbiorniki wagowe. Surowiec ze zbiorników wagowych transportowany jest do kubłów skipowych lub do gardzieli pieca za pomocą przenośnika taśmowego. W przypadku użycia dodatkowo spieku i/lub grudek, do magazynu dodaje się także odpowiednie systemy przechowywania i dozowania.

W większości wielkich pieców dozowanie surowców i ładowanie ich do gardzieli jest zautomatyzowane, a steruje nimi system monitorowania na stanowisku dyspozytorskim, zaś system przygotowania wsadu jest w pełni odpylany przez system filtrów workowych.

6.1.2 Przenoszenie i ładowanie surowców

Mieszanka materiałów żelazonośnych (gruz kawałkowe rudy, spiek i/lub grudki) i dodatków (topnik) zbiorczo nazywana jest „wsadem”. Wsad i towarzyszący mu koks są ładowane do gardzieli pieca albo za pomocą kubłów skipowych, albo mechanicznych przenośników taśmowych. Dostają się do pieca poprzez uszczelniony system wsadowy, który nie dopuszcza gazów wielkopieczowych do atmosfery. System ten jest niezbędny, ponieważ ciśnienie w wielkim piecu jest wyższe od ciśnienia atmosferycznego (0,25 – 2,5 bara). Podczas gdy wiele nowych wielkich pieców charakteryzuje nadciśnienie gardzieli (do 2,5 bara), są nowoczesne piece działające przy o wiele niższym ciśnieniu. Mogą to być wartości nawet tak niskie jak 0,25 bara, zależnie od wieku pieca i innych ograniczeń, takich jak możliwe ciśnienie dmuchu oraz ograniczenia wynikające z budowy zakładu oczyszczania gazów.

Uszczelniony system wsadowy może działać jako system ładowania stożkowego lub bezstożkowego. Podczas ładowania może dojść do częściowej emisji pyłu i gazu wielkopieczowego. Usuwanie gazu u szczytu (gardzieli) pieca oraz połączenie z systemem oczyszczania gazu wielkopieczowego mogą umożliwić kontrolę emisji na tym etapie procesu.

6.1.3 Praca wielkiego pieca

W wielkim piecu surowce wprowadzane są od góry, do gardzieli, podczas gdy produkty (stopione żelazo i żużel) są spuszczone u dołu (gar). Wsad w stanie stałym przesuwa się w dół, gdzie napotyka unoszący się strumień gorącego gazu redukującego. Gaz BF o resztkowej wartości opałowej zbierany jest z gardzieli pieca w celu jego oczyszczenia.

W wielkim piecu można wyróżnić sześć stref temperaturowych:

- Gardziel: w gardzieli następuje ładowanie wsadu i usuwanie gazu BF.
- Szyb: w szybie gorący gaz BF oddaje swoje ciepło składnikom gazu. Temperatura wsadu rośnie od temperatury otoczenia do około 950°C, a tlenek żelaza zostaje częściowo zredukowany.
- Przestron: przestron łączy szyb ze spadkami. W tej części temperatura rośnie dalej z 950°C do około 1250°C. Następuje dalsza redukcja tlenku żelaza i rozpoczyna się reakcja koksu.
- Spadki: w strefie spadków zachodzą dalsze reakcje koksu. Żelazo topi się i powstaje żużel.
- Dysze: w tej strefie gorący dmuch wprowadzany jest do pieca za pomocą szeregu dysz (do 42). Dysze są rozmieszczone wokół górnego obmurza gara i zasilane przez rurociąg o dużej średnicy (przewód okrężny dmuchu/okrężnica), obiegający piec na wysokości spadków. Temperatury mogą tutaj przekroczyć 2000°C, a tlenki zostają całkowicie zredukowane.
- Gar: gar zbiera ciekłą surówkę i żużel. Wokół gara rozmieszczonych jest od jednego do czterech otworów spustowych, przy czym przynajmniej z jednego lub dwóch stale spuszczana jest surówka.

Szyb, przestron, spadki i dysze są zwykle chłodzone wodą, natomiast gar chłodzony jest wodą, olejem lub powietrzem. Piec jest wyłożony materiałem ogniotrwałym (wyłożenie ogniotrwałe na poziomie gara wynosi co najmniej 1,5 m).

Produkcja surówki wynosi od około 0,5 Mt/rok dla mniejszych wielkich pieców, do prawie 5,5 Mt/rok dla dużych wielkich pieców.

Proces wielkopieczowy wykorzystuje rudy wysokoprocenowe. Wszelkie pierwiastki występujące z żelazem są rozdzielane między fazę ciekłej surówki i żużel. Te, które przechodzą do ciekłej surówki to fosfor, siarka, mangan i krzem. Tytan, aluminium, wapń, magnez oraz większa część krzemu i siarki przechodzą do żużlu jako tlenki i niemetale. Różne pierwiastki mogą także przejść w stan lotny i odłożyć się w różnych częściach wielkiego pieca. Dotyczy to w szczególności cynku (Zn) i ołowiu (Pb), które są wprowadzane do wielkiego pieca przez rudy żelaza i produktów ubocznych zawracanych do obiegu przez spiekalnię.

Całkowita wartość cynku w ładunku generalnie zmienia się od 100 do 250 g/t wyprodukowanej surówki. W praktyce, w większości nowoczesnych zakładów przyjmuje się ograniczenie zawartości cynku do 100-150 g/t surówki. Pyły i osady o wysokiej zawartości cynku lub ołowiu nie są zwykle akceptowane jako elementy powrotne do spiekalni lub są stosowane tylko w ograniczonych ilościach [344, Eurofer 2007].

Usuwanie Zn i Pb z pieca odbywa się poprzez poprowadzenie prac wielkiego pieca w taki sposób, by temperatura w środku pieca utrzymywana była powyżej 400°C. Wtedy cynk może zostać łatwiej usunięty z gazu wielkopieczowego w postaci drobnych cząstek ZnO, które są prawie całkowicie wytrącane przy oczyszczaniu gazu BF [105, Pazdej et al. 1995].

Gaz wielkopieczowy (gaz BF)

Gaz wielkopieczowy zawiera około 20-28% CO, 1-5% składników obojętnych (50-55% N₂, 17-25% CO₂), niewielkie ilości związków siarki i cyjanku oraz duże ilości pyłu pochodzącego ze wsadu. Gazy BF z wdmuchiwanym NG i COG mają wyższą zawartość

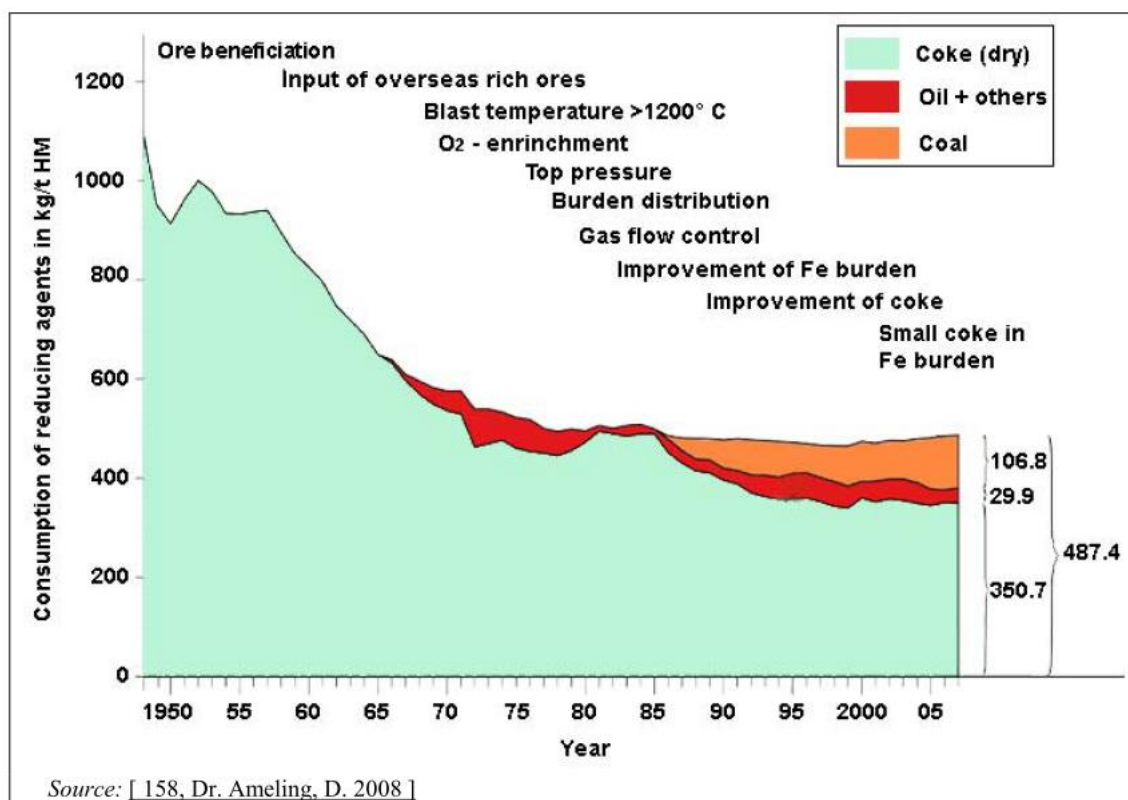
wodoru, do nawet 10% w gazie gardzielowym. Ilość cyjanku może być szczególnie wysoka podczas dokonywanego przez wielki piec wydmuchu, jednakże występuje to sporadycznie, a dodanie dodatków do układu minimalizuje tworzenie się cyjanku. Wartość opałowa gazu BF wynosi około 2,7 do 4,0 MJ/Nm³. Produkcja gazu BF wynosi około 1200 do 2000 Nm³/t surówki.

Po oczyszczeniu, gaz BF jest często stosowany jako paliwo po wzbogaceniu go gazem koksowniczym, gazem konwertorowym (BOF) lub gazem ziemnym, które posiadają wyższe wartości opałowe. Gaz BF może być również stosowany bez wzbogacania, np. w nagrzewnicach dmuchu wielkopieczowego, jeżeli stosowane są nowoczesne palniki i/lub podgrzewanie powietrza do spalania oraz podjęte zostaną odpowiednie środki ostrożności [145, UBA Comments 1997].

6.1.3.1 Wdmuchiwanie/wtrysk środków redukujących

Środkami redukującymi, stosowanymi w wielkim piecu do przetwarzania tlenków żelaza są koks, węgiel, gaz olejowy i inne źródła węgłowodoru. Stosowane są głównie do produkcji gazu redukującego, czym z kolei przyczyniają się do redukcji tlenków żelaza do żelaza metalicznego, a następnie do nawęglania żelaza. Najważniejszym środkiem redukującym jest koks wytwarzany w procesie koksowania (zob. rozdział 5).

Część koksu w wielkim piecu mogłaby zostać zastąpiona węglem, olejem lub gazem wtryskiwanym na poziomie dysz, co nazywane jest wtryskiwaniem bezpośrednim.



EN	PL
Consumption of reducing agents in kg/t surówki	Zużycie środków redukujących w kg/t surówki
Coke (dry)	Koks (suchy)

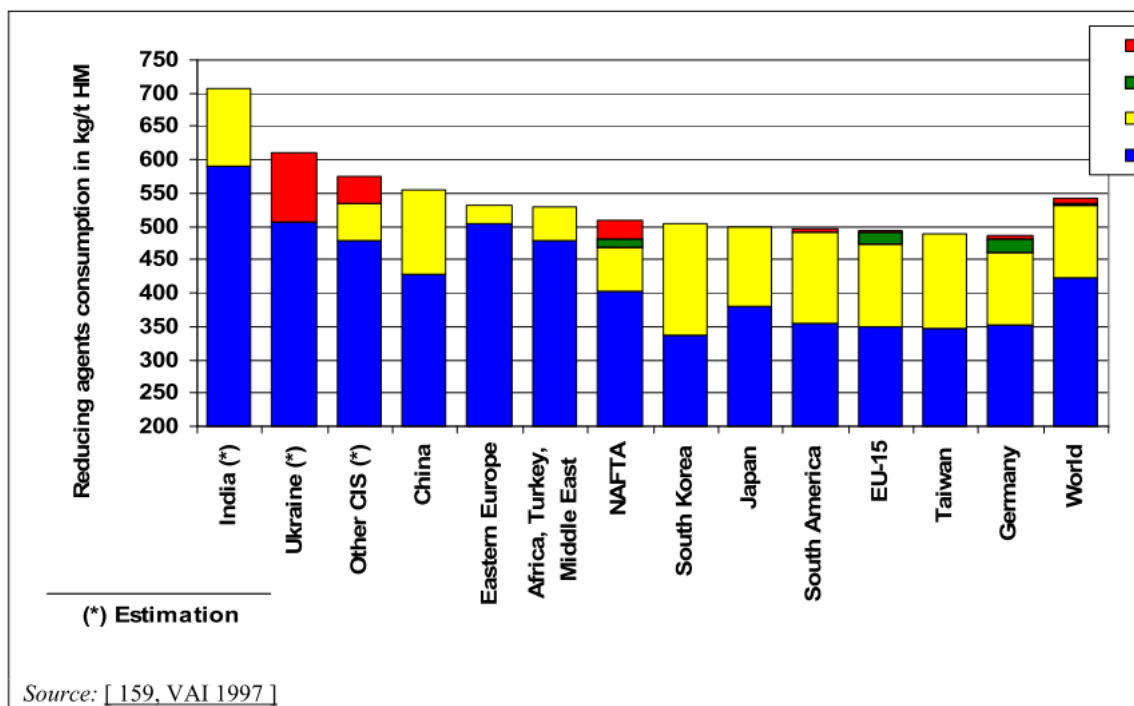
Oil + others	Olej + inne
Coal	Węgiel
Ore beneficiation	Wzbogacanie rud
Input of overseas rich ores	Materiał wejściowy z bogatą rudą zagraniczną
Blast temperature > 1200°C	Temperatura dmuchu > 1200°C
O ₂ enrichment	Wzbogacenie O ₂
Top pressure	Ciśnienie gardzieli
Burden distribution	Rozdział wsadu
Gas flow control	Kontrola przepływu gazu
Improvement of Fe burden	Wzbogacenie ładunku żelaza
Improvement of coke	Wzbogacenie ładunku koksu
Small coke in Fe burden	Koksik w ładunku żelaza
Year	Rok

Rysunek 6.3: Średnie zużycie środków redukujących w wielkich piecach w Niemczech

Rysunek 6.3: pokazuje średnie zużycie środków redukujących w wielkich piecach w Niemczech, a także rozwój zapotrzebowania na środki redukujące oraz ich rodzajów począwszy od roku 1950. Obserwuje się, że wspomniane wcześniej środki na przestrzeni lat drastycznie zmniejszyły łączne zapotrzebowanie. Stosowanie olejów zapoczątkowano w późnych latach 60, zaś wdmuchiwanie węgla pojawiło się w 1985 roku i od tamtego czasu popularność tej metody stale rośnie.

Wdmuchiwanie węgla lub wtryskiwanie oleju do wielkich pieców jest techniką obecnie szeroko stosowaną zarówno w Europie, jak i na świecie. Rysunek 6.4 podaje poziomy zużycia środków redukujących dla poszczególnych krajów oraz regionów w roku 2006. Można zaobserwować, że na całym świecie, najczęściej stosowanymi środkami redukującymi są koks i węgiel. Zastępowanie koksu poprzez wdmuchiwanie węgla zależne jest od czynników takich jak wydajność, cechy koksu, oczekiwana jakość surówki, typ (np. antracyt) oraz stan (wilgotność) węgla, etc. [11, Campell et al. 1992][65, InfoMil 1997].

Należy jednak podkreślić, że pewna ilość węgla jest wciąż niezbędna w wielkim piecu, aby uzyskać właściwy przebieg procesu wielkopiecowego. Teoretycznie maksymalny wtrysk węgla na poziomie dysz szacuje się na 270 kg/t surówki. Limit ten wyznaczany jest przez zdolność nośną koksu oraz termochemiczne warunki w piecu. Koks zapewnia zdolność nośną wymaganą dla utrzymania wsadu wielkopiecowego oraz odpowiednie przenikanie gazu.



EN	PL
Reducing agents consumption of in kg/t surówki	Zużycie środków redukujących w kg/t surówki
India (*)	Indie (*)
Ukraine (*)	Ukraina (*)
Other CIS (*)	Inne kraje WNP (*)
China	Chiny
Eastern Europe	Europa Wschodnia
Africa, Turkey, Middle East	Afryka, Turcja, Bliski Wschód
NAFTA	NAFTA
South Korea	Korea Południowa
Japan	Japonia
South America	Ameryka Południowa
EU-15	EU-15
Taiwan	Tajwan
Germany	Niemcy
World	Świat
Estimation (*)	Szacunek (*)
Source: [159, VAI 1997]	Źródło: [159, VAI 1997]

Rysunek 6.4: Redukcja zużycia środków redukujących w wielkich piecach na świecie w roku 2006

Bezpośrednie wtryskiwanie środków redukujących oznacza zastąpienie części węgla innym źródłem węglowodoru, który zostaje wstrzyknięty do pieca poprzez dysze (zob. także część 6.2.2.4). Jak już wspomniano, węgiel i olej są najczęściej używanymi ładunkami systemu

dysz. Mogą być stosowane także inne węglowodory, jak na przykład olej ciężki, osady olejowe, olej odzyskany z odpadów, smoła węglowa, materiał granulowany, znany jako pył węglowy, gaz ziemny lub koksowniczy oraz tworzywa sztuczne. Zmniejszenie zapotrzebowania na koks, zmniejsza ogólny stopień zanieczyszczenia oraz zapotrzebowanie na energię.

Wtrysk pyłu węglowego (ang. *pulverised coal injection* - PCI) lub wtrysk oleju może przysporzyć istotnych ekonomicznych i operacyjnych korzyści. Są to:

- niższe zużycie kosztownych węgla koksujących i zastosowanie szerszego zakresów typów węgla,
- dłuższa kampania pieca,
- wyższa wydajność wielkiego pieca koksowniczego,
- większa elastyczność pracy wielkiego pieca (dostosowanie mocy pobierania dysz jest o wiele łatwiejsze niż dostosowanie wsadu naboju),
- lepsza zgodność jakości surówki i zawartości krzemu,
- redukcja ogólnego poziomu emisji z hut, w związku z niższym poziomem emisji z produkcji koksu.

Wady PCI to:

- dodatkowe koszty wzbogacania powietrza, budowa zakładu separacji powietrza w celu zapewniania konsekwentnie dużych ilości tlenu,
- dodatkowe zapotrzebowanie na młyny pyłowe w istniejących zakładach oraz dodatkowe wymagania względem konserwacji instalacji wdmuchiwan.

Wdmuchiwanie znacznych ilości węgla i oleju zmniejsza temperaturę w strefie wirowania, co wpływa na efektywność wielkiego pieca. Oznacza to, że w wielkich piecach z typową redukcją wytapiania metalu, dozwolone wdmuchiwanie pyłu węglowego nie może przekraczać 150 kg/t surówki. Dla utrzymania odpowiednich warunków w strefie wirowania w wielkim piecu, a jednocześnie dla osiągnięcia wyższych parametrów mocy pobierania węgla i/lub oleju (do 260 kg/t surówki), możliwych jest kilka rozwiązań. Najpopularniejszą opcją jest zastosowanie tlenu dla wzbogacenia dmuchu lub wtryskiwanie węgla lub oleju jednocześnie z tlenem na poziomie dysz. Te ostatnie rozwiązania nazywa się wtryskiem tlenowo-węglowym lub tlenowo-olejowym (zob. część 6.3.12).

Gdy sporządzany jest ten dokument referencyjny BAT (2010), projektowane są nowe wielkie piece lub unowocześnione istniejące systemy wtrysku dla wydajności wtrysku węgla pyłowego przy 200 kg lub więcej na tonę surówki.

Bibliografia

[158, Dr. Ameling, D. 2008] [160, IEA Clean Coal Centre 2006] [208, Lindfors et al. 2006] [211, Remus, Rainer 2008] [277, Wiesenberger 2007]

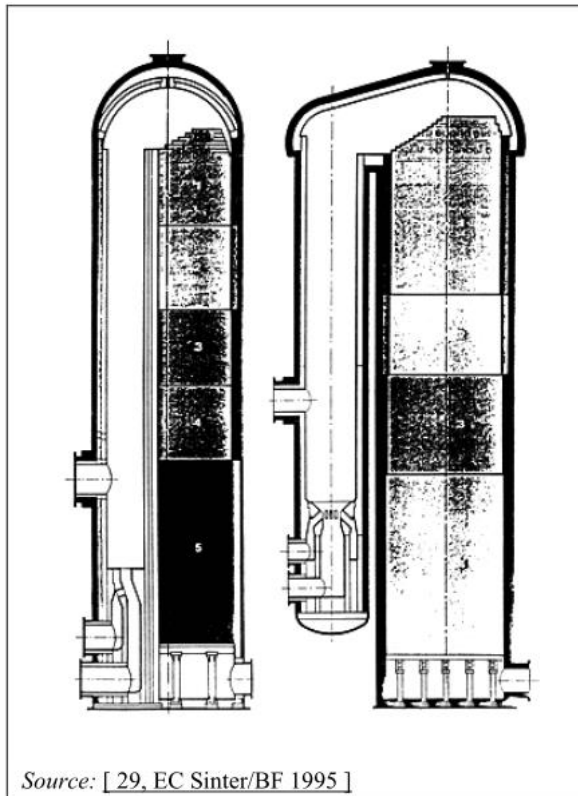
6.1.4 Działanie nagrzewnic dmuchu wielkopieczowego

Gorący dmuch dostarczany jest do procesu zachodzącego w wielkim piecu poprzez nagrzewnice dmuchu wielkopieczowego (czasem zwane „nagrzewnicami Cowpera”). Nagrzewnice są pomocniczymi instalacjami stosowanymi do nagrzewania dmuchu. Zwiększona temperatura dmuchu pozwala na redukcję zapotrzebowania na węgiel. Główną funkcją gorącego dmuchu jest dostarczenie tlenu potrzebnego do zgazowywania koksu, a co za tym idzie, wyprodukowania gazu, który w kontakcie ze wsadem zredukuje tlenki żelaza.

Nagrzewnice pracują cyklicznie. Podgrzewane są spalany gazami (zazwyczaj wzbogaconym gazem wielkopieczowym), aż kopuła osiągnie odpowiednią temperaturę (około 1100–1500 °C). Następnie dopływ spalanego gazu jest odcinany, a przez nagrzewnice wtłacza się w przeciwnym kierunku zimne powietrze z otoczenia. Zimne powietrze jest ogrzewane przez gorące cegły, tworząc w ten sposób gorący dmuch (900-1350°C), który jest kierowany do wielkiego pieca. Proces przebiega do momentu, w którym nagrzewnica nie jest

w stanie dłużej generować odpowiedniej temperatury dmuchu; wtedy ponownie rozpoczyna się wstępny cykl nagrzewania. Czas trwania każdego cyklu zależy od indywidualnych, lokalnych warunków, takich jak źródło energii, charakterystyka układu i działania konserwacyjne.

Nagrzewnice dmuchu wielkopiecowego zasadniczo dzieli się na nagrzewnice z wewnętrzną lub zewnętrzną komorą spalania (Rysunek 6.5). Rozróżnienie to jest ważne z punktu widzenia emisji CO.



Rysunek 6.5: Przekrój poprzeczny nagrzewnic dmuchu wielkopiecowego („Cowpera”) z wewnętrzną i zewnętrzną komorą spalania

Do każdego wielkiego pieca potrzebne są trzy lub cztery nagrzewnice dmuchu wielkopiecowego. Emisje do powietrza występują podczas fazy nagrzewania nagrzewnicy.

6.1.5 Spust

Z wielkiego pieca cyklicznie spuszcza się ciekły metal i żużel, aby usunąć materiał z dna pieca. W tym celu otwierany jest jeden z otworów spustowych w ścianie bocznej gara za pomocą przebijarki otworu spustowego lub drąga do przebijania otworu spustowego. W niektórych przypadkach do otwarcia otworu spustowego używa się lancy tlenowej. Zwyczajowo wielki piec ma od jednego do czterech otworów spustowych. Liczba otworów spustowych jest wyznaczona przez pojemność (rozmiar) wielkiego pieca.

W nowoczesnych wielkich piecach, surówka i żużel są spuszczone razem (najczęściej żużel spływa za surówką). Żużel i surówka są następnie rozdzielane przełazem żużla w hali lejniczej, po czym każdy z materiałów spuszcza się dalej oddzielną rynną spustową.

Spuszczana z wielkiego pieca surówka płynie wyłożonymi materiałami ogniotrwałymi lub warstwą cementu rynnami spustowymi, z zawartością odpornej na wysokie temperatury mieszaniny tlenku glinu i węgla oraz dwutlenku krzemu i węgla, a następnie wlewana jest do kadzi (bezpośrednio lub nachylonymi rynnami). Kadzie mogą być otwarte lub zamykane;

stosuje się też typ kadzi mieszalnikowych na podwoziu wagonowym. W stanie ciekłym metal osiąga temperaturę około 1440-1500 °C.

Spuszczony z pieca żużel płynie rynnami do kadzi żużlowych w układzie granulowania żużła lub do dołu odlewniczego.

Pod koniec cyklu odlewniczego, otwór spustowy zostaje mechanicznie zamknięty poprzez wstrzyknięcie swoistej, odpornej na wysokie temperatury masy do zatykania otworu spustowego, za pomocą zatykarki otworu spustowego.

6.1.6 Schładzanie i przetwarzanie żużła

[174, Euroslag 2006] [347, Eurofer 2007]

Ilość wyprodukowanego żużła zależy od zawartości skały płonnej, wsadu żelaza, popiołu koksowego i popiołu z materiałów wdmuchiowanych, np. węgla, oraz ilość topników wymaganych do osiągnięcia wymaganej jakości surówki. Aby żużel wielkopiecowy został dopuszczony do stosowania poza hutami żelaza i stali, konieczne są dodatkowe środki zapewniające, że skład chemiczny i/lub fizyczne właściwości spełniają wszelkie wymogi. Żużel może mieć wiele zastosowań, między innymi może służyć jako materiał do budowy dróg, składnik żużlobetonu, termoizolacja (wełna mineralna), a jako żużel zastygły/klinkier stanowić materiał zastępczy przy produkcji cementu. W wielu przypadkach udało się spożytkować żużel wielkopiecowy w całości [347, Eurofer 2007].

W momencie powstawania niniejszego dokumentu (rok 2010), do oczyszczania ciekłego żużła wielkopiecowego stosuje się trzy zasadnicze procesy:

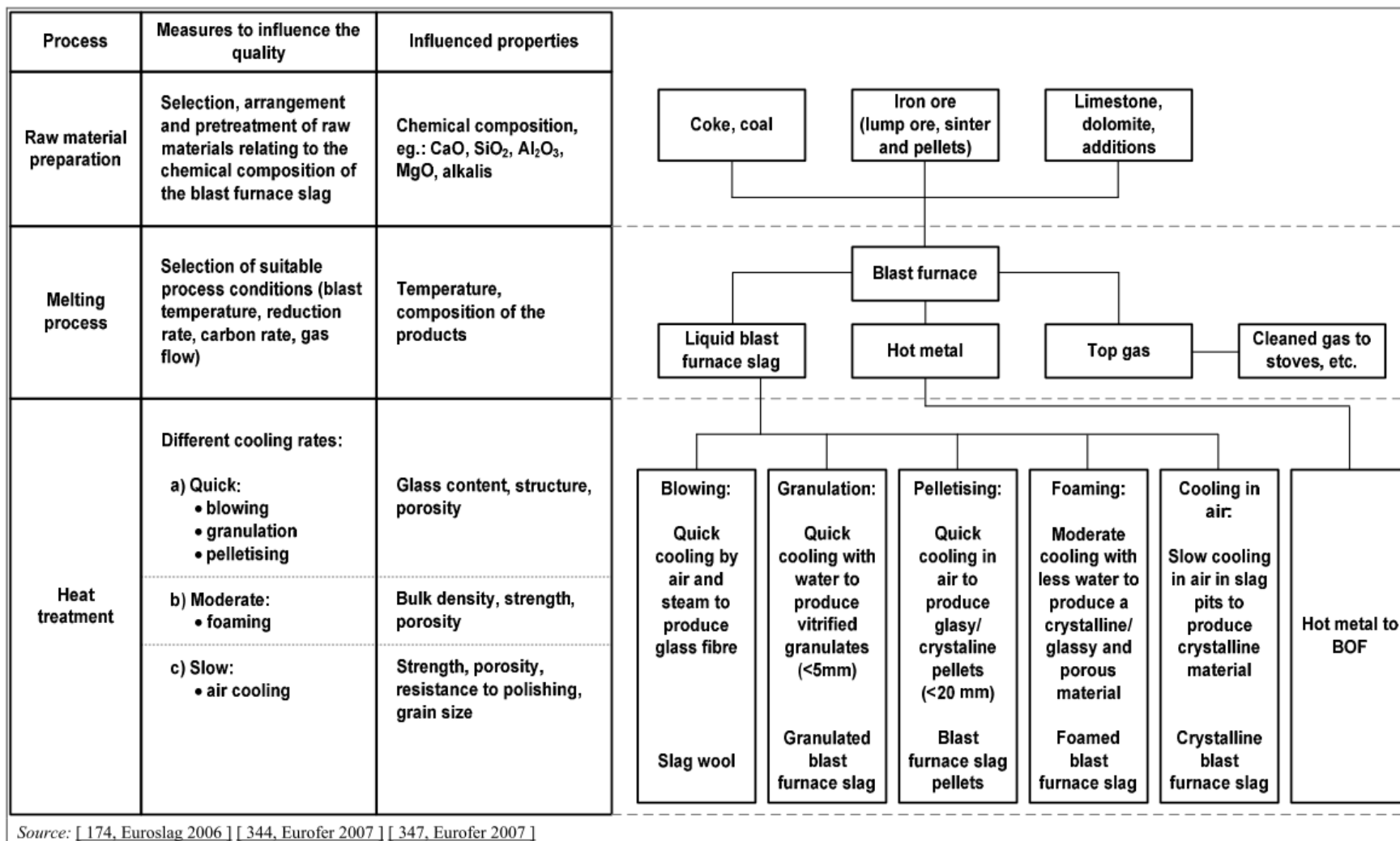
- proces granulacji żużła z użyciem wody (75%),
- proces grudkowania żużła (2%),
- proces spustu żużła do dołów (tak zwane chłodzenie powietrzem) (23%).

Wszystkie procesy chłodzenia żużła mogą generować siarkowodór, przez co może powstawać nieprzyjemny zapach.

Granulacja powietrzem jest obecnie stosowana w niektórych zakładach na skalę przemysłową, do przetwórstwa żużła wielkopiecowego. We wszystkich procesach granulacji powietrzem żużel jest rozpraszany, a cząstki schładzane podczas przemieszczania się w powietrzu z otoczenia. Często żużel jest dodatkowo spryskiwany wodą, aby przyspieszyć proces schładzania. Ze względu na pewne wady procesu (np. wymaga on wielkich przestrzeni, generuje hałas, niekontrolowane emisje gazowe związków siarki, emisje cząstek stałych), granulacja powietrzem prowadzona jest w niewielu zakładach przemysłowych.

Inne procesy, jak na przykład dmuch umożliwiający produkcję wełny żużlowej lub spienianie w celu wyprodukowania żużła piankowego, stosowane są znacznie rzadziej.

Rysunek 6.6 przedstawia możliwe linie płynięcia dla ciekłego żużłu spuszczanego z wielkiego pieca oraz środki pozwalające wpłynąć na jego jakość.



EN	PL
Process	Proces
Measure to influence the quality	Środki wpływania na jakość

Influenced properties	Modyfikowane właściwości
Raw material preparation	Przygotowanie surowca
Selection, arrangement and pretreatment of raw materials relating to the chemical composition of the blast furnace slag	Wybór, przygotowanie i wstępna obróbka surowców, względem składu chemicznego żużla wielkopiecowego
Chemical composition, np.: CaO, SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , MgO, alkalis	Skład chemiczny, np.: CaO, SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , MgO, zasady
Melting process	Proces topnienia
Selection of suitable process conditions (blast temperature, reduction rate, carbon rate, gas flow)	Dobór odpowiednich warunków dla procesu (temperatura dmuchu, stopień redukcji, szybkość wypalania się węgla, przepływ gazu)
Temperature, composition of the products	Temperatura, skład produktów
Heat treatment	Obróbka cieplna
Different cooling rates	Różne stopnie chłodzenia
a) Quick: blowing, granulation, pelletising	a) Szybkie: wdmuchiwanie, granulacja, grudkowanie
b) Moderate: foaming	b) Średnie: spienianie
c) Slow: air cooling	c) Wolne: chłodzenie powietrzem
Glass content, structure, porosity	Zawartość szkła, struktura, porowatość
Bulk density, strength, porosity	Gęstość nasypowa, wytrzymałość, porowatość
Strength, porosity, resistance to polish, grain size	Wytrzymałość, porowatość, odporność na polerowanie, rozmiar ziarna
Coke, coal	Koks, węgiel

Iron ore (lump ore, sinter and pellets)	Ruda żelaza (ruda kawałkowa, spiek i grudki)
Limestone, dolomite, additions	Wapień, dolomit, dodatki
Blast furnace	Wielki piec
Liquid blast furnace slag	Ciekły żużel wielkopiecowy
Hot metal	Surówka
Top gas	Gaz wielkopiecowy
Cleaned gas to stoves, etc.	Oczyszczony gaz do nagrzewnic dmuchu, etc.
Blowing: Quick cooling by air and steam to produce glass fibre	Przedmuchiwanie: Szybkie studzenie powietrzem i parą w celu produkcji włókna szklanego
Slag wool	Wełna żużlowa
Granulation: Quick cooling with water to produce verified granulates (<5mm)	Granulacja: Szybkie chłodzenie wodą w celu produkcji potwierdzonego granulatu (<5mm)
Granulated blast furnace slag	Granulowany żużel wielkopiecowy
Pelletising: Quick cooling in air to produce glassy/crystalline pellets (<20mm)	Grudkowanie: Szybkie studzenie powietrzem dla wyprodukowania szklanych/kryształicznych grudek
Blast furnace slag pellets	Wielkopiecowe grudki żużłowe
Foaming: Moderate cooling with less water to produce a crystalline/glassy and porous material	Pienienie: Średnie chłodzenie mniejszą ilością wody w celu wyprodukowania kryształowego/szklanego i porowatego materiału
Foamed blast furnace slag	Spieniony żużel wielkopiecowy
Cooling in air: Slow cooling in air in slag pits to produce crystalline material	Chłodzenie powietrzem: Wolne chłodzenie powietrzem w dołach żużłowych w celu produkcji materiału kryształicznego

Crystalline blast furnace slag	Krystaliczny żużel wielkopiecowy
Hot metal to BOF	Surówka do BOF
Source: [174, Euroslag 2006] [344, Eurofer 2007] [347, Eurofer 2007]	Źródło: [174, Euroslag 2006] [344, Eurofer 2007] [347, Eurofer 2007]

Rysunek 6.6: Zestawienie metod kontroli oraz schemat technologiczny procesu dla ciekłych żużli wielkopiecowych

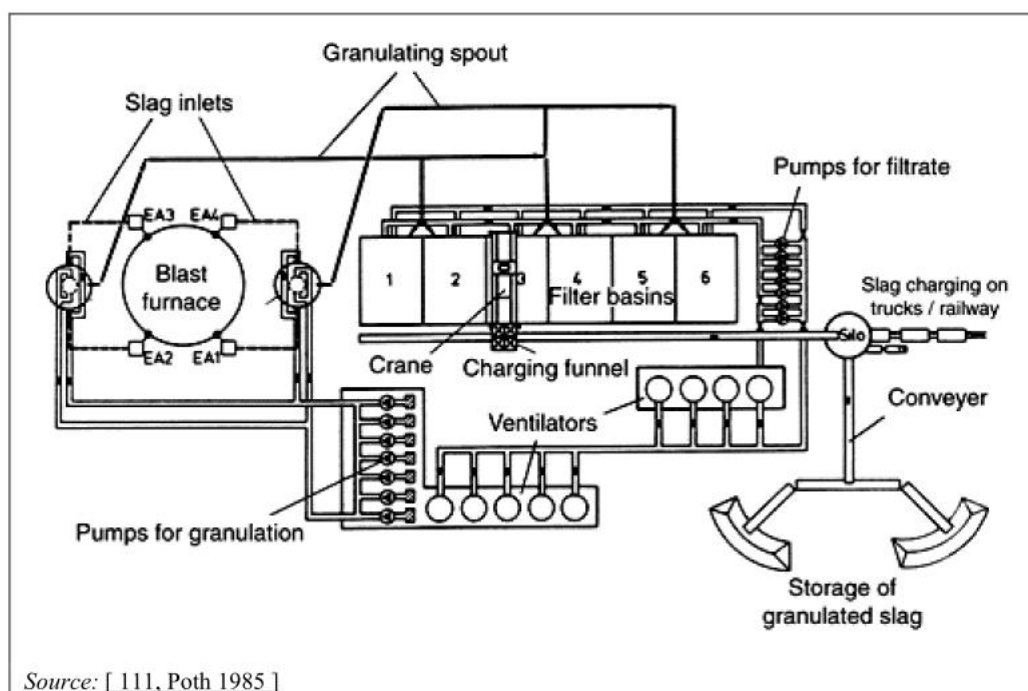
6.1.6.1 *Proces granulacji żużła*

[241, Polska 2007] [347, Eurofer 2007][392, Schmidt et al. 2003]

W momencie powstawania niniejszego dokumentu (rok 2010) granulacja jest najpowszechniejszym procesem stosowanym w UE do przetwórstwa żużła wielkopiecowego. W tym procesie stopiony żużel wlewany jest poprzez wysokociśnieniowy natrysk wodny do głowicy granulacyjnej (czasem do komór granulacyjnych), umieszczonych blisko wielkiego pieca. Do granulacji żużła stosuje się świeżą wodę w układzie otwartym/zamkniętym lub w niektórych przypadkach wodę morską w układzie otwartym.

Po zgranulowaniu żużel/szlam wodny zazwyczaj transportowany jest do układu odwadniającego, składającego się z poziomego basenu filtrującego (szczególnie w procesie z obiegiem otwartym, ang. *open circuit process* - OCP), pionowego leja filtrującego lub obrotowego bębna odwadniającego (szczególnie w procesach granulacji INBA® i RASA®). W niektórych przypadkach, przed odprowadzeniem wody żużel/szlam wodny transportowany jest do zbiornika oddzielającego. Tutaj para wodna jest zbierana i skraplana lub emitowana przez komin.

Po odwodnieniu resztkowa wilgość w rozdrobnionym żużlu wynosi zwyczajowo około 10%. Warstwa filtracyjna jest okresowo poddawana płukaniu zwrotnemu wodą i przedmuchiwanu powietrzem w celu usunięcia drobnych cząstek. Rysunki 6.7 oraz 6.8 przedstawiają dwa przykłady technologii granulacji: proces OCP i proces INBA.

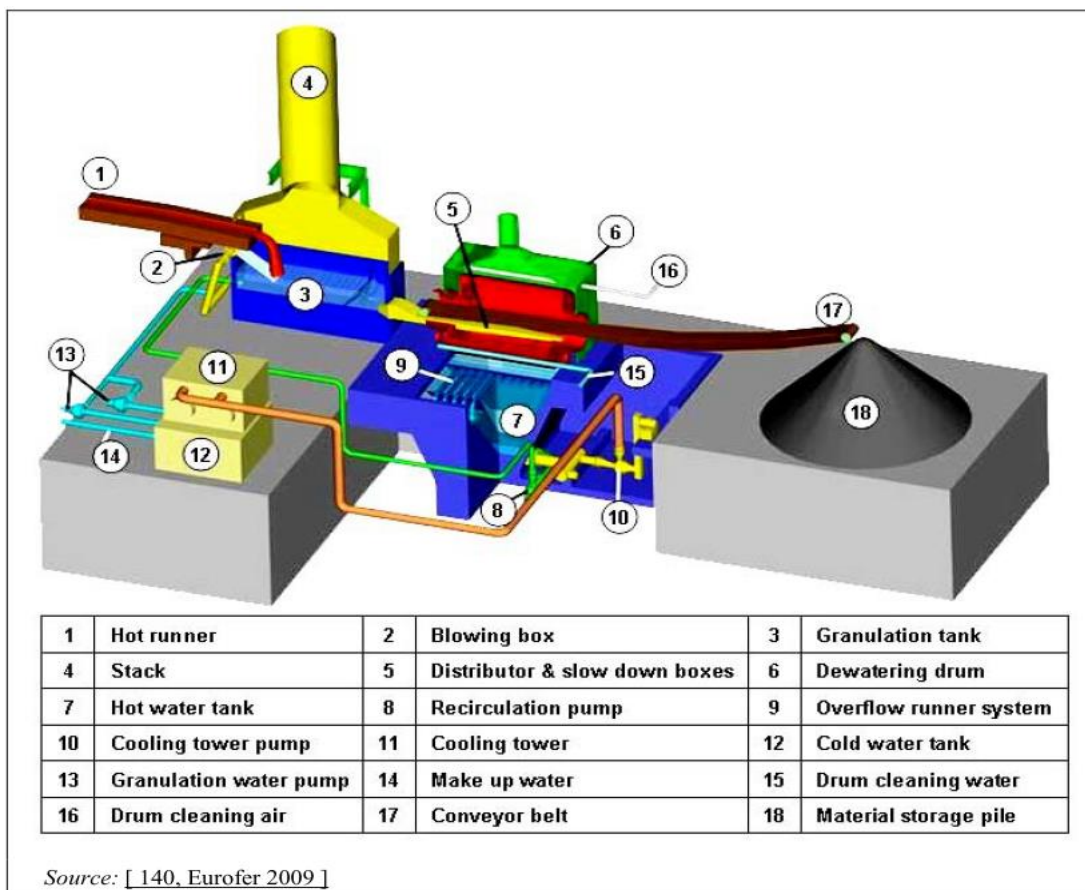


Source: [111, Poth 1985]

EN	PL
Slag inlets	Otwory wprowadzania żużła
Granulating spout	Rynna spustowa granulatu
Pumps for filtrate	Pompy do filtratu
Blast furnace	Wielki piec
Filter basins	Baseny filtrujące
Crane	Dźwig
Charging funnel	Lej zasypowy
Slag charging on	Ładowanie żużła na

trucks/railway	ciężarówki/wagony kolejowe
Pumps for granulation	Pompy granulacyjne
Ventilators	Wentylatory
Conveyer	Przenośnik
Storage of granulated slag	Składowanie granulowanego żużla
Source: [11, Poth 1985]	Źródło: [11, Poth 1985]

Rysunek 6.7: Przykład granulacji żużla z wielkiego pieca w procesie OCP



EN	PL
1 Hot runner	1 Rynna spustowa żużłu
2 Blowing box	2 Obudowa przeciwrozpryskowa
3 Granulation tank	3 Basen do granulacji
4 Stack	4 Komin
5 Distributor & slow down boxes	5 Dystrybutor & skrzynie spalnijące
6 Dewatering drum	6 Bęben odwadniający
7 Hot water tank	7 Basen z gorącą wodą
8 Recirculation pump	8 Pompa recyrkulacyjna
9 Overflow runner system	9 System przelewowy rynien spustowych
10 Cooling tower pump	10 Pompa wieży chłodniczej
11 Cooling tower	11 Wieża chłodnicza
12 Cold water tank	12 Basen z zimną wodą
13 Granulation water pump	13 Pompa wody do granulacji
14 Make up water	14 Woda uzupełniająca
15 Drum clearing water	15 Woda do czyszczenia bębna
16 Drum clearing air	16 Powietrze do czyszczenia bębna
17 Conveyor belt	17 Przenośnik taśmowy
18 Material storage pile	18 Składowanie granulatu żużlowego
Source: [140, Eurofer 2009]	Źródło: [140, Eurofer 2009]

Rysunek 6.8: Granulacja żużla z wielkiego pieca w procesie INBA

6.1.6.2 *Proces grudkowania żuźla*

Proces grudkowania jest stosowany jedynie w kilku państwach Unii Europejskiej oraz w niektórych zakładach w Kanadzie. Warstwa płynnego żuźla jest rozlewana na blachę, która działa jak deflektor. Arkusz żuźla jest ścinany regulowanymi strumieniami wody, które zapoczątkowują pęcznienie i chłodzenie żuźla. Następnie żużel jest rzucony odśrodkowo w powietrze na bęben obrotowy, w celu zakończenia pęcznienia i chłodzenia. Cząstki żuźla obierają różne trajektorie, w zależności od ich rozmiaru, osiągając wielkości od granulowanego piasku po napęczniałe grudki.

Przy prawidłowym stosowaniu, woda jest całkowicie zużywana w tym procesie w trakcie odparowywania oraz jako wilgoć zawarta w produkcie. Jednostkowe zużycie wody jest mniejsze od zużycia wymaganego przy granulacji na mokro.

Podobnie do granulowanego żuźla, żużel w postaci grudek stosowany jest jako substytut klinkieru w produkcji cementu.

6.1.6.3 *Proces spustu żuźla do dołów*

[392, Schmidt et al. 2003]

Proces spustu żuźla do dołów (zwany też chłodzeniem powietrzem) obejmuje odlewanie cienkich warstw płynnego żuźla bezpośrednio do dołów żużlowych, znajdujących się w pobliżu pieców. Alternatywnie, po zebraniu żuźla w kadziach, płynny żużel stopniowo schładza się i ulega krystalizacji na wolnym powietrzu. Doły są na przemian napełniane i opróżniane, a żużel kawałkowy jest rozbijany i kruszony do zastosowania jako grube kruszywo. W praktyce, czas chłodzenia może być zredukowany poprzez spryskiwanie gorącego żuźla kontrolowaną ilością wody, chociaż zwiększa to potencjalne powstawanie drażniących zapachów. Przy prawidłowym stosowaniu, woda chłodząca jest całkowicie zużywana w poprzez parowanie.

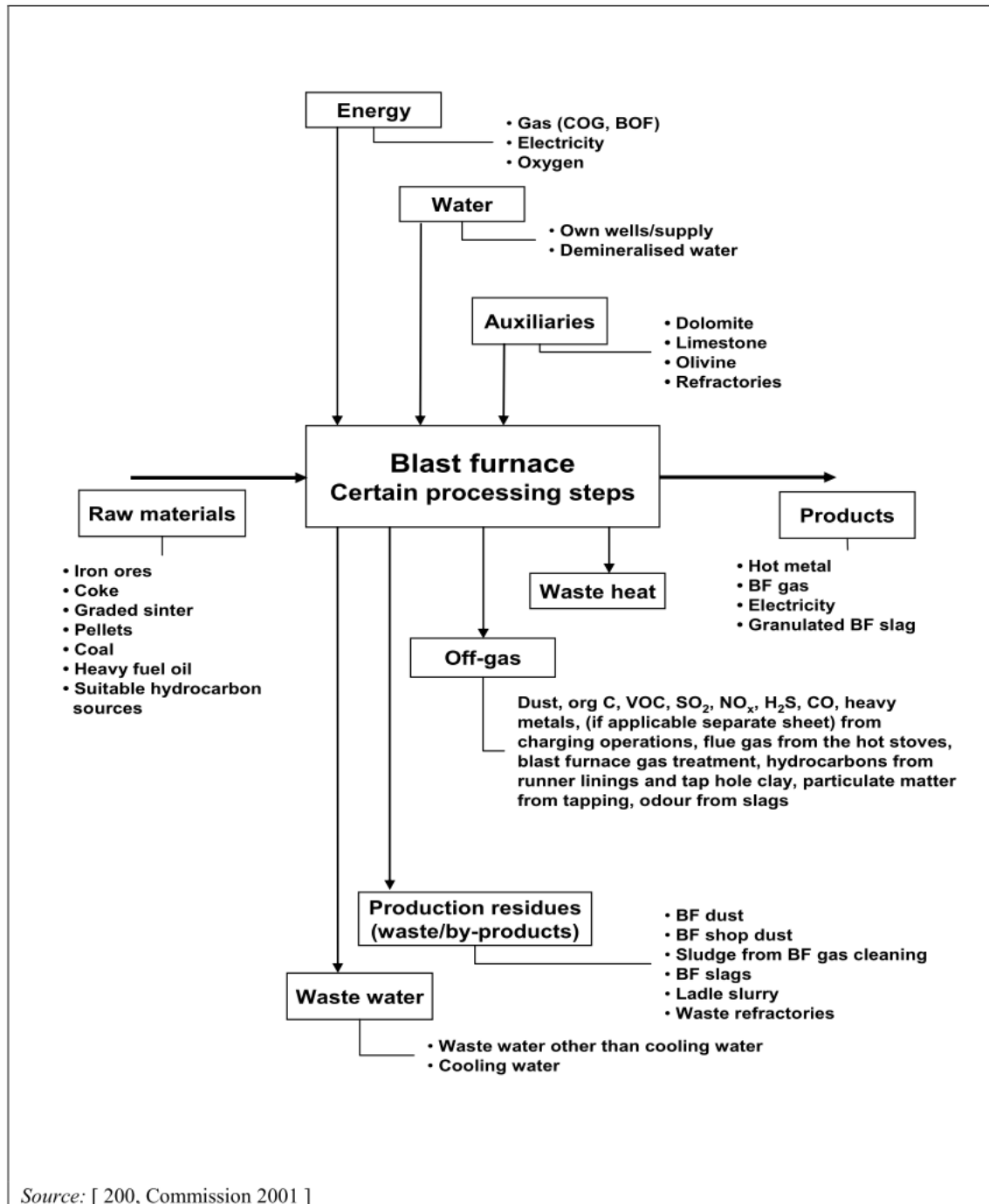
W procesie spustu żuźla do dołów powstaje krystaliczny żużel kawałkowy, będący poszukiwanym materiałem w budownictwie (szczególnie, jako surowiec do budowy dróg). Czas chłodzenia ma silny wpływ na jakość wytwarzanego żuźlu kawałkowego. Chłodzenie wodą również poprawia jego mikrostrukturę, dając lepsze właściwości mechaniczne.

Znaną wadą tego procesu jest na przykład fakt, iż na tym etapie trudno jest wpłynąć na jakość produktu, co znacznie ograniczona liczbę jego zastosowań, poza tym przeladunek ciekłego żuźla oraz kruszenie żuźla w formie stałej wymagają o wiele większych nakładów pracy, w porównaniu z granulacją i grudkowaniem.

6.2 Bieżące poziomy emisji i zużycia

6.2.1 Przegląd przepływu masy oraz dane wejściowe/wyjściowe

Rysunek 6.9 przedstawia schemat wejściowych i wyjściowych strumieni masy wielkiego pieca. Schemat ten może posłużyć do zebrania danych z poszczególnych wielkich pieców.



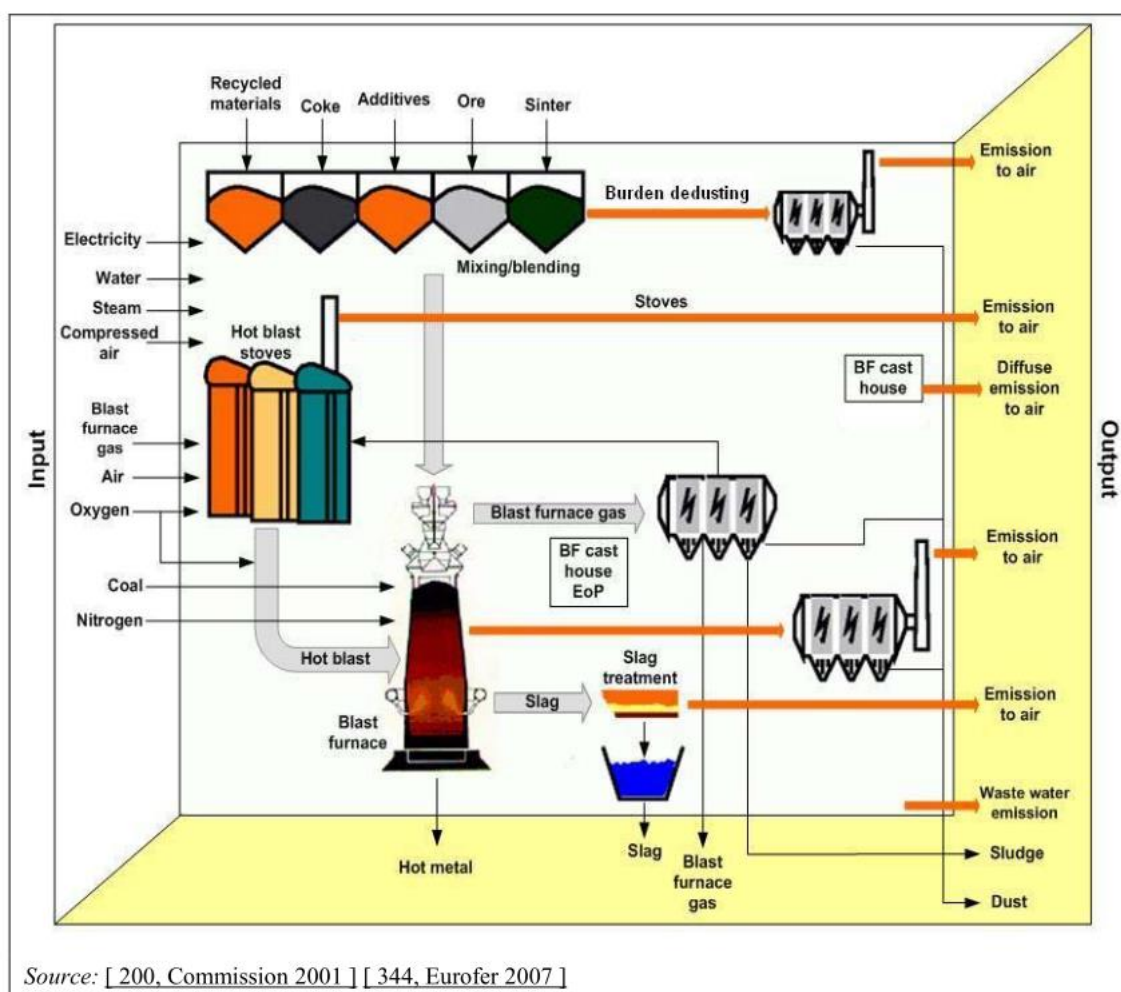
EN	PL
Energy	Energia
Gas (COG, BOF)	Gaz (COG, BOF)
Electricity	Energia elektryczna
Oxygen	Tlen
Water	Woda
Own Wells/supply	Własne studnie/dostawy

Demineralised water	Woda zdemineralizowana
Auxiliaries	Urządzenia pomocnicze
Dolomite	Dolomit
Limestone	Wapień
Olivine	Oliwin
Refractories	Materiały ogniotrwałe
Blast furnace	Wielki piec
Certain processing steps	Wybrane etapy procesu
Raw materials	Surowce
Iron ores	Rudy żelaza
Coke	Koks
Graded sinter	Sortowany spiek
Pellets	Grudki
Coal	Węgiel
Heavy fuel oil	Ciężki olej opałowy
Suitable hydrocarbon sources	Odpowiednie źródła węglowodoru
Waste water	Ścieki
Waste water other than cooling water	Ścieki nie pochodzące z procesu chłodzenia
Cooling water	Woda chłodząca
Production residues (waste/by-products)	Pozostałości poprodukcyjne (odpady/produkty uboczne)
BF dust	Pył BF
BF shop dust	Pył BF ze stalowni
Sludge from BF gas cleaning	Szlam po oczyszczaniu gazu BF
BF slags	Żuźle BF
Ladle slurry	Szlam z kadzi
Waste refractories	Odpady ogniotrwałe
Off-gas	Gaz odlotowy
Dust, org C, VOC,SO ₂ , NO _x , H ₂ S, CO, heavy metals, (if applicable separate sheet) from charging operations, flue gas from the hot stoves, blast furnace gas treatment, hydrocarbons from runner linings and tap hole clay, particulate matter from tapping, odour from slags	Pył, C org., LZO, SO ₂ , NO _x , H ₂ S, CO, metale ciężkie, (w stosownych przypadkach osobna blacha) z operacji ładowania, gaz opałowy z nagrzewnic dmuchu, oczyszczanie gazu wielkopieczowego, węglowodory z wyścielania rynien i masy zatykającej otwór spustowy, cząstki stałe ze spuszczenia, zapachy z żuźla

Waste heat	Ciepło odpadowe
Products	Produkty
Hot metal	Surówka
BF gas	Gaz BF
Electricity	Energia elektryczna
Granulated BF slag	Granulowany żużel BF
Source: [200, Commission 2001]	Źródło: [200, Komisja 2001]

Rysunek 6.9 Schemat przepływu strumieni masy wielkiego pieca

Na rysunku 6.10 przedstawiono ogólny schemat procesu zachodzącego w wielkim piecu, wraz z przepływami materiałów wejściowych i wyjściowych.



Source: [200, Commission 2001] [344, Eurofer 2007]

EN	PL
Input	Materiał wejściowy
Output	Materiał wyjściowy
Recycled materials	Materiały odzyskane
Coke	Koks
Additives	Dodatki
Ore	Ruda
Sinter	Spiek
Burden dedusting	Odpylanie wsadu

Emission to air	Emisja do powietrza
Electricity	Energia elektryczna
Water	Woda
Steam	Para
Compressed air	Sprężone powietrze
Mixing/blending	Mieszanie/mielenie
Hot blast stoves	Nagrzewnice dmuchu wielkopieczowego
Stoves	Nagrzewnice dmuchu
Emission to air	Emisja do powietrza
BF cast house	Hala lejnicza wielkiego pieca
Diffuse emission to air	Emisje rozproszone do powietrza
Blast furnace gas	Gaz wielkopieczowy
Air	Powietrze
Oxygen	Tlen
Coal	Węgiel
Nitrogen	Azot
Hot blast	Gorący dmuch
Blast furnace	Wielki piec
Hot metal	Surówka
Blast furnace gas	Gaz wielkopieczowy
BF cast house EOP	Hala lejnicza wielkiego pieca EOP
Slag	Żużel
Slag treatment	Oczyszczanie żużla
Slag	Żużel
Blast furnace gas	Gas wielkopieczowy
Emission to air	Emisja do powietrza
Waste water emission	Emisja ścieków
Sludge	Szlam
Dust	Pył
Source: [200, Commission 2001] [344, Eurofer 2007]	Źródło: [200, Komisja 2001] [344, Eurofer 2007]

Na rysunku 6.10 przedstawiono ogólny schemat procesu zachodzącego w wielkim piecu, ze wskazaniem poszczególnych operacji oraz strumieni mas wejściowych i wyjściowych

Określono zarówno jednostkowe współczynniki wejścia, jak i jednostkowe współczynniki emisji w układzie wielkiego pieca. Tabele 6.1, 6.2 i 6.5 przedstawiają dane liczbowe dla tych współczynników zebrane z wielu wielkich pieców, dając w ten sposób reprezentatywny obraz nowoczesnych zakładów.

Wejście

Tabela 6.1: Dane wejściowe z wielkich pieców w różnych krajach członkowskich Unii Europejskiej

Wejście	Jednostki	Maksimum	Minimum	Wartość średniej ważonej
Surowce				
Spiek	kg/t surowki	1621	116	1088
Ruda żelaza	kg/t surowki	684	0	180
Grudki	kg/t surowki	972	0	358
Koks	kg/t surowki	515	282	359
Materiał zawracany do obiegu	kg/t surowki	106	0	20,1
Wapień/Wapno	kg/t surowki	80	0	25,7
Wtryskiwanie na poziomie dysz				
Olej	kg/t surowki	116	0	30,1
Węgiel	kg/t surowki	232	0	162
COG	kg/t surowki	46,9	0	1,1
Gaz ziemny	kg/t surowki	5,6	0	2,2
Tlen	kg/t surowki	85,1	0	54,4
Inne (¹)	kg/t surowki	73,5	0	3,6
Nagrzewnice dmuchu wielkopiecowego				
Gaz BF	MJ/t surowki	2287	1,2	1536
COG	MJ/t surowki	817	0,024	284
Gaz ziemny	MJ/t surowki	819	0	168
Gaz BOF	MJ/t surowki	259	0,124	213
Energia				
Energia elektryczna	MJ/t surowki	850	107	268
Inne				
Tlen	m ³ /t surowki	67	4,6	43
Azot	m ³ /t	59	33	46

	surówki			
Para	MJ/t surówki	435	14,8	48
Sprężone powietrze	m ³ /t surówki	35	0,008	9,1
Woda chłodząca ⁽²⁾	m ³ /t surówki	22,9 ⁽⁴⁾	0,37 ⁽⁴⁾	-
Woda przemysłowa ⁽³⁾	m ³ /t surówki	13	0,28	3,4
<p>Inne mogą zawierać tworzywa sztuczne, oleje odzyskane, tłuszcze, emulsje, etc. ⁽²⁾ Woda nie biorąca bezpośredniego udziału w procesie. ⁽³⁾ Woda przemysłowa, stanowiąca integralną część procesu i nie zamknięta w określonym systemie chłodzącym, np. woda w dołach żuźlowych. ⁽⁴⁾ Wartości odzwierciedlają różnice między systemami jednoprzeciowymi a systemami zamkniętymi. Średnie ważone nie są obliczane, jako że systemy jednoprzeciowe nie powinny być porównywane do systemów zamkniętych. — Dane wejściowe dotyczące wielkiego pieca na rok 2004, w oparciu o produkcję 73,4 Mt surówki. <i>Źródło:</i> [140, Eurofer 2009][234, Polska 2007][346, Eurofer 2007].</p>				

Wyjście

Tabela 6.2: Dane wyjściowe dotyczące wielkiego pieca na rok 2004

Wyjście	Jednostki	Maksimum	Minimum	Nr	Tonaż surówki
Energia					
Gaz BF	MJ/t surówki	6061	3377	16	62 956 753
Energia elektryczna	MJ/t surówki	91	40	6	31160302
Pozostałości (produkty uboczne/odpady)					
Żużel	kg/t surówki	346,6	150,0	18	69223393
Pył gazu gardzielowego	kg/t surówki	18,0	3,4	13	61044562
Szlam gazu gardzielowego	kg/t surówki	22,3	2,0	15	66268056
Pył z odpylania hali lejniczej	kg/t surówki	5,1	0,6	8	41197012
Wykorzystane materiały ogniotrwale, etc.	kg/t surówki	5,9	0,3	8	48 063 570
Ścieki	m ³ /t surówki	13,736 (*)	0,096 (²)	12	54 428253

Dane oparte na następujących wartościach:

- Tonaż surówki = 73 459 787. Nie zgłoszono jednostkowego wyjścia dla wszystkich instalacji. Z tego powodu wartość w kolumnie Tonaż surówki przewyższa inne wartości.
- Tonaż żużlu wielkopieczowego = 19 562 299.
- Nr = numer instalacji w UE, z których pochodziły raporty.
- Tonaż surówki: Ilość surówki wyprodukowanej przez instalacje, z których pochodziły raporty względem poszczególnych elementów.

Źródło: [140, Eurofer 2009][208, Lindfors et al. 2006][234, Polska 2007][346, Eurofer 2007].

Zamieszczone poniżej tabele 6.3 – 6.6 dopełniają informacji o szczegóły dotyczące wskaźników emisji do powietrza (po ich ograniczeniu) ze strefy ładowania, z wielkopieczowej hali lejniczej i z poszczególnych głównych operacji związanych z wielkim piecem.

Tabela 6.3: Emisje z przygotowywania węgla do wdmuchnięcia

Operacja/źródło emisji: Przygotowanie węgla do wdmuchnięcia	Pył (g/t surówki)
Ilość zgłoszonych raportów	15
Rozpiętość (min. – maks. wartości)	2-54
x±s	12+16
Uwaga: - Surówka = surowa stal w stanie ciekłym - x±s = wartość średnia i odchylenie standardowe (obliczane jedynie jeśli dostępna jest wystarczająca ilość danych).	
Źródło: [200, Komisja 2001]	

Tabela 6.4: Emisje ze strefy ładowania

Parametr	Jednostki	Rozpiętość
Pył	g/t surówki	2,7 – 81,4
Cząstki stałe	g/t surówki	0,2 – 11,0
Źródło: [200, Komisja 2001] [346, Eurofer 2007] .		

Wysokie wartości emisji pyłu ze strefy ładowania odnotowano zależnie od typu rynnny spustowej oraz od obecności lub braku systemu odprowadzającego, kierującego gaz ze śluzy powietrznej do systemu oczyszczania gazu wielkopieczowego (zob. część 6.3.5). Przy braku wspomnianego urządzenia, wskaźniki emisji dla strefy ładowania odnotowano na poziomie 400 i 850 g pyłu/t surówki w dwóch zakładach, w Belgii [170, N.N. 1997].

Tabela 6.5: Emisje do powietrza z hali lejniczej wielkiego pieca ("działania na końcu rury")

Parametr	Jednostki	Maksimum	Minimum
Pył	g/t surówki	41,95	0,42
Cząstki stałe	g/t surówki	25,92	0,26
SO ₂	g/t surówki	193,80	7,34
NO _x	g/t surówki	2,08	2,08
CO	g/t surówki	35,63	21,52
Cr	mg/t surówki	10,41	2,76
Mn	mg/t surówki	53,02	45,12
Ni	mg/t surówki	10,61	1,99
Pb	mg/t surówki	24,33	2,19
Zn	mg/t surówki	12,9	3,81
Hg	µg /t surówki	200,3	55,50
As	µg /t surówki	299,8	205,69
Cd	µg /t surówki	223,3	65,3
Uwaga: Cząstki stałe powstają w powietrzu w wyniku utleniania podczas procesu odlewania: tyczy się to dwóch obszarów: a) przy otworze spustowym i b) przy rynnny spustowej do kadzi mieszalnikowej. W celu zredukowania zanieczyszczenia atmosfery w wyniku utleniania surówki, rynnny spustowe są osłonięte, a przy otworze spustowym oraz w układzie napełniania kadzi mieszalnikowej stosuje się odsysanie. Pochodzące z tych układów powietrze, przed odprowadzeniem do atmosfery, jest oczyszczane przez filtry elektrostatyczne lub filtry workowe. Zebrane dane odnoszą się do zrzutów z urządzeń do ograniczania emisji. Źródło: [140, Eurofer 2009] [346, Eurofer 2007].			

Cząstki są uwalniane do powietrza podczas procesu odlewania, w wyniku utleniania. Tyczy się to dwóch obszarów: przy otworze spustowym oraz przy rynnny spustowej do kadzi

mieszalnikowych. W celu zredukowania zanieczyszczenia atmosfery w wyniku nieznaczego utleniania surówki, ryny spustowe są osłonięte, a przy otworze spustowym oraz w układzie napełniania kadzi mieszalnikowej stosuje się odsysanie. Pochodzące z tych układów powietrze, przed odprowadzeniem do atmosfery, jest oczyszczane przez filtry elektrostatyczne lub filtry workowe. Zebrane w tabeli 6.5 dane odnoszą się do zrzutów z urządzeń do ograniczania emisji.

Tabela 6.6: Emisje do powietrza z procesu granulacji żużla w wielkich piecach

Operacja/źródło emisji:	Pył (g/t surówki)	H ₂ S (g/t surówki)	SO ₂ (g/t surówki)	NO _x (g/t surówki)	CO (g/t surówki)
Granulacja żużla Il.rap.	b.d.	14/1 - 300 ⁽¹⁾	13/1 - 142 (¹)	m.i.	m.i.
x±s		63±95	31±42		
⁽¹⁾ Niskie wartości (około 1 g/t surówki) dotyczą zakładów granulacji żużla z instalacją kondensacji dymów. Uwaga: — Surówka = surowa stal w stanie ciekłym. — x±s = wartość średnia i odchylenie standardowe (obliczane jedynie jeśli dostępna jest wystarczająca ilość danych). — Il.rap. = ilość zgłoszonych raportów/zakres danych (min-maks). — m.i. = mało istotne. — b.d. = brak danych. Źródło: [200, Komisja 2001].					

6.2.2 Kwestie ochrony środowiska a procesy wielkopieczowe

Wielki piec stanowi przede wszystkim źródło emisji gazów i pyłów do powietrza. Przy zastosowaniu technik ograniczania emisji, mogą wystąpić efekty powiązań między różnymi komponentami środowiska.

W częściach dokumentu od 6.2.2.1 do 6.2.2.5 opisano najważniejsze kwestie środowiskowe pod kątem procesu wielkopieczowego:

- Emisje do powietrza pochodzące z:
 - przygotowywania wsadu
 - ładowania i transportu
 - gazów wielkopieczowych (w ramach pośredniej emisji z układów spalania)
 - nagrzewnic dmuchu wielkopieczowego
 - hali lejniczej
 - obróbki żużlu
- Ścieki pochodzące z:
 - warstwy wody powyżej osadu z płukania gazu wielkopieczowego
 - ścieków z granulacji żużla
 - wypływu z obiegu wody chłodzącej
- Pozostałości procesowe, takie jak odpady i produkty uboczne pochodzące z:
 - pyłu z odlewania
 - pyłu i szlamu z oczyszczania gazu wielkopieczowego
 - żużla z wielkiego pieca
- Pozostałości procesowe, takie jak odpady i produkty uboczne pochodzące z:
 - bezpośredniego wtrysku środków redukujących
 - zapotrzebowania na środki redukujące
- Hałas.

6.2.2.1 *Emisje do powietrza*

[145, UBA Comments 1997] [247, Holandia 2007]

Przygotowanie wsadu

Istotne mogą być emisje z procesu suszenia/kruszenia węgla. Dostępne dane z zakładu belgijskiego wykazują, że emisje pyłu utrzymują się w granicach 54 - 139 mg/Nm³, dla CO 292 - 383 mg/Nm³, a dla CH₄ 1250 mg/Nm³. Wszystkie ilości związane są z 3% zawartością tlenu [171, N.N. 2007].

Pył węglowy do bezpośredniego wdmuchiwania jest zwykle składowany w zasobnikach i silosach. Emisja do powietrza może powstać także z powietrza wypartego podczas załadunku. Z tego względu, powietrze zawierające pył jest zwykle wychwytywane, a następnie odpylane.

Ładowanie i transport

Jako że ciśnienie w wielkim piecu jest wyższe od ciśnienia atmosferycznego, stosowany jest uszczelniony system wsadowy oparty na ładowaniu „stożkowym” lub „bezstożkowym”.

Wszystkie składniki zawarte w gazie wielkopieczowym mogą być w tym przypadku emitowane, jednak głównymi elementami będą tlenek węgla (CO) i pył. Podczas stosowania systemów odzyskiwania gazu, możliwe są o wiele niższe emisje z procesu ładowania i transportu.

Gaz wielkopieczowy (gaz BF)

Surowy gaz BF zawiera pył (włącznie z metalami ciężkimi i węglem), tlenek węgla, dwutlenek węgla, związki siarki, azot, związki cyjanku, węglowodory i wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA). Gaz BF jest zbierany i wykorzystywany jako źródło energii. Gaz jest oczyszczany pod kątem wymogów jakości i używany ponownie do różnych procesów spalania, takich jak generowanie dmuchu w nagrzewnicach dmuchu wielkopieczowego (zob. część 6.1.4) lub do opalania instalacji koksowniczych (zob. część 5.1.2.2). Dlatego pojawiają się (pośrednie) emisje spalanego gazu wielkopieczowego.

Oczyszczanie gazu BF zazwyczaj obejmuje wstępną obróbkę w celu usunięcia gruboziarnistego pyłu, a następnie oczyszczanie na mokro z pyłu drobnoziarnistego (w tym z metali ciężkich), SO₂ i związków cyjanku. W niektórych zakładach stosuje się filtry elektrostatyczne.

Zawartość pyłu w surowym gazie BF znacznie różni się w zależności od danego zakładu i jest zależna od warunków procesowych, od 5,5 – 40 kg/t wyprodukowanej surówki. Po oczyszczeniu, gaz BF zwyczajowo zawiera mniej niż 10 mg/Nm³ pyłu. Emitowany jest w miejscu spalania.

W tabeli 6.7 przedstawiono konkretne wskaźniki kilku komponentów surowego, nieoczyszczonego gazu BF.

Tabela 6.7: Skład surowego gazu wielkopieczowego (przed oczyszczeniem)

Składnik surowego gazu BF	Wartość	Jednostka	Jednostkowy wskaźnik	Jednostka
Produkcja gazu BF	1,0 – 7,0	1·10 ⁵ Nm ³ /h	1200 - 2000	Nm ³ /t surówki
Pył	3 500 - 30 000	mg/Nm ³	7000 - 40000	g/t surówki
Węglowodory	67 - 250	mg/Nm ³	130 - 330	g/t surówki
Związki cyjanku (jako CN ⁻)	0,26 – 1,0 ⁽¹⁾	mg/Nm ³	0,5 – 1,3	g/t surówki
Amoniak	10 - 40	mg/Nm ³	20 - 50	g/t surówki
• wielopierścieniowe węglowodory				

aromatyczne ⁽²⁾				
• benzo(a)piren	0,08 – 0,28	mg/Nm ³	0,15 – 0,36	g/t surówki
• Fluoranten	0,15 – 0,56	mg/Nm ³	0,30 – 0,72	g/t surówki
Tlenek węgla	20 - 28	% obj.	300 - 700	kg/t surówki
Dwutlenek węgla	17 - 25	% obj.	400 - 900	kg/t surówki
Wodór	1 - 5	% obj.	1 – 7,5	kg/t surówki
⁽¹⁾ Emisje powstałe podczas wypływu mogą być znacznie wyższe. ⁽²⁾ Obecnych jest również wiele innych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (PAH). <i>Źródło:</i> [65, InfoMil 1997] [344, Eurofer 2007]				

W trakcie dwustopniowego oczyszczania gazu BF, pył jest usuwany z dużą skutecznością, to samo tyczy się związków związanych z pyłem, takich jak większość metali ciężkich i WWA. Tabela 6.8 przedstawia skład gazu BF po oczyszczeniu. Gaz nadal zawiera pewną ilość metali ciężkich, lecz w porównaniu ze spiekalniami (zob. 4.2.1), ładunek tych składników jest o wiele mniejszy.

Tabela 6.8: Skład surowego gazu wielkopiecowego (po dwustopniowym oczyszczeniu)

Składnik gazu BF	Stężenie	Jednostka	Jednostkowy wskaźnik	Jednostka
Produkcja gazu BF	1,0 – 7,0	1-10 ⁵ Nm ³ /h	1200 - 2000	Nm ³ /t surówki
Pył	1 - 10	mg/Nm ³	1-20	g/t surówki
Węglowodory	b.d.	mg/Nm ³	b.d.	g/t surówki
H ₂ S	14	mg/Nm ³	17 - 26	g/t surówki
Związki cyjanku (jako CN ⁻)	b.d.	mg/Nm ³	b.d.	g/t surówki
Amoniak	b.d.	mg/Nm ³	b.d.	g/t surówki
Metale				
• Mn	0,10 – 0,29	mg/Nm ³	0,22 – 0,37	g/t surówki
• Pb	0,01 – 0,05	mg/Nm ³	0,02 – 0,07	g/t surówki
• Zn	0,03 – 0,17	mg/Nm ³	0,07 – 0,22	g/t surówki
Tlenek węgla	20 - 28	% obj.	300 - 700	kg/t surówki
Dwutlenek węgla	17 - 25	% obj.	400 - 900	kg/t surówki
Wodór	1 - 5	% obj.	1 – 7,5	kg/t surówki
Uwaga: b.d. = brak danych <i>Źródło:</i> [65, Infomil 1997][344, Eurofer 2007].				

W UE, technika z wykorzystaniem mokrej płuczki stosowana jest w ramach drugiego etapu oczyszczania gazu BF. Mokre odpylanie generuje strumień ścieków, zawierający zawiesiny (np. węgiel i metale ciężkie), związki cyjanku, związki azotu, etc. Oddzielone substancje stałe są przyczyną problemu z odpadami ze względu na metale ciężkie, w szczególności cynk. Podczas gdy pył gruboziarnisty jest zwykle przywracany do obiegu w spiekalni, szlam z płukania jest odwadniany i przywracany do spiekalni (zwykle poprzez hydrocyklon, który oddziela frakcje o niskiej i wysokiej koncentracji metali ciężkich) lub składowany na zabezpieczonym składowisku [247, Netherlands 2007][248, Eurofer 2007].

Nagrzewnice dmuchu wielkopiecowego

Nagrzewnice dmuchu wielkopiecowego są opalane gazem. Zależnie od instalacji, stosuje się następujące mieszanki:

- gaz BF + gaz COG

- gaz BF + gaz ziemny
- gaz BF + gaz BOF
- każdą inną kombinację stosowanych czterech gazów (gaz BF, gaz COG, gaz ziemny, gaz BOF) lub gazu czystego.

Gaz koksowniczy zawiera związki siarki, które emitowane są w postaci SO₂ w nagrzewnicach dmuchu wielkopiecowego, gdy gaz używany jest do opalania. Zgodnie z raportem [145, UBA Comments 1997] część nagrzewnic dmuchu z nowoczesnymi palnikami i wstępnym podgrzewaniem powietrzem, działa z użyciem niewzbogacanego gazu BF [344, Eurofer 2007].

Tabela 6.9 przedstawia pomiary emisji dla głównych zanieczyszczeń pochodzących z nagrzewnic dmuchu wielkopiecowego.

Tabela 6.9: Stężenia emisji z nagrzewnic dmuchu wielkopiecowego

Parametr	Zakres (mg/Nm ³) Średnia roczna	Zakres (mg/Nm ³) Średnie wartości półgodzinne
Pył	<0,1 - 12	
CO	4,11 - 2891	20
NO _x	19 - 115	20 - 120
SO _x	4 - 154	60 - 210
Hg	0,003	
Cd, Tl	0,0057 ⁽¹⁾	
Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V	0,24 ⁽¹⁾	
HF	<0,08	
HCl	3 ⁽¹⁾	
PCDD/F	0,002 – 0,004 (ng/Nm ³)	
<p>⁽¹⁾ Wartości odpowiadają maksymalnym wartościom, nie średnim rocznym. Uwaga: Wartości pochodzą z siedmiu instalacji stosowanych w UE i odpowiadają średnim rocznym, a w przypadku trzech niemieckich zakładów, dodatkowo średnim wartościom półgodziennym. Źródło: [171, N.N. 2007][200, Komisja 2001][244, Plickert 2007] [346, Eurofer2007].</p>		

Przepływ gazu opałowego z nagrzewnic dmuchu wielkopiecowego szacuje się na około 100 000 do 500 000 Nm³/h w poszczególnych wielkich piecach. Jednostkowy przepływ gazu odlotowego wynosi 400 - 1500 Nm³/t surówki. Stężenia emisji dla SO₂ mieszczą się w przedziale od 4 do 154 mg/Nm³, zależnie od zastosowanego gazu (względem średniej rocznej, zob. Tabelę 6.9), co odpowiada przedziałowi od 1,6 do 154 g/t surówki. W przypadku mieszaniny gazu wielkopiecowego z nieodsiańczonym COG, wskaźnik emisji może sięgnąć 400 g SO₂/t surówki, co odpowiada wartościom do 267 - 1000 mg/Nm³.

Nagrzewnice dmuchu wielkopiecowego są głównym źródłem emisji NO_x z procesów w wielkim piecu. NO_x powstaje jako rezultat wysokich temperatur wytwarzanych w nagrzewnicach dmuchu. Stężenia emisji mieszczą się w przedziale od 19 do 115 mg/Nm³ (względem średniej rocznej, zob. Tabelę 6.9), co odpowiada przedziałowi od 6 do 173 g/t wyprodukowanej surówki [344, Eurofer 2007].

Emisje pyłu z nagrzewnic dmuchu zwykle mieszczą się między 1 a 12 mg/Nm³, co odpowiada 0,4 – 18 g/t surówki [344, Eurofer 2007].

Emisje CO są znaczne w przypadku wewnętrznych komorach spalania (zob. Rysunek 6.5). Niezwykle trudne do uniknięcia pęknięcia w obmurowaniu pozwalają na to by gaz BF przedostawał się, bez spalania, do gazów odlotowych, przez co może dojść do jego emisji w stężeniach sięgających do 2891 mg CO/Nm³. W przypadku zewnętrznej komory spalania o kontrolowanym spalaniu, stężenie wynosi około <50 mg CO/Nm³[171, N.N. 2007][344, Eurofer 2007].

Hala lejnica

Spust surówki generuje emisje pyłu. Przeciętnie, nieoczyszczone emisje sięgają od 400 do 1500 g/t wyprodukowanej surówki. Emisje te powstają głównie w wyniku kontaktu surówki z żużlem i tlenem z powietrza. Aby wyłapać pył powstały podczas spustu, w wielu wielkich piecach na terenie UE stosuje się w halach lejniczych specjalne systemy odpylające (wyciąg pyłu przy otworze spustowym, przewale oraz przy załadunku surówki do kadzi mieszalnikowej) o przepływach obejmujących od 200 000 do 700 000 Nm³/h. Emisje pyłu zależą od stosowanych technik ograniczania emisji (w niektórych przypadkach nadal nie są stosowane żadne tego typu technologie) oraz skuteczności odpylania. W wielu przypadkach stosuje się filtry workowe, dzięki czemu osiąga się wartość mniej niż 10 mg pyłu/Nm³. Wskaźniki emisji pyłu wahają się od 0,5 do 45 g/t surówki, z przeciętną wartością sięgającą 32 g pyłu/t surówki. Ponadto, podczas spuszczenia ciekłego żużla i żelaza emitowana jest pewna ilość SO₂ (7 - 195 g/t surówki) [344, Eurofer 2007].

Tabela 6.10: Stężenia emisji z hali lejnicy wielkiego pieca oraz z odpylania wsadu

Parametr	Zakres (mg/Nm ³) Średnia roczna	Okres referencyjny
Pył	0,3 – 10,4 0,38 – 0,49	Średnia roczna Średnia dzienna
SO _x	12	Średnia roczna
Hg	<0,0001	Średnia roczna
Cd, Tl	0,00004	Średnia roczna
As, Co, Ni, Se, Te	<0,003	Średnia roczna
As, Co, Ni, Se, Te	<0,5	Średnia roczna
Pb, Cr, Cu, Mn, V	0,004 – 0,014	Średnia roczna
Sb, Cr, CN, F, Cu, Mn, V, Sn	<1	Średnia roczna
HCl	0,7	Średnia roczna
H ₂ S	1,2	Średnia roczna
Uwaga: Przedstawione wartości pochodzą z czterech instalacji stosowanych na terenie UE i odpowiadają średnim rocznym, a w przypadku pyłu - średnim dziennym wartościom odnotowanym w jednym z niemieckich zakładów. Źródło:[200, Komisja 2001][244, Plickert 2007][346, Eurofer 2007].		

Obróbka żużla

Reakcja wody z płynnym żużlem, szczególnie ze związkami siarki (głównie CaS i MnS) generuje zarówno parę jak i rozproszone emisje H₂S i SO₂. Emisje mogą powodować powstawanie problemów z przykrym zapachem i korozją. Ich znaczenie zmienia się w zależności od zastosowanych technik obróbki żużla. Żużel wielkopiecowy wybrany z rynny spustowej zawiera około 1 – 2 % wag. siarki. Głównym związkiem siarki obecnym w żużlu jest CaS [392, Schmidt et al. 2003].

Emisje mogą znacznie różnić się od siebie w poszczególnych zakładach, w zależności od cykli obróbki żuźla oraz samego cyklu oczyszczania żuźla. W grę wchodzi szeroki zakres wskaźników emisji. Dostępne wartości wahają się między 1 - 320 g H₂S/t surówki i 1 - 150 g SO₂/t surówki do granulacji żuźla. Przeciętny przepływ żuźla w zakładzie przemysłowym z systemem INBA wynosi 3,5 t/min, a zakładana ilość spalin/pary wydobywających się z komina dochodzi do 10 000 Nm³/h. Wynikające z tego stężenia H₂S i SO₂ mieszczą się w granicach 50 – 28000 mg/Nm³ dla H₂S i 135 - 15 600 mg/Nm³ dla SO₂. Jeśli żużel nie będzie poddany działaniu wody, lecz chłodzony powietrzem, dojdzie do długotrwałych niższych emisji, głównie SO₂. Z perspektywy ograniczania emisji, może to być uznane za zaletę [344, Eurofer 2007][392, Schmidt et al. 2003].

Emisje H₂S i SO₂ mogą powodować powstawanie problemów z zapachem i korozją. Emisje gazowe związków siarki są ściśle zależne od rodzaju układu granulującego, przeciętnego przepływu żuźla, stosunku żuźla/wody oraz od temperatury wody wykorzystywanej do granulacji. Jako że rozpuszczalność H₂S i SO₂ maleje wraz ze wzrostem temperatury, w układach granulacyjnych z wodą zimną obserwuje się niższe emisje gazowe związków siarki niż w układach z wodą gorącą [242, Caughlin 2007] [392, Schmidt et al. 2003].

W celu zredukowania emisji, niektóre zakłady działają z uwzględnieniem kondensacji oparów. Kondensat i woda z odwadniania żuźla są po ostudzeniu poddawane cyrkulacji w miejscach, gdzie używana jest świeża woda. Przywracanie wody do układu nie jest stosowane w przypadku użycia wody morskiej do granulacji żuźla i kondensacji oparów. W obrębie tej techniki, osiąga się emisje H₂S o zakresie od 1 – 10 g/t surówki.

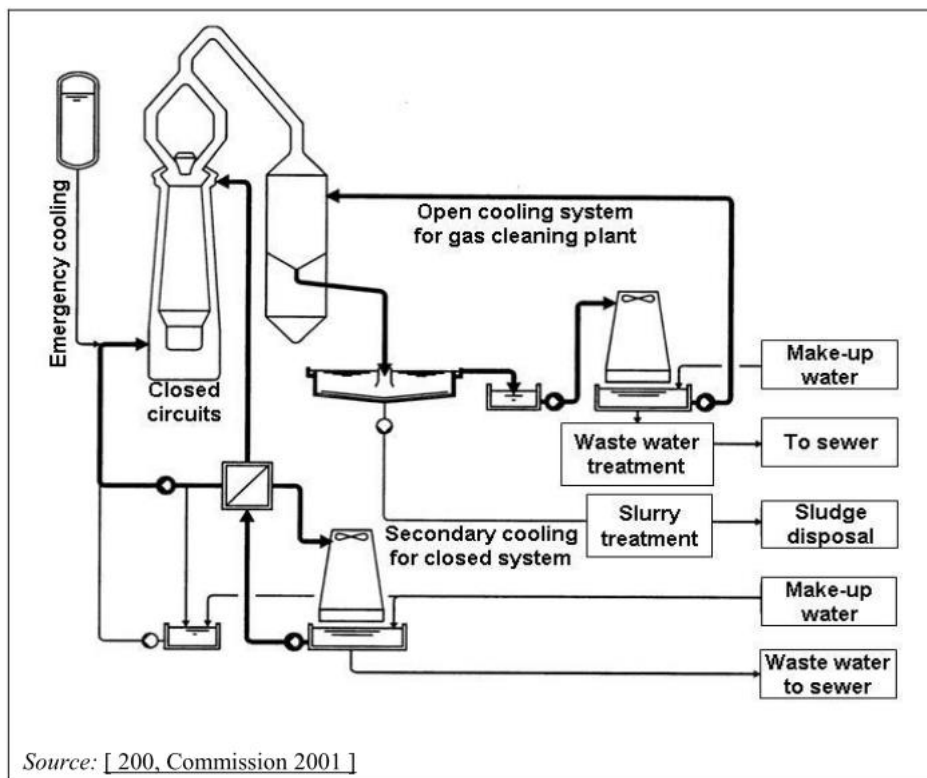
Woda stosowana do granulacji i procesu grudkowania w większości może być zebrana i przywrócona jeśli wykorzystuje się świeżą wodę. Te układy mogą działać tak, by generować bardzo niewielkie ilości ścieków. Wytwarzana podczas tego procesu para zawiera pył, SO₂ i H₂S, zazwyczaj emitowane do atmosfery. Przeprowadzono testy w celu ponownego wykorzystania ciepła jawnego żuźla, lecz na rynku nie ma obecnie żadnego systemu tego typu. Odzyskana energia mogłaby wynieść około 0,35 GJ/t surówki.

Produkcja żuźla kawałkowego z dołów żuźlowych prowadzi zazwyczaj do zwiększonych emisji SO₂ i H₂S, które mogą być trudniejsze do kontrolowania. Obróbka z użyciem wody może wpływać na emisje H₂S.

6.2.2.2 Ścieki

Ścieki z oczyszczania gazu BF

Woda z płukania gazu wielkopiecowego zazwyczaj poddawana jest oczyszczaniu, schładzana i przywracana do płuczki (zob. Rysunek 6.11). Oczyszczanie odbywa się w walcowych zbiornikach sedymentacyjnych.



EN	PL
Emergency cooling	Chłodzenie awaryjne
Closed circuits	Obiegi zamknięte
Open cooling system for gas cleaning plant	Otwarty układ chłodzący zakładu oczyszczania gazu
Make-up water	Świeża woda
Waste water treatment	Oczyszczanie ścieków
To sewer	Do systemu kanalizacji
Secondary cooling for closed system	Wtórne chłodzenie dla obiegu zamkniętego
Slurry treatment	Oczyszczanie szlamu
Sludge disposal	Usuwanie osadów
Make-up water	Świeża woda
Waste water to sewer	Ścieki spływające do kanalizacji
Source: [200, Commission 2001]	Źródło: [200, Komisja 2001]

Rysunek 6.11: Schemat gospodarki wodnej w wielkim piecu

Przepływ obiegu to zazwyczaj 0,1 – 3,5 m³/t surowki, zależnie od jakości/specyfikacji surowca i dostępności wody, które wpływają na środki podejmowane względem zoptymalizowania recyklingu wody. Szczególnie surowce o wysokiej zawartości soli mogą wymagać znacznie większych ilości wody płuczkowej.

Tabela 6.11 przedstawia część danych dotyczących składu ścieków z płukania gazu wielkopieczowego przed oczyszczeniem.

Tabela 6.11: Skład ścieków z płukania gazu wielkopieczowego przed oczyszczaniem

Parametr	Stężenie (mg/l)
CN ⁻	0,1 - 50
CL	73,6 ⁽¹⁾
F	1,74 ⁽¹⁾
SO ₄ ²⁻	42 ⁽¹⁾
NH ₄ ⁺	2,0 - 200
S	0 - 5
Fe	6,77 ⁽¹⁾
Mn	0,48 ⁽¹⁾
Zn	0,1 - 29.36
Pb	0,01 - 5
b.d.	19,19 ⁽¹⁾
Fenole	0,1 - 5
⁽¹⁾ Średnia wartość. Uwaga: Dane z badań przeprowadzonych w 1990 i 1992 roku. Sześć wielkich pieców (pojemność: 837 – 1680 m ³) produkujących od 280 do 400 kg żużłu/t surówki. Średni stopień zasadowości: CaO/SiO ₂ 0,9 – 1,1. Dane wejściowe względem związków zasadowych: 1,4 – 4,8 kg/t surówki. Źródło: [232, Brouhon et al. 1990][233, Poos et al. 1993].	

Zawartość cyjanku zwiększa się w trakcie spuszczenia wsadu w wielkim piecu oraz podczas okresów przejściowych (zatrzymywanie, wznawianie), które są częstsze pod koniec procesu produkcyjnego. W tych warunkach, również w wodzie płuczkowej można znaleźć większe ilości cyjanku. Wygląda na to, że powstawanie cyjanków w wielkim piecu związane jest z obecnością metali alkalicznych [232, Brouhon et al. 1990][233, Poos et al. 1993].

Ścieki z granulacji żużła

Nadmiar wody pochodzący z procesu granulacji żużła zależy przede wszystkim od dostępności wody i waha się w granicach od 0,125 do 10 m³/t wyprodukowanej surówki. Informacje na temat stężeń zanieczyszczeń i wskaźników emisji, dotyczących ścieków z granulacji żużła w wielkim piecu z użyciem świeżej wody, przedstawiono w tabeli 6.12. Wskaźniki emisji oparte są na zużyciu 7 921 113 m³ świeżej wody oraz produkcji 2 221 686 t surówki, które generują jednostkowe zapotrzebowanie na świeżą wodę w wysokości 3,57 m³/t surówki.

Tabela 6.12: Stężenia zanieczyszczeń i wskaźniki emisji, dotyczące ścieków z granulacji żużla w wielkim piecu

Parametr	Jednostka	Średnia	Średni poziom	Rozpiętość (min-max)	OS	Wskaźnik emisji	Jednostka
Zapotrzebowanie na wodę						3,57	m ³ /t surówki
Pb	µg/l	2,52	2,00	<2,00 – 6,40	1,10	7,13	mg/t surówki
Cr	µg/l	2,41	2,00	<2,00 – 6,90	1,08	7,13	mg/t surówki
Cu	µg/l	4,06	3,80	<2,00 – 9,50	2,05	13,55	mg/t surówki
Zn	µg/l	20,92	20,00	<20,00 – 38,00	3,62	71,31	mg/t surówki
Cd	µg/l	0,20	0,20	<0,20 – 0,23	0,01	0,71	mg/t surówki
Ni	µg/l	3,74	3,15	<2,00 – 10,00	1,98	11,23	mg/t surówki
Fe	mg/l	0,44	0,18	0,03 – 2,60	0,61	0,64	g/t surówki
Cl	mg/l	262,96	264,00	140 - 402	57,60	941,26	g/t surówki
AOX	µg/l	21,63	16,50	<10,0 – 66,0	13,18	58,83	g/t surówki
Zawiesiny	mg/l	27,11	5,90	0,6 – 145,0	42,68	21,04	g/t surówki
DOC	mg/l	4,70	4,00	3,10 – 8,70	1,46	14,26	g/t surówki
TOC	mg/l	5,51	5,00	3,10 – 11,3	2,06	17,83	g/t surówki
ChZT	mg/l	22,17	22,50	14,00 – 27,00	4,22	80,22	g/t surówki
Węglowodory	mg/l	0,15	0,10	<0,10 – 0,25	0,05	0,36	g/t surówki
— Węglowodory: oleje mineralne — OS: odchylenie standardowe — Dane oparte są o średnią z 24 pomiarów (w przypadku ChZT - z 6 pomiarów). — Dane ze Stahlwerke, w Bremen, w Niemczech - losowo pobrane próbki w celu zbadania składu ścieków z granulacji żużla, od marca 2000 do listopada 2006. — Wartości napisane <i>kursywą</i> wskazują, iż pomiary poniżej poziomu wykrywalności szacowano jako poziom wykrywalności. <i>Źródło: [357, Niemcy 2007].</i>							

Wpływ z obiegu wody chłodzącej

W procesie dochodzi do wpływów z obiegu wody chłodzącej (zob. Rysunek 6.11). Nie istnieją informacje na temat reprezentatywnych objętości oraz składu chemicznego.

6.2.2.3 Pozostałości procesowe, takie jak odpady i produkty uboczne

Pył z spustu

W hali lejniczej można pozostać od 0,6 do 5,1 kg pyłu na tonę surówki (zob. tabela 6.2). Często oddziela się pył w filtrach workowych, tak by można było go łatwo przywrócić do układu, np. na taśmę spiekalniczą lub z powrotem do wielkiego pieca po brykietowaniu na zimno (zob. część 2.5.4.4.4) lub w stosownych przypadkach poprzez zastosowanie bezpośredniego wdmuchiwanie [344, Eurofer 2007].

Pył i szlam z oczyszczania gazu wielkopieczowego

Gaz wielkopieczowy zazwyczaj oczyszcza się w dwóch etapach: separacji większych cząstek pyłu za pomocą odpylaczy lub odpylaczy cyklonowych, a następnie poprzez separację cząstek drobnych na elektrofiltry mokrym lub w płuczce. Daje to 3,5 – 18 kg suchego pyłu na tonę surówki i 2 – 22 kg szlamu na tonę surówki (zob. tabelę 6.2).

Tabela 6.13 przedstawia typowy skład suchego pyłu gruboziarnistego. Zawiera on głównie węgiel z koksu i żelazo pochodzące ze ścierania spieków. Pył gruboziarnisty jest zwykle przywracany na taśmę spiekalniczą. Jest to o wiele trudniejsze w przypadku szlamu, ponieważ zawiera on do 10 do 20 razy więcej cynku i od 20 do 30 razy więcej ołowiu.

Tabela 6.13: Typowy skład w (% wag.) suchego pyłu gruboziarnistego z oczyszczania gazu wielkopieczowego

Parametr	Stężenie (% wag)		Parametr	Stężenie (% wag.)
C	25 - 40		S	0,2 - 1,3
Fe	15 - 40		SiO ₂	4 - 8
Pb	0,02 - 0,07		P ₂ O ₅	0,04 - 0,26
Zn	0,1 - 0,5		CaO	2 - 8
Mn	0,1 - 0,5		MgO	0,3 - 2
Al ₂ O ₃	0,2 - 3,7		Na ₂ O	0,03 - 0,64
Ti	0,02 - 0,2		K ₂ O	0,24 - 0,96

Źródło: [64, IISI 1985] [95, Mertins 1986].

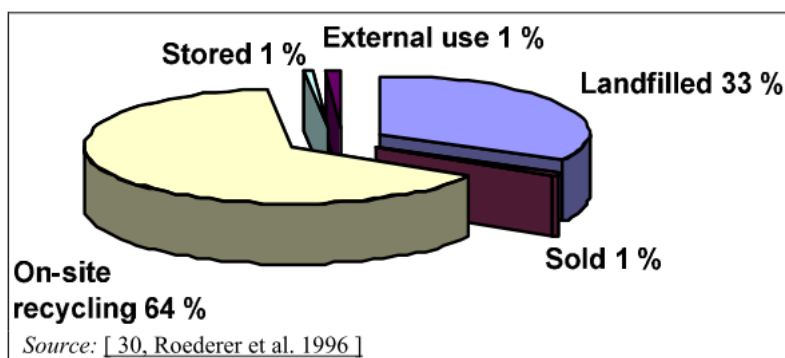
Związki cynku i ołowiu są w większości usuwane z gazu wielkopieczowego na etapie oczyszczania na mokro. Większość cząsteczek przynależnych do związków cynku i ołowiu lub wspomniane metale ciężkie mają rozmiar ziarna mniejszy niż 25 µm i koncentrują się w tej frakcji szlamu. Czyni je to podatnymi na separację od frakcji bogatych w żelazo i węgiel w hydrocyklonie [344, Eurofer 2007].

Tabela 6.14: Typowy skład w (% wag.) szlamu z oczyszczania gazu wielkopieczowego

Parametr	Stężenie (wt-%)		Parametr	Stężenie (wt-%)
C	15 - 47		S	2,4 - 2,5
Fe	7 - 35		SiO ₂	3 - 9
Pb	0,8 - 2,0		P ₂ O ₅	0,1 - 0,44
Zn	1 - 10		CaO	3,5 - 18
Mn	0,12 - 0,14		MgO	3,5 - 17
Al ₂ O ₃	0,8 - 4,6		Na ₂ O	0,15 - 0,24
			K ₂ O	0,08 - 0,36

Źródło: [64, IISI 1985] [95, Mertins 1986].

Rysunek 6.12 przedstawia przeznaczenie pyłu i szlamu z oczyszczania gazu wielkopieczowego bez ich rozróżniania



	EN	PL
Stored 1%		Materiały przechowywane 1%
External use 1%		Na użytek zewnętrzny 1%
Landfilled 33%		Materiały składowane 33%
Sold 1%		Materiały sprzedane 1%
On-site recycling 64%		Materiały recyklingowane na terenie zakładu 64%
Source: [30, Roederer et al. 1996]		Źródło: [30, Roederer et al. 1996]

Rysunek 6.12 przedstawia przeznaczenie pyłu i szlamu z oczyszczania gazu wielkopieczowego bez ich rozróżniania

Żużel z wielkiego pieca

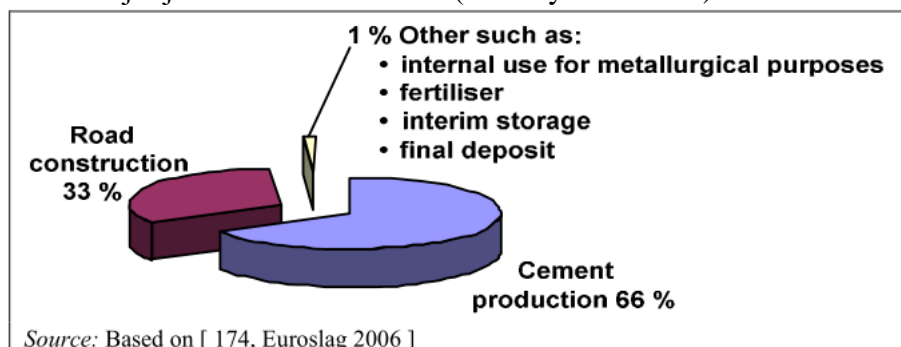
Jednostkowa objętość żużla zależy głównie od zastosowanych surowców, jednak generalnie mieści się w przedziale od 175 do 350 kg/t wyprodukowanej surówki. Skład żużli w poszczególnych wielkich piecach przedstawiono w tabeli 6.15 [344, Eurofer 2007].

Tabela 6.15: Chemiczny skład żużla wielkopieczowego w (wt-%) przy stopniu zasadowości poniżej i powyżej 1,0 oraz inne przykłady

Klasyfikacja CaO/SiO ₂	>1.0 średnie	<1.0 wysokie	BF1	BF2	BF3
Fe _{total}	0,2 - 0,6	0,4			
FeO			0,49	0,24	0,80
Mn _{total}	0,2 - 0,7	0,3			
MnO			0,48	0,66	1,00
TiO ₂	0,5 - 2,7	0,7		0,77	
Al ₂ O ₃	9,0 - 14,0	9,2	13,09	12,63	10,90
S _{total} , głównie CaS	0,8 - 2,0	1,6		1,12	1,15
SiO ₂	33,2 - 37,0	38,4	32,88	36,78	36,90
CaO	38,1 - 41,7	35,6	33,76	36,64	35,80
MgO	7,0 - 11,0	18,0	15,96	11,19	10,70
Na ₂ O	0,3 - 0,6	0,5		0,35	0,35
K ₂ O	0,6 - 0,8	0,8		0,54	0,40

CaO/SiO ₂	1,1 – 1,2	0,9			
(CaO+MgO)/SiO ₂	1,3 – 1,5	1,2			
TiO ₂			2,05		
Źródło: [47, Geiseler 1992][270, Reynard 2007][385, Malmberg et al. 2005][392, Schmidt et al. 2003][394, Colletta et al. 2002].					

Żużel znajduje różne zastosowanie (zob. Rysunek 6.13).



EN	PL
Road construction 33%	Budowa dróg 33%
1% Other such as:	1% Inne, takie jak:
Internal use for metallurgical purposes	Wewnętrzny użytek do celów metalurgicznych
Fertiliser	Nawóz
Interim storage	Tymczasowe przechowywanie
Final deposit	Ostateczne składowanie
Cement production 66%	Produkcja cementu 66%
Source: Based on [174, Euroslag 2006]	Źródło: W oparciu o [174, Euroslag 2006]

Rysunek 6.13: Ostateczne zastosowanie żużla wielkopieczowego w UE

6.2.2.4 Zapotrzebowanie na energię i reduktory

Głównym parametrem przy zużyciu energii jest zastosowanie środków redukujących (np. koks, węgiel, olej), które w znaczącym stopniu determinują również stopień emisji dwutlenku węgla z wielkiego pieca. Na wkład środków redukujących ma wpływ kilka parametrów pracy, takich jak temperatura dmuchu, ilość i jakość spieków i grudek, jakość koksu (zawartość popiołu, siarki, wartość CSR), wkład związków zasadowych, ilość żużla, ilmenitu, Pb/Zn i Si. Zatem, średnie zapotrzebowanie na środki redukujące w poszczególnych krajach Wspólnoty w 2002 roku to zakres od 453 do 514 kg/t surówki, przy przeciętnym zapotrzebowaniu na redukcję w UE-15 mieszczącym się w granicach 486 kg/t surówki.

W specjalnym procesie wielkopieczowym, w którym odpady zawierające żelazo są przetwarzane na taśmie spiekalniczej, aby wyprodukować surówkę w wielkim piecu, zużycie środków redukujących jest znacznie większe niż w przeciętnym wielkim piecu, z uwagi na wkład wspomnianych wcześniej czynników modyfikujących proces (zob. część 2.5.4.4.2).

Proces wielkopieczowy jest procesem najbardziej energochłonnym, a co za tym idzie również jednostką emitującą CO₂ (w postaci środków redukujących) spośród wszystkich procesów przy produkcji żelaza i stali (zob. Rysunek 2.1 i Rysunek 2.2). Tabela 6.16 przedstawia

przykładowe dane wejściowe i wyjściowe energii w wielkim piecu o podwyższonym ciśnieniu w gardzieli, w którym stosuje się wdmuchiwanie pyłu węglowego oraz odzysk gazu wielkopieczowego pod ciśnieniem w 1986 roku w celu generowania energii elektrycznej, bez uwzględniania ładunku energetycznego surówki.

Tabela 6.16: Przykładowe wejściowe i wyjściowe nakłady energii w wielkim piecu z podwyższonym ciśnieniem w gardzieli, z wdmuchiowaniem pyłu węglowego oraz odzyskiem gazu gardzielowego o podwyższonym ciśnieniu w 1986 r.

Nośnik energii		Jednostkowa wartość energii (GJ/t surówki)
Wejście:	Koks	12,4
	węgiel pył węglowy	1,63
	Gorący dmuch (z nagrzewnic)	4,52
	Energia elektryczna	0,12
	Razem (brutto)	18,67
Wyjście:	Energia elektryczna	0,35
	Gaz BF	5,15
Źródło: [65, InfoMil 1997].		

Wiele zakładów o odpowiednim ciśnieniu gazu gardzielowego (>1,5 bara) i o odpowiednim spadku ciśnienia są gotowe do zainstalowania turbin rozprężających dla odzyskiwania energii gazu gardzielowego o podwyższonym ciśnieniu. Usprawnienia procesu spowodowały znaczne obniżenie jednostkowego zużycia węgla w europejskich hutach stali.

Tendencja do bezpośredniego wdmuchiwania środków redukujących prawdopodobnie spowoduje dalsze zmniejszanie się jednostkowego zużycia koksu. Bezpośrednie wdmuchiwanie środków redukujących do wielkiego pieca zastępuje użycie koksu, oszczędzając tym samym energię w procesie produkcji koksu. Większość instalacji wielkich pieców wtryskuje środki redukujące do pieca na poziomie dysz dmuchowych. Zastępuje to część koksu. Pozwala to operatorowi zoptymalizować zużycie środków redukujących. Innymi zaletami są obniżona produkcja koksu i wynikająca z tego obniżona emisja z instalacji koksowniczych na tonę wyprodukowanej stali. Wiele zakładów wdmuchuje sproszkowany lub granulowany węgiel lub olej. Obecnie niektórzy operatorzy wielkich pieców wdmuchują gaz koksowniczy lub gaz ziemny. Dwie z firm przez kilka lat wdmuchiwały do swoich pieców odpady tworzyw sztucznych, aby wykorzystać wysoką zawartość węglowodorów w procesie redukcji [145, UBA Comments 1997], a od 2001 roku w UE zainstalowano co najmniej jedną nową instalację. W stosownych przypadkach uwzględniono także inne materiały wdmuchiwane, zaliczane do olejów eko, olejów odzyskanych lub odpadów olejowych, tłuszczów, smoły, tłuszczów zwierzęcych i emulsji [344, Eurofer 2007].

6.2.2.5 *Emisje hałasu*

Emisje hałasu mogą pochodzić z dysz wielkiego pieca, szczególnie jeśli nie są one ustawione w szeregu [242, Caughlin 2007].

6.3 Techniki, które należy uwzględnić przy ustalaniu BAT

W niniejszym rozdziale omówiono techniki (lub ich kombinacje), oraz ich monitorowanie mające potencjał do osiągnięcia wysokiego poziomu ochrony środowiska w działaniach w zakresie niniejszego dokumentu.

Obejmuje on techniki zintegrowane z procesem oraz stosowane rozwiązania po jego zakończeniu (końca rury). Rozważane są również procedury unikania generowania odpadów

oraz zarządzanie nimi, w tym minimalizacja ilości odpadów i ich recykling. Co więcej omawiane są techniki ograniczające zużycie surowców, wody oraz energii.

Informacje zawarte w tym rozdziale będą odnosiły się do kryteriów ustalania najlepszych dostępnych technik (BAT) wymienionych w aneksie III do dyrektywy. Kiedy to tylko możliwe do prezentacji zgromadzonych informacji dotyczących każdej z technik stosowana jest standardowa struktura przedstawiona w tabeli 6.17 w celu umożliwienia porównania technik i ich oceny w odniesieniu do definicji BAT podanej w dyrektywie.

Niniejszy podrozdział niekoniecznie przedstawia pełną listę technik, które można zastosować w sektorze. Przy ustalaniu BAT dla poszczególnych instalacji funkcjonować mogą lub mogą zostać opracowane, a następnie uwzględnione, inne techniki.

Tabela 6.17: Podział informacji dla każdej z technik omawianej w niniejszym podrozdziale

Rodzaj rozważanej informacji	Rodzaj zawartej informacji
Opis	Krótki opis techniczny, w razie potrzeby z załączonymi rysunkami, diagramami i grafami.
Osiągnięte korzyści dla środowiska	Główne potencjalne korzyści dla środowiska możliwe do osiągnięcia dzięki zastosowaniu techniki (w tym oszczędność energii, wody, surowców, jak również zwiększenie produktywności, wydajności energetycznej itp.).
Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)	Potencjalne efekty uboczne dla środowiska i niekorzystne oddziaływanie na inne komponenty związane z zastosowaniem techniki, w tym szczegóły wpływu środowiskowego techniki w porównaniu z innymi (wady i zalety oparte danymi, jeśli są dostępne) w celu dokonania oceny wpływu techniki na środowisko jako całość. Może to obejmować takie kwestie jak: <ul style="list-style-type: none"> • zużycie surowców i wody, • zużycie energii i przyczynianie się do zmian klimatu, • możliwość kurczenia warstwy ozonu w stratosferze, • możliwość tworzenia ozonu fotochemicznego, • zakwaszanie w związku z emisjami do atmosfery, • pyłki w powietrzu (w tym mikrocząsteczki i metale), • eutrofizacja gleb i wód w związku z emisjami do atmosfery lub wody, • możliwość zmniejszania ilości tlenu w wodzie, • trwałe/toksyczne/bioakumulujące związki w wodzie lub glebie (w tym metale), • tworzenie lub zmniejszanie ilości pozostałości z procesu (odpadów), • możliwość ponownego wykorzystania lub recyklingu pozostałości z procesu (odpadów), • hałas i/lub przykre zapachy, • ryzyko wypadków.
Dane operacyjne	Faktyczne dane dotyczące wydajności (w tym warunki odniesienia, okresy i metody monitorowania) oraz poziomów emisji, poziomów zużycia (surowców, wody, energii) oraz ilości wytworzonych odpadów. Wszelkie inne

	użyteczne informacje dotyczące działania, konserwacji i sterowania daną techniką.
Możliwość zastosowania	Wskazanie na rodzaj zakładów lub procesów, w których dana technika może lub nie może zostać zastosowana, jak również na ograniczenia jej zastosowania w określonych przypadkach, z uwzględnieniem np. wieku zakładu (nowy lub istniejący), czynników związanych z modernizacją (np. dostępność miejsca), rozmiar zakładu (duży lub mały), już zainstalowanych technik oraz rodzaju lub jakości produktu.
Aspekty ekonomiczne	Informacje dotyczące kosztów (inwestycyjnych i operacyjnych) oraz wszelkich możliwych oszczędności (np. ograniczone zużycie surowców lub energii, opłaty za odpady) lub przychodów, w tym szczegółowe informacje dotyczące sposobu ich obliczenia/oszacowania. Podane zostaną informacje gospodarcze związane z nową budową i modernizacją dostosowującą technikę do istniejących instalacji. Powinno to pozwolić na określenie, tam gdzie to możliwe, całkowitego wpływu ekonomicznego techniki.
Motywacja do wdrożenia techniki	Konkretne warunki lokalne, wymagania (np. legislacyjne, środki bezpieczeństwa) lub bodźce nieśrodowiskowe (np. zwiększona produktywność, lepsza jakość produktu), które doprowadzały dotychczas do wdrożenia techniki.
Przykładowe zakłady	Odniesienie do zakładu/zakładów, w których wdrożona została dana technika i z których dane zostały zebrane i wykorzystane do opracowania podrozdziału. Wskazanie stopnia rozpowszechnienia danej techniki w Europie i na świecie.
Bibliografia	Literatura przedmiotu lub inne materiały referencyjne (np. książki, raporty, opracowania, strony internetowe) wykorzystane do opracowania podrozdziału i zawierające bardziej szczegółowe informacje dotyczące techniki.

6.3.1 Odpylanie hali lejniczej (otwory spustowe, rynny spustowe, przewaly, punkty załadunku do kadzi mieszalnikowych)

Opis

Surówka i żużel są spuszczone z wielkiego pieca rynnami spustowymi do kadzi, a następnie do jednostki obróbki żużla. Podczas spuszczenia/odlewania rynnami spustowymi metal w stanie ciekłym wchodzi w kontakt z tlenem atmosferycznym (O₂). Pod wpływem wysokiej temperatury (1300 - 1500 °C) żelazo wchodzi w reakcję z tlenem, tworząc tlenki żelaza (np. Fe₂O₃), zwane „brązowym dymem”. Żużel nie reaguje z tlenem atmosferycznym, ponieważ większość jego składników jest już utleniona. Jednak tlenki alkaliczne (np. Na₂O i K₂O) mogą wyparowywać z żużlu tworząc emisje cząstek stałych.

Pierwsze pomiary gazów spalinowych z odpylania hali lejniczej wskazują na emisje pyłów w przypadkach, gdy nie jest stosowane ograniczanie emisji, w granicach 100 – 400 mg/Nm³ (pomiary pojedyncze).

Z reguły stosować można dwa rodzaje środków, aby zredukować emisje pyłów z spustu:

- zasłanianie rynien spustowych przesuwanymi pokrywami
- rozpraszanie tlenu ze spuszczonej surówki poprzez pokrywanie jej azotem (N₂). W ten sposób zapobiega się formowaniu tlenków żelaza (zob. część 6.3.2).

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Podczas spustu, generowanych jest około 400 - 1500 g pyłu na tonę surówki przy braku technik ograniczania emisji. Odprowadzanie powietrza z nad rynien spustowych prowadzi do zwiększonego pylenia, z powodu zwiększonej dostępności tlenu.

W przypadkach, gdy rynny spustowe zakrywają wieka, a pył jest odprowadzany i oczyszczany, najważniejszym parametrem jest skuteczność odprowadzania pyłu. Szczególną uwagę należy poświęcić zakrywaniu rynien. Wieka powinny być ściśle ze sobą połączone, formując nieprzepuszczalny układ. Skuteczne odprowadzanie generowanego pyłu u otworu spustowego jest trudne, ze względu na przestrzeń potrzebną do użycia przebijarki otworu spustowego i zatykarki otworu spustowego oraz z uwagi na obecność przewodu okrężnego dmuchu, który służy za dysze i obiega wielki piec na wysokości spadków. Zwykle potrzeba bardzo dużego przepływu, aby efektywnie odprowadzić pył generowany w pobliżu otworu spustowego.

Głównymi punktami odprowadzania pyłu z hali lejniczej są:

- otwór spustowy
- przewał
- nachylone rynny (ładujące każdą mieszalnikową).

Jednostkowy przepływ odprowadzanego gazu (gazu odlotowego) to 1200 - 3300 Nm³/t surówki. Przy skutecznym systemie odpylania oraz systemie ograniczania emisji (np. filtry workowe), można uzyskać jednostkowe wskaźniki emisji mniejsze niż 10 g/t surówki [65, InfoMil 1997]. Skuteczność wychwytywania pyłu może przekraczać 99%, a skuteczność usuwania pyłu przez filtry workowe również może przekroczyć 99% [65, InfoMil 1997].

W wielkim piecu A, w Voestalpine, w Austrii (produkcja około 3,5 miliona ton surówki rocznie), stosuje się odpylanie hali lejniczej za pomocą systemu filtrów workowych, który oczyszcza 700 000 m³/h. Emisje pyłów podlegają stałym pomiarom. Po wtórnym wyłożeniu wielkiego pieca i dostosowaniu emisji z odpylania hali lejniczej, które wdrożono w 2004, średnia roczna emisji osiągała 11,0 mg/Nm³ (2004) i 2,2 mg/Nm³ (2005). Ostatnie średnie dobowe emisje mieściły się w granicach 3 - 10 mg/Nm³.

W Voestalpine zainstalowano system odpylania hali lejniczej za pomocą filtrów workowych, dzięki czemu pod koniec 2005 roku oczyszczono 355 000 m³/h z pieców 5 i 6. Emisje pyłów podlegają stałym pomiarom. Ostatnie pomiary emisji, oparte na średnich dziennych wartościach, wynoszą około 1 mg/Nm³ (zob. część 2.5.5).

Dzięki zastosowaniu filtrów workowych, instalacje niemieckie osiągają emisje pyłów w granicach 0,3 – 1 mg/Nm³ (średnia roczna) i 0,38 – 0,49 mg/Nm³ (średnia dobowa).

Tabela 6.18: Stężenia emisji z hali lejniczej wielkiego pieca oraz z odpylania wsadu

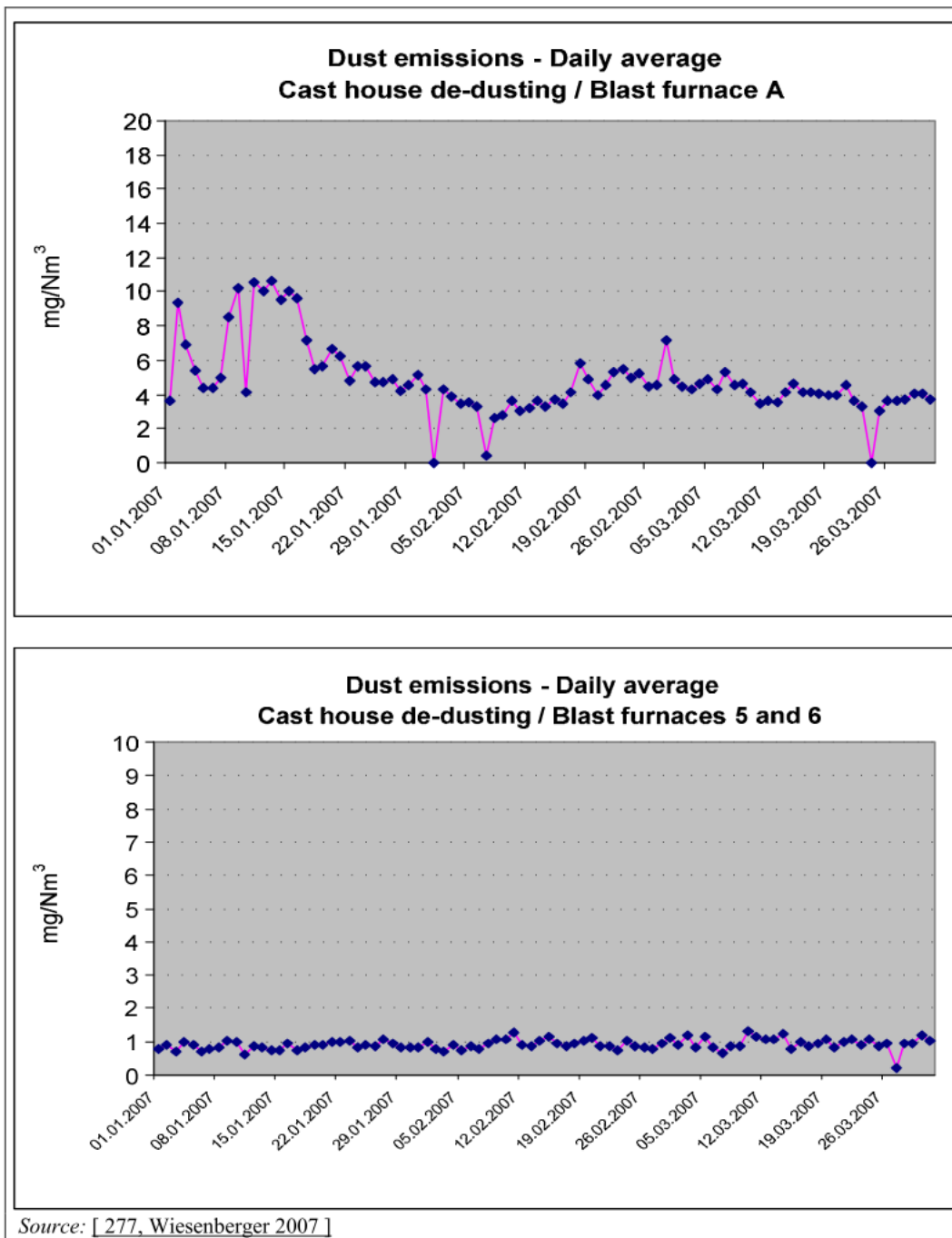
Parametr	ESP	Filtr workowy
Pył	10,4	0,3 – 1 0,38 – 0,49 ⁽¹⁾
Hg		<0,0001
Hg, Tl		<0,0005
Cd, Tl	0,00004	<0,0018
As, Co, Ni, Se, Te	0,003	
As, Co, Ni		<0,003
Pb, Co, Ni, Se, Te		<0,5
Pb, Cr, Cu, Mn, V	0,014	
Pb, Cr, Mn		0,00434
Sb, Cr, CN, F, Cu, Mn, V, Sn		<1

(¹) Średnia dobowa (daily average)

Uwaga: - Dane z procesu oczyszczania gazów
pochodzących z odlewania i odpylania wsadu.
- Średnie roczne w mg/Nm³.

Źródło: [244, Plickert 2007].

Rysunek 6.14 przedstawia średnie dzienne emisje odnotowane w przeciągu trzech miesięcy wśród emisji z hali lejniczej przy trzech wielkich piecach.



EN	PL
Dust emissions – Daily average	Emisje pyłów – Średnia dobowa
Cast house dedusting /	Odpylanie hali lejniczej /

Blast furnace A	Wielki piec A
Dust emissions – Daily average	Emisje pyłów – Średnia dobową
Cast house dedusting / Blast furnaces 5 and 6	Odpylanie hali lejniczej / Wielkie piece 5 i 6
Source: [277, Wiesenbergger 2007]	Źródło: [277, Wiesenbergger 2007]

Rysunek 6.14: Średnia dobową wartość emisji z układów odpylających hali lejniczej, mierzonych przy otworach spustowych i rynnach spustowych wielkich pieców w Voestalpine, w Linz, w Austrii

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Zastosowanie wychwytywania i oczyszczania gazów pochłania dodatkowe nakłady energii, gdyż wymaga zastosowania wentylatorów o dużej mocy. Zgodnie z [65, InfoMil 1997], zużycie energii można oszacować na około 0,007 GJ/t surówki, w oparciu o roczną produkcję 3 milionów ton surówki przez wielki piec BF-7, w przeciągu 8640 godzin pracy.

Wychwycony pył ma wysoką zawartość żelaza i może zostać przywrócony do spiekalni lub do wielkiego pieca po brykietowaniu na zimno (zob. część 2.5.4.4.4), a w stosownych przypadkach może także być użyty do bezpośredniego wdmuchiwanie na poziomie dysz [344, Eurofer 2007].

Dane operacyjne

Opisana technika jest stosowana, w praktyce, bez znaczących problemów.

Możliwość zastosowania

Zakrywanie rynien spustowych i późniejsze odpylanie oraz czyszczenie mogą być stosowane w nowych i istniejących instalacjach.

Aspekty ekonomiczne

W holenderskim zakładzie Corus, w IJmuiden, inwestycja w system filtrów workowych, oczyszczający 690 000 Nm³/h to wydatek w granicach 1 – 2,3 miliona euro. Tyczy się to jedynie urządzeń składających się na filtr workowy. Wieka rynien spustowych oraz układ odpylania nie zostały uwzględnione w tym zestawieniu.

Koszty operacyjne oblicza się na 0,5 – 2,8 euro na tonę surówki, w oparciu o roczną produkcję trzech milionów ton surówki w BF-7 i w przeciągu 8640 godzin pracy [65, InfoMil 1997].

Koszty instalacji systemu odpylania hali lejniczej przy wielkim piecu A w Voestalpine, w Linz, w Austrii, o nominalnej wydajności szacowanej na trzy miliony ton rocznie, wyniósł w przybliżeniu 14,5 miliona euro. Koszty operacyjne (bez energii) to około 0,42 miliona euro rocznie.

W 1996 roku waluty przeliczono na ECU dla wszystkich przykładów, a na potrzeby przeglądu na EUR.

Koszty instalacji systemu odpylania hali lejniczej przy wielkim piecu w Corpus, w Scunthorpe, w Wielkiej Brytanii, o nominalnej wydajności szacowanej na milion ton rocznie, w 1997 roku wyniósł w przybliżeniu 4,0 miliona euro.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Usuwanie i oczyszczanie gazów:

Wielkie piece 7, Corus, Ijmuiden, Holandia; wielkie piece 5, 6 i A, Voestalpine, Linz, Austria; wielki piec Thyssen Krupp Stahl AG, Duisburg-Schwegern, Niemcy; ArcelorMittal, Dąbrowa Górnicza, Polska; SSAB, Szwecja i Rivagroup, Taranto, Włochy.

Bibliografia

[65, InfoMil 1997][353, Eurofer 2007][241, Polska 2007][244, Plickert 2007][277, Wiesenberger 2007]

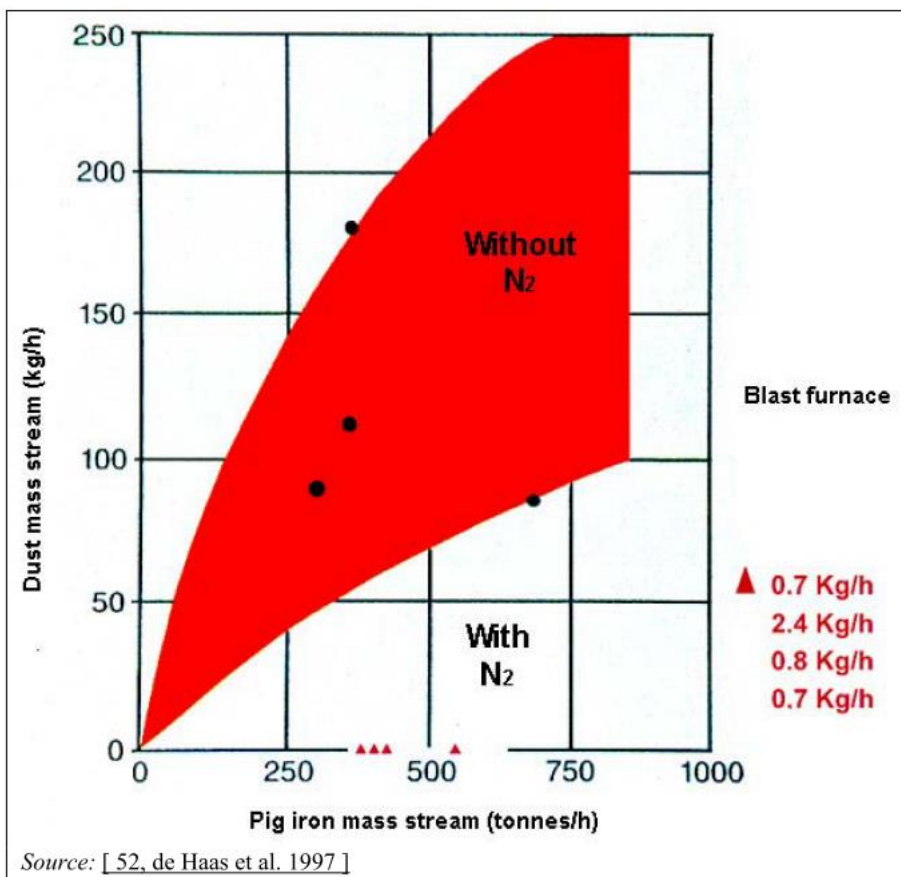
6.3.2 Redukcja dymów podczas ładowania surówki

Opis

Część 6.3.1 opisuje zwyczajowe układy odpylania emisji z hali lejniczej. Systemy te są dość złożone i kosztowne. Nowe metody zapobiegają reakcjom ciekłego żelaza z tlenem atmosferycznym i powstawaniu „brązowego dymu” (redukcja dymów). Aby zapobiec reakcjom, cała trasa transportu surówki, od otworu spustowego poprzez różne punkty dystrybucji i transportu, aż po kadzie mieszalnikowe jest zamknięta układem specjalnie zaprojektowanych przesłon. Przestrzeń między stopionym metalem, a wiekiem jest możliwie minimalna, a w razie potrzeby zalewa się ją azotem (gaz obojętny). W zintegrowanych hutach, możliwe jest wykorzystanie w tym celu azotu uzyskanego w procesie oddzielania powietrza dla produkcji tlenu.

Nowa metoda eliminuje potrzebę instalowania i obsługiwania złożonych i kosztownych układów spalinowych i filtrujących, które wcześniej były konieczne, a co za tym idzie umożliwi poczynienie znacznych oszczędności. Redukowany jest również koszt recyklingu pyłu przefiltrowanego. Metoda ta działa szczególnie dobrze, gdy ilości zatrzymywane zarówno przy otworze spustowym, jak i w punktach załadunku kadzi mieszalnikowych są stosunkowo zwarte. W tych warunkach, zamknięte obudowy, umożliwiające zastosowanie tej techniki mogą mieć ograniczoną objętość. Jednakże, koniecznym okazało się być zastosowanie układu oczyszczania spalin przy otworze spustowym oraz w przypadku, gdy punkt załadunku kadzi mieszalnikowych mieści duże objętości, np. przy zastosowaniu rynien spustowych (w przeciwieństwie do przesuwnych rynien spustowych), jeśli system redukcji azotem nie wystarczy, koniecznym jest przestawienie się na klasyczny system odciągania spalin. Możliwe jest zastosowanie wspólnego filtra w układach odciągania spalin, dla otworów spustowych i kadzi mieszalnikowych.

Rysunek 6.15 przedstawia generowanie pyłu charakterystyczne przy aplikacji azotu podczas ładowania surówki (na poziomie kadzi) oraz bez użycia azotu, zależnie od przepływu surówki. Wartości są około stu razy niższe przy aplikacji azotu.



Source: [52, de Haas et al. 1997]

	PL
Dust mass stream (kg/h)	Strumień masy pyłu (kg/h)
Without N ₂	Bez użycia N ₂
With N ₂	Z użyciem N ₂
Blast furnace	Wielki piec
Pig iron mass stream (tonnes/h)	Strumień masy surówki (tony/h)
Source: [52, de Haas et al. 1997]	Źródło: [52, de Haas et al. 1997]

Rysunek 6.15 przedstawia generowanie pyłu charakterystyczne przy aplikacji azotu podczas ładowania surówki (na poziomie kadzi) oraz bez użycia azotu, zależnie od przepływu surówki

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Podczas spustu konwencjonalnego generowane jest 0,4 – 1,5 kg pyłu na tonę surówki (zob. tabelę 6.10). Ta objętość jest redukowana przez ograniczanie pylenia do około 0,012 kg pyłu na tonę surówki [52, de Haas et al. 1997]. Rysunek 6.16 przedstawia ładowanie surówki do kadzi mieszalnikowej przy zastosowaniu ograniczania pyłu gazem obojętnym.



Source: [52, de Haas et al. 1997]

	PL
Source: [52, de Haas et al. 1997]	Źródło: [52, de Haas et al. 1997]

Rysunek 6.16 przedstawia ładowanie surowki do kadzi mieszalnikowej przy zastosowaniu ograniczania pyłu gazem obojętnym.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Nie ma znaczących efektów wzajemnych oddziaływań między różnymi komponentami środowiska w porównaniu do konwencjonalnego systemu odpylania. Przy zastosowaniu tak dużych ilości azotu, należy upewnić się, że nie zbiera się on w hali lejniczej, aby uniknąć ryzyka uduszenia.

Dane operacyjne

Przypadki zastosowania redukcji dymów w ArcelorMittal, Bremen, w Niemczech, wykazują stabilne warunki działania systemu bez znaczących problemów. Jednakże w związku ze zmianami poczynionymi przy otworze spustowym oraz punkcie ładowania kadzi mieszalnikowej, w przypadku wymienianej wykładziny wielkiego pieca, do układu redukcji dymów dodano konwencjonalny system odciągania spalin.

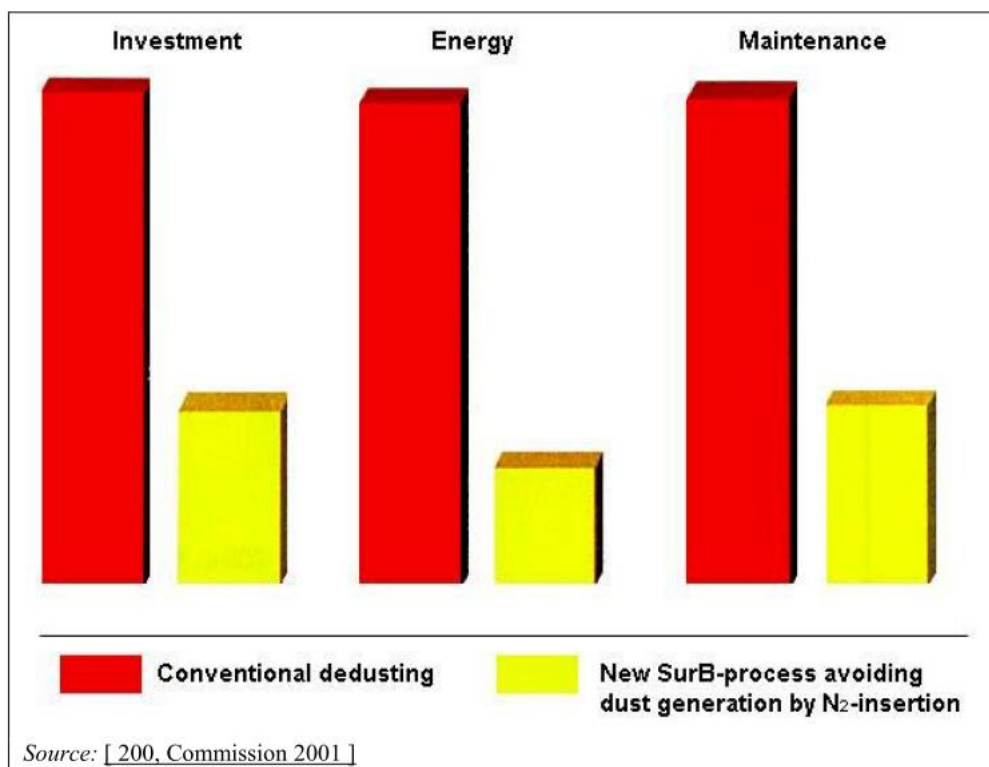
Możliwość zastosowania

Stosuje się do zarówno nowych, jak i istniejących zakładów, pomimo iż duże objętości elementów redukowanych ograniczają skuteczność układu.

Aspekty ekonomiczne

Zestawienie kosztów przedstawiono na rysunku 6.17. Nowa technika redukcji dymów jest znacznie tańsza. Instalacja w ArcelorMittal, w Bremen, w Niemczech, produkująca trzy miliony ton surowki rocznie, wymagała inwestycji w wysokości 6,8 miliona euro, obejmującej redukcję pyłów i odpylanie otworów spustowych za pomocą filtrów workowych.

W 1996 roku waluty przeliczono na ECU dla wszystkich przykładów, a na potrzeby przeglądu na EUR.



EN	PL
Investment	Wkład kapitału
Energy	Energia
Maintenance	Konserwacja
Conventional dedusting	Odpylanie konwencjonalne
New SurB-process avoiding dust generation by N ₂ -insertion	Nowy proces SurB pozwalający uniknąć generowania pyłu poprzez dodanie N ₂
Source: [200, Commission, 2001]	Źródło: [200, Komisja, 2001]

Rysunek 6.17: Porównanie inwestycji, kosztów nakładów energetycznych i konserwacji w przypadku układów redukcji dymów w ArcelorMittal, w Bremen, w Niemczech

Koszty energii to około 190 000 euro rocznie, a koszty utrzymania to około 170 000 euro rocznie. Są one znacznie niższe od kosztów konwencjonalnych systemów. Jednak, koszty zastosowania azotu są zróżnicowane, w zależności od lokalnych warunków.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

W niemieckim zakładzie ArcelorMittal, w Bremen, stosuje się tę technikę redukcji dymów od 1991 roku.

Bibliografia

[50, Grutzmacher et al. 1991][52, de Haas et al. 1997][353, Eurofer 2007]

6.3.3 Zastosowanie bezsmołowych wykładzin koryt spustowych

Opis

System koryt spustowych w hali lejnicy wielkiego pieca zbudowany jest z zewnętrznej warstwy ogniotrwałej (np. betonu). Koryta wyłożone są materiałem ognioodpornym, na bazie tlenku glinowym osadzonym w matrycy węglowej. Można użyć paku węglowego jako spoiwa.

Wykładziny chronią warstwę zewnętrzną przed wysoką temperaturą płynnego żelaza, a zwłaszcza przed żużlem w stanie ciekłym. Wykładziny zużywają się i wymieniane jest co kilka tygodni. Jakość osnowy węglowej jest ważnym czynnikiem wpływającym na trwałość wykładzin koryt. Słaba osnowa nie utrzymuje tlenku glinowego co powoduje szybsze zużywanie się wykładzin.

Wymaganą trwałość mieszanki można osiągnąć jedynie po kilkugodzinnym nagrzewaniu palnikami. Rozkład smoły podczas podgrzewania zwiększa emisje węglowodorów hydrocarbons (oraz WWZ). Niewielka część tych emisji występuje podczas odlewania żużlu i surówki.

Opracowany został nowy rodzaj wykładzin koryt spustowych, który nie zawiera smoły i jest z powodzeniem stosowany. Nowe wykładziny koryt spustowych znacznie zmniejszyły emisje lotnych związków organicznych (LZO) oraz wielopierścieniowych związków aromatycznych (WWA). Nowy materiał ma tę samą odporność na oddziaływanie żużelu, a wytrzymałość może być jeszcze większa niż w przypadku tradycyjnego wykładzin koryt spustowych.

Korzyści dla środowiska

Tabela 6.19 przedstawia wartości redukcji emisji wynikające z zastosowania bezsmołowego wykładzin koryt spustowych. Podane liczby zostały oszacowane na podstawie modelu teoretycznego.

Tabela 6.19: Emisje z bezsmołowego wyściełania ślizgów

Komponent	Tradycyjne wyściełanie koryt spustowych (g/t surówki)	Bezsmołowe wykładziny (g/t surówki)	Redukcja emisji
Lotne związki organiczne(LZO)	100	1	99 %
Wielopierścieniowe związki aromatyczne (WWA)	3,5	0,03	99 %

Źródło: [65, InfoMil 1997] [351, Eurofer 2007].

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Zastosowanie tego środka daje pozytywne efekty w zakresie zdrowia pracowników jako że są oni mniej narażeni na działanie szkodliwych składników. Nieznane są inne wzajemne powiązania pomiędzy różnymi komponentami środowiska.

Dane operacyjne

W Corus Ijmuiden (Holandia) bezsmołowe wykładziny koryt spustowych stosowane jest obecnie bez problemów i doprowadziło to także do zwiększenia wytrzymałości wykładzin.

Możliwość zastosowania

Zasadniczo, bezsmołowe wykładziny koryt spustowych mogą być zastosowane zarówno w nowych jak i już istniejących wielkich piecach.

Ekonomika

Brak danych.

Przesłanki do wdrożenia

Brak danych.

Przykładowe zakłady

Wielu operatorów wielkich pieców w UE stosuje bezsmołowe wykładziny koryt spustowych.

Literatura przedmiotu

[65, InfoMil 1997]

6.3.4 Oczyszczanie gazu wielkopieczowego

Opis

Gaz z wielkiego pieca musi zostać oczyszczony aby spełnić surowe wymogi dotyczące gazów. Gaz, który opuszcza wielki piec, gaz BF, (lub ‘gaz gardzielowy’) zawiera pył, cyjanki (HCN), amoniak (NH₃) oraz związki siarki (zobacz Tabela 6.7 oraz Tabela 6.8).

Gaz z wielkiego pieca zwyczajowo czyszczony jest w trzech etapach: wstępne zgrubne oczyszczenie; chłodzenie, które jest częścią procesu czyszczenia oraz czyszczenie końcowe.

Podczas czyszczenia wstępnego usuwane są cząstki gruboziarniste, co ułatwia następujące później oczyszczanie drobnoziarniste, a także pozwala na ponowne dodanie pyłu zawierającego żelazo z powrotem do wsadu lub użycie go w procesie recyklingu w spiekalni (zobacz Tabela 6.13).

Podczas czyszczenia wstępnego stosuje się suche odchylacze cyklonowe deflektory lub odpyliniki. Prędkość gazu zmniejsza się wraz z jego opadaniem w dół rurociągu, a cząsteczki pyłu zawarte w gazie osadzają się na niższej części odpylinika, w wyniku działania grawitacji. Gaz opuszcza odpylnik i przemieszcza się rurą do urządzeń wykonującego oczyszczanie drobnoziarniste.

Na drugim etapie, z pyłu – zawierającego tlenek cynku zinc oxide (ZnO) i węgiel (C), - usuwane są cyjanki i amoniak przez zastosowanie płukania na mokro. Płuczki to specjalnie zaprojektowane płuczki typu rusztowego, ze zwężką Venturiego lub pierścieniowe. W niektórych przypadkach stosuje się mokre wytrącanie elektrostatyczne.

W nowoczesnych zakładach przykładą się znaczną wagę do spadku ciśnienia w systemie oczyszczania gazu, ponieważ wysoki spadek ciśnienia ma negatywne skutki na wydajność energetyczną turbiny odzyskiwania ciśnienia gazu gardzielowego (zobacz Sekcja 6.3.13). Zatem celem jest zbudowanie systemu oczyszczania gazu o niskim spadku ciśnienia i wysokiej wydajności oczyszczania gazu.

Korzyści dla środowiska

Systemy oczyszczania gazu wielkopieczowego są zazwyczaj bardzo wydajne i pozwalają uzyskać stężenie pyłu resztkowego na poziomie 1-10 mg/Nm³. Pył, który nie zostanie wyłapany przez system oczyszczania gazu podlega emisji lub jest spalany na miejscu spalania gazu wielkopieczowego.

Spadek ciśnienia w systemie oczyszczania gazu zależy od rodzaju zastosowanego sprzętu. Spadki ciśnienia odnotowane w dwóch nowoczesnych systemach miały wartość między 0,07 a 0,14 bara. Spadki ciśnienia w starszych systemach mieściły się w zakresie od 0.15 - 0.5 bar.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Należy zauważyć, że płuczki generują przepływ zanieczyszczonych ścieków. Całkowite zużycie wody systemu wielkiego pieca wynosi 0,1 – 3,5 m³/t surowki. Surowce o wyższej zawartości soli wymagają większych strumieni koniecznych dla oczyszczenia gazu wielkopieczowego. Wytworzony przepływ wody zawiera zawieszane substancje stałe, na przykład węgiel oraz metale ciężkie (Zn, Pb), związku cyjanku oraz amoniak. Zazwyczaj ścieki oczyszczane są za pomocą wytrącania metali ciężkich, co generuje odpady stałe (osady).

Szlam z wielkiego pieca zawiera relatywnie wysokie stężenie cynku (Zn) i ołowiu (Pb) (zobacz Tabela 6.14). Przeszkadza to w zwracaniu szlamu do procesu produkcyjnego, cynk jest „trucizną” dla wielkiego pieca. Zatem niektóre zakłady stosują hydrocyklonowanie do rozdzielania strumienia szlamów na dwa strumienie – jeden o niskiej zawartości cynku,

który można ponownie skierować do spiekalni, i drugiego o wysokiej zawartości cynku, który można składować lub którego można pozbyć się (zobacz Sekcja 6.3.7).

Dane operacyjne

Brak danych.

Możliwość zastosowania

Wielkie piece na świecie stosują systemy oczyszczania gazu wielkopieczowego. W nowych zakładach można zastosować systemy o niskim spadku ciśnienia oraz niskim zużyciu wody i energii. Wiele starych wielkich pieców wyposażonych jest w „staromodne” płuczki. Płuczki te są w stanie osiągnąć wymagania sieci gazowej, jednak zużywają znacznie większe ilości wody i energii, a także mają relatywnie duży spadek ciśnienia. Czasem możliwe jest zastąpienie płuczki nowoczesnej, ale powinno się wziąć pod uwagę w połączeniu z zastosowaniem górnej turbiny ciśnienia gazu (zobacz Sekcja 6.3.13), co zależy jest od ciśnienia operacyjnego pieca, a także innych czynników.

Ekonomika

Brak danych.

Cel wdrożenia

Brak danych.

Przykładowe zakłady

Przetwarzanie gazu wielkopieczowego stosowane jest szeroko w wielkich piecach na świecie.

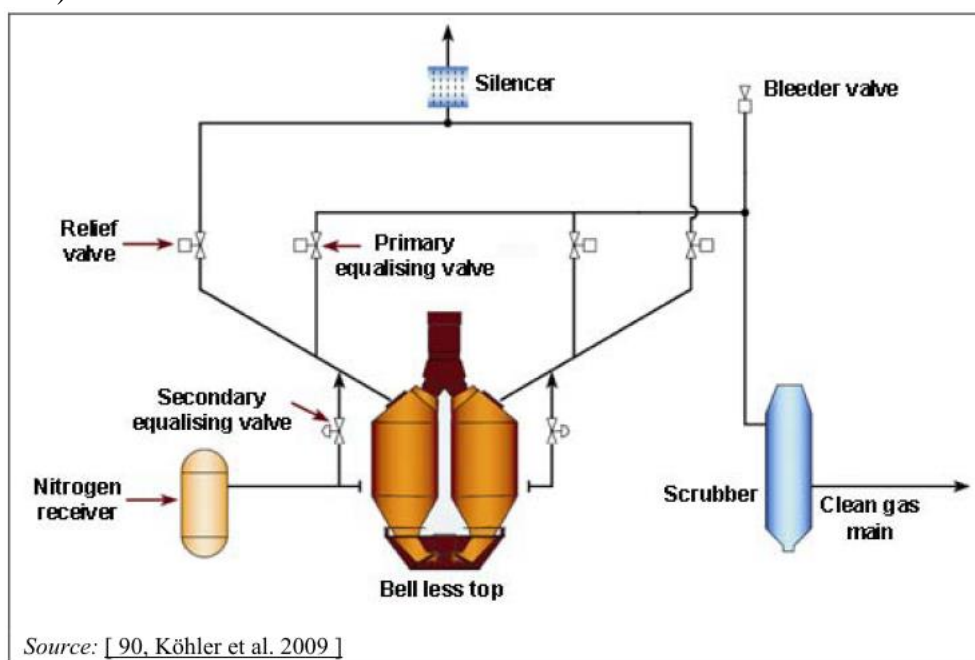
Literatura przedmiotu

[65, InfoMil 1997] [105, Pazdej et al. 1995] [241, Polska 2007] [244, Plickert 2007] [352, Eurofer 2007]

6.3.5 Systemy odzyskiwania gazu spustu górnego leja samowyladowczego

Opis

Wsad wielkiego pieca (koks i materiały żelazne) umieszczany jest w piecu od góry (zobacz Sekcja 6.1.2) przez zamknięty system ładowania, który izoluje gazy pieca od atmosfery. Koniecznym jest stosowanie takiego systemu, ponieważ ciśnienie wewnątrz wielkiego pieca jest większe niż ciśnienie atmosferyczne (0,25 – 2,5 barometr). System ładowania może mieć układ podwójnego stożka lub, częściej spotykany w nowoczesnych zakładach wielkich pieców, system bezstożkowy (taki jak przedstawiony przez Paula Wurtha, zobacz Rysunek 6.18).



Silencer	Tłumik
Bleeder valve	Zawór upustowy
Relief valve	Zawór nadmiarowy
Primary equalising valve	Zawór wstępnego wyrównywania
Secondary equalising valve	Zawór wtórnego wyrównywania
Nitrogen receiver	Odbiornik związków azotu
Bell less top	Góra bez stożka (<i>zamknięcia wielkiego pieca</i>)
Scrubber	Płuczka
Clean gas main	Magistrala gazu oczyszczonego
Source	Źródło

Rysunek 6.18: Diagram góry bez stożka z zaworem wstępnego i drugorzędowego wyrównywania, bez systemu odzyskiwania gazu

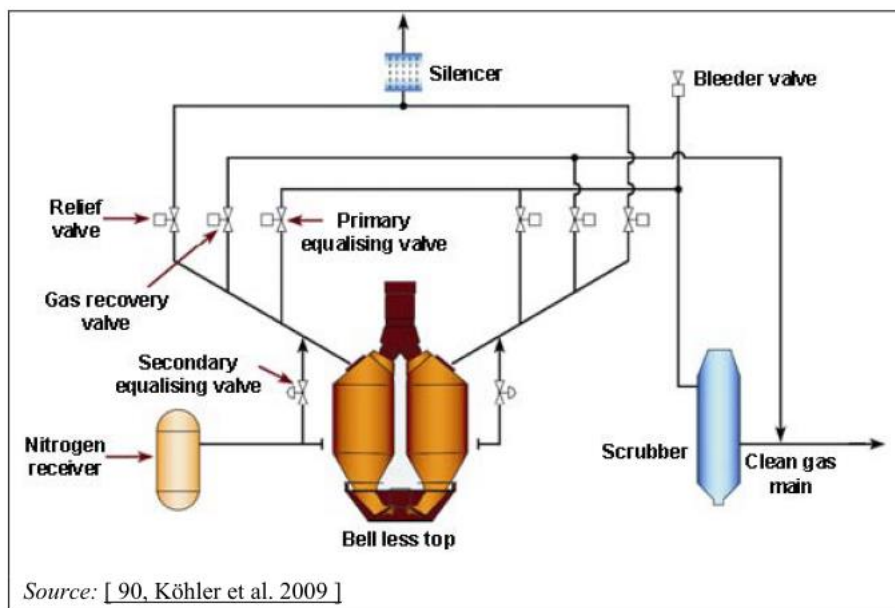
Napełnianie górnego urządzenia zasypowego wykonywane jest przy ciśnieniu atmosferycznym. Do ładowania wielkiego pieca ciśnienie gazu w górnym zasypie powinno być takie samo jak ciśnienie gazu wewnątrz wielkiego pieca. Istnieją różnorodne środki osiągnięcia takiego stanu ciśnienia; najpopularniejszym jest zastosowanie częściowo oczyszczonego gazu wielkopiecowego pobranego z systemu gazu wielkiego pieca po usunięciu z niego pyłu gruboziarnistej i poprowadzenie go do bunkra przez zawór wstępnego wyrównywania. Niewielkie utraty ciśnienia wyrównywane są za pomocą zaworu wtórnego wyrównywania ze związkami azotu.

W niektórych instalacjach leje górne są opróżniane, a ciśnienie wytwarzane jest w nich wyłącznie za pomocą azotu.

Gdy lej uwolnił swa zawartość do wielkiego pieca, oddzielany jest od pieca, a ciśnienie zazwyczaj wyrównywane jest ciśnieniem atmosferycznym poprzez uwalnianie gazu w powietrze, przez zawór. W zależności od rozmiaru wielkiego pieca istnieje zatem potencjał uwolnienia 40 do 80 m³ nie oczyszczonego gazu wielkopiecowego na każdy załadunek.

Uwolnieniu gazu wielkopiecowego do atmosfery podczas wyrównywania ciśnienia górnego leja (górných lejów) można zapobiec dzięki systemowi odzyskiwania gazu, w którym gazy kierowane są ponownie poprzez zawór odzyskiwania gazu do sieci gazu czystego, po płuczce. Przykład takiego rozwiązania przedstawia rysunek 6.19.

Alternatywnym systemem dla wielkich pieców działających przy normalnym ciśnieniu jest wprowadzenie ciśnienia do górnych bunkrów pieca za pomocą gazu, na przykład strumienia azotu, który to system w czasie pisania niniejszego (2010) instalowany jest w wielkich piecach 5 i 6 Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria. Korzyści środowiskowe osiągnięte w ten sposób są niemal takie same jak w przypadku systemu odzyskiwania gazu uwalniania z górnego leja.



Silencer	Tłumik
Bleeder valve	Zawór upustowy
Relief valve	Zawór nadmiarowy
Primary equalising valve	Zawór wstępnego wyrównywania
Gasrecovery valve	Zawór odzyskiwania gazu
Secondary equalising valve	Zawór wtórnego wyrównywania
Nitrogen receiver	Odbiornik związków azotu
Bell less top	Góra bez stożka (<i>zamknięcia wielkiego pieca</i>)
Scrubber	Pluczka
Clean gas main	Sieć gazu oczyszczonego
Source	Źródło

Rysunek 6.19: Schemat góry bez stożka z zaworami wyrównywania i uwalniania oraz systemem odzyskiwania gazu

Korzyści dla środowiska

Zmniejszenie emisji gazu wielkopiecowego (CO i H₂) oraz pyłu podczas załadunku zależy od czynników takich jak objętość zasobnika górnego, liczba zrzutów dziennie i ciśnienie gazu wielkopiecowego. W tabeli 6.20 podano warunki w zakładzie Voestalpine Stahl GmbH, wielki piec A, Linz, Austria.

Tabela 6.20: Warunki w zakładzie Voestalpine Stahl GmbH, wielki piec A, Linz, Austria

Parametr	Jednostki	Wartość
Produkcja	t/dzień	7500
Równowartość surówki	t	t/ładunek
		49.34
Ładunki	liczba/dzień	152
Rozładunki	liczba/dzień	304
Objętość zasobnika górnego	m ³	55
Ciśnienie w górnej części pieca (bezwzględne)	kPa	336
Temperatura gazu wielkopiecowego	°K	373
Temperatura	°K	273

odniesienia		
Ciśnienie odniesienia	kPa	101
Dostępność pieca	dni rocznie	355
Emisja gazu wielkopiecowego	Nm ³ /zrzut	134
	Nm ³ /dzień	40 611
	Nm ³ /rok	14416757
Zaw. CO w gazie wielkopiecowym	%	23.53
Emisja CO	Nm ³ /rok	3392263

W okresach, gdy działanie wielkiego pieca będzie zawieszona np. z powodu konserwacji obiektu, nie będzie możliwe zapobieganie pewnej ilości rozproszonych emisji z górnej części wielkiego pieca. Jednak zastosowanie tego systemu w wielkim piecu A w Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria spowodowało zmniejszenie rozproszonych emisji gazu wielkopiecowego o 70 – 95 %.

Skutki przenoszenia zanieczyszczeń pomiędzy komponentami środowiska

Nieznane są wzajemne powiązania pomiędzy różnymi komponentami środowiska.

Dane operacyjne

W tabeli 6.21 przedstawiono wyniki zastosowania tego systemu w wielkim piecu A, Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria. Koszty działania tego systemu wynoszą około 0,01 EUR/t surówki, co obejmuje koszty konserwacji. Dla tego pieca zatem łączne koszty to około 26 600 EUR rocznie.

Tabela 6.21: Ograniczenie niezorganizowanych emisji za pomocą systemu odzyskiwania gazu dla uwolnień z górnego zasobnika w wielkim piecu A, Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria

Składniki	Zmniejszenie emisji łącznie	Zmniejszenie emisji szczegółowo
Pył wielkopiecowy łącznie	6,19 t/rok	1,73 g/t surówki
PM ₁₀ (50 %)	3,09 t/rok	0,86 g/t surówki
CO	3262 t/rok	911 g/t surówki
Pb	16,0 kg/rok	4,5 mg/t surówki
Cr	1,09 kg/rok	0,30 mg/t surówki
Hg	0,0105 kg/rok	0,0029 mg/t surówki
Ni	0,22 kg/rok	0,06 mg/t surówki
Cd	0,314 kg/rok	0,088 mg/t surówki
V	1,36 kg/rok	0,38 mg/t surówki
Zn	1,34 kg/rok	0,40 mg/t surówki
HF	1,39 kg/rok	0,39 mg/t surówki
HCl	0,026 t/rok	0,007 g/t surówki

Możliwość zastosowania

Metodę można stosować zarówno w nowych, jak i w istniejących zakładach pod warunkiem, że piec jest wyposażony w bezstożkowe urządzenie zasypowe. Metoda nie nadaje się do zastosowania w instalacjach, w których do zwiększania ciśnienia w zbiornikach zasypowych pieca wykorzystywane są gazy inne niż gaz wielkopiecowy (np. azot). Inwestycje kapitałowe będą jednak najniższe przy całkowitej przebudowie górnej części pieca lub przy pierwszej instalacji bezstożkowego urządzenia zasypowego.

Ekonomika

Koszty inwestycyjne w 2004 r. w wielkim piecu w Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria wynosiły 1,2 mln EUR przy produkcji 2,75 mln ton surówki rocznie. Koszty działania wynoszą około 0,01 EUR/t surówki, w tym również koszty konserwacji. W kategorii uwolnień pyłu w okresie 10-letnim inwestycja ta zapobiega uwolnieniu 62 ton pyłu. Z drugiej strony może istnieć możliwość uzyskania zwrotu z inwestycji dzięki oszczędnościom w uwalnianiu CO i H₂. Oszczędności te szacowane są w przybliżeniu na 151 000 EUR rocznie.

Motywacja do wdrożenia techniki

Zasadniczo motywacją do wdrożenia tej techniki jest ograniczenie niezorganizowanych emisji pyłu. Mogą również pojawić się oszczędności energii związane z wykorzystaniem odzyskanego CO i H₂ np. w nagrzewnicach wielkich pieców.

Przykładowe zakłady

System bezstożkowy z pierwotnym i wtórnym układem wyrównawczym, a bez układu odzyskiwania gazu, stosowany jest niemal we wszystkich wielkich piecach w Europie. Jedynym znanym przykładem zastosowania układu odzyskiwania gazu jest wielki piec A w Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria.

Literatura przedmiotu

[90, Kohler et al.2009] [277, Wiesenberger 2007]

6.3.6 Oczyszczanie i powtórne wykorzystanie roztworu płuczkowego

Opis

Gaz wielkopiecowy jest zwykle oczyszczany w specjalnie zaprojektowanych płuczkach typu rusztowego, zwężkowego lub pierścieniowo-szczelinowego (patrz również punkt 6.3.4). Wytwarzają one zanieczyszczony strumień wody zawierający zawiesinę (1-10 kg/t surówki) metale ciężkie, cyjanki i fenole. Możliwe jest jednak podejmowanie działań minimalizujących odprowadzanie tych zanieczyszczeń do wody i zmniejszających zużycie wody.

Aby wypłukać zanieczyszczenia z gazu wielkopiecowego, potrzebne jest około 0,3-4,0 l/Nm³ wody. Liczba ta odpowiada całkowitemu zużyciu wody w wysokości 0,4-8 m³/t surówki. Większa część tej wody może być oczyszczona i recyklowana.

Proces oczyszczania zachodzi zwykle w walcowych zbiornikach osadnikowych. Wartości sedymentacyjne szlamu są bardzo często poprawiane przez dodanie środków kłaczkujących (polielektrolitów anionowych, mieszanych polimerów lub aktywowanych kwasów krzemowych) lub też poprzez zastosowanie urządzeń mieszania/kontaktowania szlamu. Należy zwrócić uwagę na wartość pH i na twardość wody.

Strumień przelewowy z etapu sedymentacji zazwyczaj trafia do urządzenia chłodzącego (np. chłodnicy kominowej) w celu dostosowania temperatury wody, a następnie trafia z powrotem do płuczki do dalszego wykorzystania. Po przejściu przez urządzenia chłodzące dodaje się świeżej wody w celu uniknięcia wzbogacenia materiału rozpuszczonego.

W tabeli 6.22 przedstawiono dane eksploatacyjne z siedmiu niemieckich zakładów mieszania/kontaktowania szlamu służących do oczyszczania roztworu płuczkowego.

Tabela 6.22: Dane eksploatacyjne z siedmiu niemieckich zakładów mieszania/kontaktowania szlamu służących do oczyszczania roztworu płuczkowego

Nr zakładu	Przepływ gazu wielkopiecowego 10 ³ (Nm ³ /h)	Przepływ wody (m ³ /h)	Zawartość zawiesiny (mg/l)		Środek kłaczkujący	Dozowanie środka (mg/l)	Zawartość wody w szlamie (%)	Zużycie energii elektrycznej (kWh/1000m ³)
			przed oczyszczeniem	po oczyszczeniu				
1	50	225 - 375	1000 - 3000	10 - 50	czynny kwas	5-10	60 - 85	40

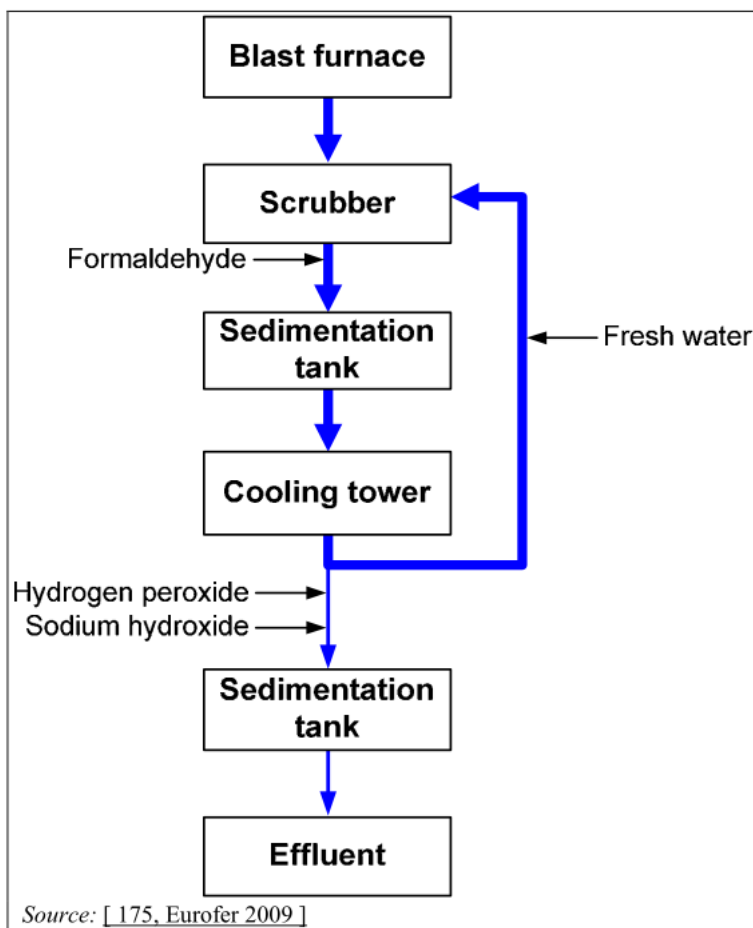
					krzemowy			
2	250	1500	500	50	mieszany polimer	0,4	85 - 90	17,8
3	55	500	300 - 600	20	czynny kwas krzemowy	6	75 - 85	-
4	550	50	100 - 300	20 - 30	czynny kwas krzemowy	-	85 - 95	8
5	225	1100	260	10	polielektr. anionowy	0,13	63	27,5
6	320	1400	430	13	polielektr. anionowy	0,13	60	21,5
7	125	800	150	20	mieszany polimer	10	60	-
Źródło: [136, Theobald 1988].								

W zależności od warunków eksploatacyjnych wielkiego pieca, może być konieczne usuwanie cyjanków, szczególnie podczas operacji wydmuchiwania. Na Rysunek 6.20 podano schemat procesu oczyszczania roztworu płuczkowego z cyjanków w wielkich piecach, polegającego głównie na dodawaniu formaldehydu do obiegu wody przed sedymentacją. Dodawaniem formaldehydu steruje się w sposób ciągły za pomocą obwodu kontrolnego (potencjału redoks) podłączonego do strumienia wody przed osadnikiem. Długoterminowa praktyka wskazuje, że:

- optymalna wartość pH wynosi 8-9
- nie zachodzą reakcje poniżej pH 7
- przy pH powyżej 12 glikonitryl jest rozkładany na cyjanki i formaldehyd.

Oprócz przekształcania cyjanków w glikonitryl za pomocą formaldehydu można przeprowadzić utlenienie glikonitrylu w celu zmniejszenia oddziaływania na środowisko.

W zakładzie ArcelorMittal, Brema woda odpadowa z obiegu płuczkowego trafia do osadnika w celu dalszego oczyszczania. Wartość pH reguluje się za pomocą roztworu wodorotlenku sodu do pH 10,2 i dodaje się roztwór nadtlenku wodoru (H₂O₂) w celu utlenienia glikonitrylu do kwasu glikolowego. Wysoka wartość pH zapewnia zatem optymalne oddzielenie metali ciężkich z wody spuszczonej z obiegu płuczki przed jej wysłaniem do zbiornika docelowego.



Rysunek 6.20: Przykład procesu usuwania cyjanków z roztworu płuczkowego w wielkich piecach

EN	PL
Blast furnace	Wielki piec
Scrubber	Płuczka
Formaldehyde	Formaldehyd
Sedimentation tank	Zbiornik sedymentacyjny
Fresh water	Świeża woda
Cooling tower	Wieża chłodnicza
Hydrogen peroxide	Nadtlenek wodoru
Sodium hydroxide	Wodorotlenek sodu
Effluent	Odływ

Szlam pochodzący z wytrącania drobnych cząstek ma względnie dużą zawartość cynku (patrz tabela 6.14) i może być oczyszczony za pomocą hydrocyklonowania (patrz również punkt 6.3.7).

Nową koncepcję oczyszczania ścieków realizuje się w Corus, Ijmuiden, Holandia. Nazywa się ona BIO 2000 i składa się na nią połączone oczyszczanie ścieków z koksowni, wielkich pieców i spiekalni w układzie aktywowanego szlamu ze wstępną denitryfikacją i nityfikacją prowadzącą do zminimalizowania ChZT i emisji związków azotu. System ten bardziej szczegółowo opisano w punkcie 5.3.21.

Korzyści dla środowiska

Wysoką efektywność recyklingu roztworu płuczającego można osiągnąć jedynie przy strumieniu przelewowym 0,1 m³/t surówki. Woda ta jest usuwana z układu ze szlamem wielkopieczowym i może przejść dalsze procesy oczyszczania.

W tabeli 6.23 ukazano osiągnięte stężenia na wyjściu w roztworze płuczkowym z oczyszczania gazu wielkopiecowego dla oczyszczalni ścieków. Łączne zapotrzebowanie na wodę w 2006 r. wynosiło 719 713 m³. Przy produkcji surówki w wysokości 3 152 134 ton prowadziło to do powstawania 0,23 m³ ścieków na tonę surówki.

Tabela 6.23: Stężenia na wyjściu w roztworze płuczkowym z oczyszczania gazu wielkopiecowego po oczyszczeniu w zakładzie ArcelorMittal, Brema, Niemcy

Parametr	Jednostki	Liczba pomiarów	Wartość średnia	Mediana	Maks.	Min.	Odchylenie standardowe
Cd	µg/l	39	0,36	0,20	3,00	0,20	0,58
Cr	µg/l	39	2,20	2,00	3,90	2,00	0,47
Cu	µg/l	39	9,52	6,10	13,00	2,00	13,75
Fe	µg/l	39	460,77	90,00	3700,00	13,00	861,79
Ni	µg/l	39	12,93	8,90	39,00	2,00	10,10
Pb	µg/l	39	24,93	8,00	390,00	<2,00	62,08
Zn	µg/l	39	354,00	130,00	2600,00	20,00	582,73
CN	mg/l	39	0,84	0,22	9,80	0,01	2,05
CN, wolne	mg/l	39	0,25	0,04	5,50	0,01	0,89
Cl	mg/l	39	1000,21	854,00	1360,00	452,00	414,52
AOX	µg/l	39	37,33	19,00	450,00	10,00	70,13
Zawiesina	mg/l	39	21,91	9,60	166,00	0,60	31,79
DOC	mg/l	39	55,25	54,25	170,00	1,70	40,77
TOC	mg/l	39	55,66	45,00	174,00	2,20	42,06
ChZT	mg/l	28	144,12	145,50	280,00	<15	69,84
Oleje mineralne	mg/l	39	0,16	0,18	0,56	0,10	0,08
Toksyczność dla ikry		12	6,58	4,00	32,00	1,00	8,16

UWAGA: Dane z losowych pomiarów wykonywanych od kwietnia 2000 r. do listopada 2006 r. Kursywa oznacza, że wartości pomiarowe poniżej granicy wykrywalności liczone jako równe granicy wykrywalności.

Źródło: [260, Germany 2007] [358, Germany 2007].

Skład roztworu płuczkowego z oczyszczania gazu wielkopiecowego i osiągnięte stężenia na wyjściu dla wspomnianych wyżej łączonych oczyszczalni ścieków w Corus, IJmuiden, Holandia, przedstawiono w punkcie 5.3.21, w tabelach 5.22 i 5.25.

Skutki przenoszenia zanieczyszczeń pomiędzy komponentami środowiska

Gdy recykulowane są duże ilości wody należy zastosować wydajny system oczyszczania. W przeciwnym wypadku mogą wystąpić problemy eksploatacyjne dotyczące płuczek (zatykanie itp.), a wydajność wyflukiwania spadnie. Oczyszczanie wody i recykling powodują wytwarzanie szlamu bogatego w cynk. Mały przelew z układu jest konieczny, aby zapobiec gromadzeniu się minerałów/soli.

Recykling wody płuczkowej wymaga znacznych ilości energii (patrz tabela 6.22). Oprócz tego należy rozważyć dodanie porcji środków kłaczkujących.

Możliwość zastosowania

Zarówno w nowych, jak i istniejących zakładach można stosować oczyszczanie i recykling roztworu płuczkowego. Nowoczesne zakłady mają ważną zaletę – zakład można zaprojektować z wydajnym obiegiem wodnym. Zawartość soli w wodzie płuczkowej wpływa

na szybkość recyklingu. Jednakże możliwe jest również zainstalowanie wydajnych obiegów wodnych w starszych zakładach.

Ekonomika

Brak danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak danych.

Przykładowe zakłady

ArcelorMittal, Brema, Niemcy; Corus, IJmuiden, Holandia.

Literatura przedmiotu

[65, InfoMil 1997] [136, Theobald 1988] [138, Theobald 1997] [260, Germany 2007] [358, Germany 2007] [379, Corus IJmuiden 2009]

6.3.7 Hydrocyklonowanie szlamu wielkiego pieca

Opis

Gaz gardzielowy wielkiego pieca zawiera duże ilości pyłu (7-40 kg/t surówki – patrz tabela 6.7). Duża część tego pyłu jest usuwana w suchym, pierwszym etapie systemu oczyszczania gazu wielkopieczowego. Część ta składa się głównie z materiału o względnie dużych cząstkach z wysoką zawartością żelaza i węgla i jest ona zawracana do spiekalni.

Pozostała część (1-10kg/t surówki) jest usuwana z gazu wielkopieczowego przy zastosowaniu odpylania mokrego. Po wytrąceniu powstaje 3-5 kg szlamu na tonę surówki. Szlam ten ma względnie wysoką zawartość cynku (Zn). Stanowi to przeszkodę w powtórny wykorzystaniu szlamu w spiekalni.

Za pomocą hydrocyklonowania szlamu można z całkowitej masy szlamu wytworzyć szlam bogaty w cynk i szlam ubogi w cynk. Cynk występuje głównie jako tlenek cynku (ZnO) w postaci bardzo małych cząstek. Hydrocyklonowanie zagęszcza te małe cząstki w strumieniu przelewowym, podczas gdy frakcje ubogie w cynk opuszczają cyklony z dolnym strumieniem. Należy zauważyć, że skuteczność hydrocyklonowania zależy od właściwości szlamu.

Szlam z dolnego strumienia jest powtórnie wykorzystywany w spiekalni. Należy zauważyć, że to powtórne wykorzystanie należy oceniać w relacji do całkowitej ilości cynku wprowadzanego do procesu w wielkim piecu. Szlam bogaty w cynk ze strumienia przelewowego jest magazynowany lub trafia na składowisko odpadów. Z części materiału z powodzeniem odzyskiwano cynk, np. w DK Recycling (zob. punkt 2.5.4.4.2). Mogą powstać dodatkowe problemy w przypadku występowania składników radioaktywnych, które raczej pozostają w frakcji drobnej.

Korzyści dla środowiska

W tabeli 6.24 podano zawartość cynku w hydrocyklonowanym szlamie wielkopieczowym.

Table 6.24: Example for the zinc content of hydrocyclonated blast furnace sludge

	Jednostkowe wytwarzanie szlamu (kg/t surówki)	Zawartość Zn (%)	Masa (na podstawie suchego materiału) (%)	Oczyszczanie
Szlam nieoczyszczony	1,0 - 9,7	0,1 - 2,5	100	Hydrocyklonowanie
Strumień przelewowy hydrocyklonowania	0,2 - 2,7	1 - 10	20 - 40	Magazynowanie w hałdach / składowisko odpadów

Strumień dolny hydrocyklonowania	0,8 - 7,8	0,2 - 0,6	60 - 80	Recykulowane do spiekalni
Źródło: [65, InfoMil 1997][105, Pazdej et al.1995].				

Skutki przenoszenia zanieczyszczeń pomiędzy komponentami środowiska

Cyklony zużywają niewielką, lecz nieujętą ilościowo ilość energii.

Dane operacyjne

System działa bez problemów.

Możliwość zastosowania

Hydrocyklonowanie można stosować w nowych i istniejących instalacjach jako technologię poprocesową zawsze w przypadku odpylania na mokro i jeśli rozkład zawartości cynku w ziarnach o różnej wielkości umożliwia separację w rozsądnym stopniu.

Ekonomika

W publikacji [116, Rentz et al. 1996] podano, że koszt inwestycji w trójstopniową instalację o przepustowości 20 000 t/rok wynosi 2 mln EUR, a koszty operacyjne to 25 EUR/t.

Do celów przykładu w 1994 r. walutę przeliczano na ECU, a na potrzeby przeglądu na EUR.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak danych.

Przykładowe zakłady

Corus, IJmuiden, Holandia; Thyssen Krupp Stahl AG, Duisburg, Niemcy.

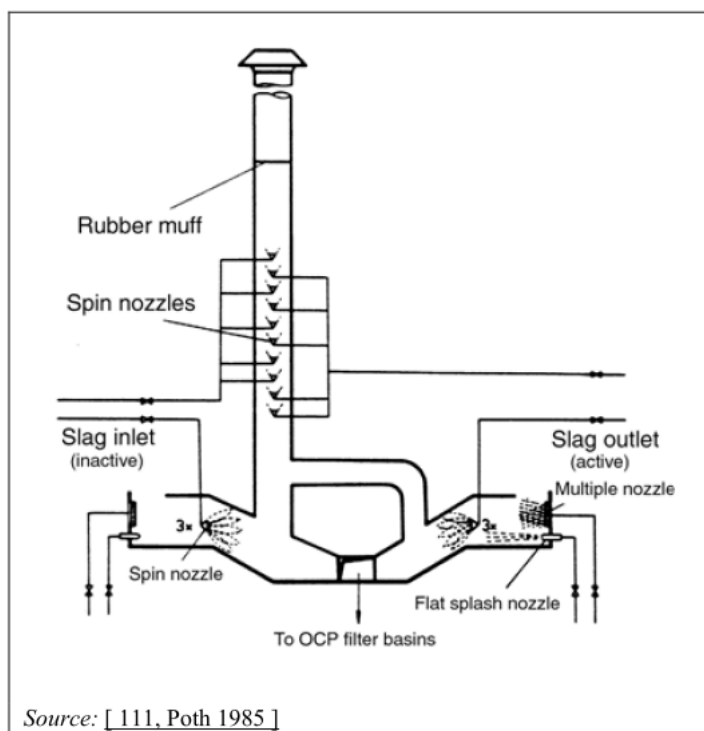
Literatura przedmiotu

[105, Pazdej et al. 1995][116, Rentz et al. 1996]

6.3.8 Kondensacja dymów z przerobu żużłu

Opis

Jak podano w punkcie 6.2.2.1, podczas przerobu żużłu powstają emisje H₂S i SO₂. Może to prowadzić do problemów z występowaniem przykrych zapachów. Aby rozwiązać ten problem, niektóre zakłady granulacji pracują w połączeniu z układami kondensacji dymów (zob. Rysunek 6.21). Kondensat oraz woda z odwadniania żużłu po schłodzeniu cyrkulują w układzie, jeśli stosowana jest woda słodka. Ponowne wykorzystanie wody nie ma miejsca, jeśli do granulacji żużłu i kondensacji dymów używa się wody morskiej.



Rysunek 6.21: Granulacja żużlu wielkopieczowego z kondensacją dymów

EN	PL
Rubber muff	Gumowa tuleja
Spin nozzles	Dysze wirujące
Slag inlet (inactive)	Wlot żużla (nieaktywnego)
Slag outlet (active)	Wylot żużla (aktywnego)
Multiple nozzle	Dysza wielokrotna
Spin nozzle	Dysza wirująca
To OCP filter basins	Do basenów filtrujących OCP
Flat splash nozzle	Płaska dysza rozpryskująca

Korzyści dla środowiska

Przy kondensacji dymów emisje H_2S wynoszą 1-10 g H_2S na tonę wyprodukowanej surówki.

Skutki przeniesienia zanieczyszczeń pomiędzy komponentami środowiska

Chłodzenie wody krążącej w układzie wymaga znacznych ilości energii. Samo wytwarzanie energii jest bardzo często połączone z emisją siarki. Podczas kondensacji dymów bezwzględna ilość zredukowanej siarki jest raczej mała i może być porównywalna do ilości emitowanej podczas procesu wytwarzania energii. Przy projektowaniu tych obiektów należy wziąć pod uwagę kwestie bezpieczeństwa, zwłaszcza związane z problemami z wodorem.

Dane operacyjne

Brak danych.

Możliwość zastosowania

Technika ta może być stosowana zarówno w nowych, jak i istniejących zakładach.

Ekonomika

Brak danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak danych.

Przykładowe zakłady

Kilka zakładów granulacji żużlu w Niemczech jest wyposażonych w układy kondensacji dymów, np. Thyssen AG, Duisburg, Niemcy, ale również obiekty Corus w Port Talbot i Scunthorpe. Inne zakłady wykorzystujące przedmiotową technikę znajdują się w Finlandii.

Literatura przedmiotu

[208, Lindfors et al. 2006] [242, Caughlin 2007] [354, Eurofer 2007]

6.3.9 Wykorzystanie rud wysokiej jakości

Opis

Ideą przedmiotowej techniki jest preferencyjne wykorzystywanie spieku lub grudek jako surowca o dużej zawartości żelaza i małej zawartości skały płonnej. Wykorzystuje się spiek o zawartości żelaza 61-63,5 % i grudki o zawartości żelaza rzędu 66,6-66,8 %. Inne ważne czynniki to umiarkowana zawartość popiołu w koksie i niska zawartość popiołu w węglu do wdmuchiwania.

Korzyści dla środowiska

Wykorzystanie rud wysokiej jakości poprawia produktywność i efektywność energetyczną procesu produkcji żelaza. Niższe jest zużycie środków redukujących, co prowadzi do mniejszych emisji CO₂. Można osiągnąć wydajność 3,4 t/m³/doba i ograniczyć emisję CO₂ o 15-80 kg/t surówki. Ponadto objętość szlamu zmniejsza się do około 150-200 kg/t surówki, co również zmniejsza emisję z procesu przetwarzania szlamu.

Skutki przenoszenia zanieczyszczeń pomiędzy komponentami środowiska

Brak danych.

Dane operacyjne

Wykorzystanie jako surowca spieku i grudek bardzo bogatych w żelazo jest zasadniczo możliwe do zastosowania w innych instalacjach, ale konieczne są dalsze prace oraz fundamentalne zrozumienie wpływu różnych rud żelaza na wielki piec, tj. jednym ze skutków związanych z małą produkcją szlamu może być skrócony okres eksploatacji materiału ogniotrwałego wielkiego pieca.

Możliwość zastosowania

Możliwość zastosowania jest silnie ograniczona dostępnością rud o wysokiej zawartości żelaza.

Ekonomika

Korzyści ekonomiczne są związane ze zwiększoną produktywnością, mniejszym zużyciem energii i spadkiem zapotrzebowania na środki redukujące. Dostępność rud bogatych w żelazo jest ograniczona. Wprowadzenie tej praktyki do wielkich pieców w Europie doprowadzi do stworzenia monopolu kopalni, w których zawartość żelaza w rudzie jest bardzo wysoka, co jest niezgodne z zasadami wolnego rynku oraz realnej i uczciwej konkurencji. Powstałe ograniczenia spowodowałyby wzrost cen takiej jakości rud żelaza na świecie.

Motywacja do wdrożenia techniki

Główną motywacją do wdrożenia przedmiotowej techniki są zwiększenie zdolności produkcyjnej i efektywności energetycznej.

Przykładowe zakłady

Spiek – Ruuki w Finlandii

Grudki – SSAB, Oxelosund, Szwecja

Grudki – SSAB, Lulea, Szwecja

Literatura przedmiotu

[208, Lindfors et al. 2006]

6.3.10 Zwiększenie efektywności energetycznej w wielkich piecach

Opis

Można zastosować modele w celu kontrolowania zużycia w trzonie wielkiego pieca. Stosuje się dwa oddzielne modele:

- a) Model, w którym szacuje się położenie izotermy 1150 °C w oparciu o przewodnictwo cieplne i pomiary za pomocą termopary w wykładzinie ogniotrwałej pieca za pomocą metody elementu skończonego (MES).
- b) Model, w którym przybliża się wysokość „bloku kotwiącego” w piecu na podstawie przewodnictwa cieplnego.
Zamknięty obieg wody chłodzącej pozwala na lepsze zarządzanie działaniem pieca.
- c) Płynna nieprzerwana eksploatacja w stanie stabilnym.

Korzyści dla środowiska

Za pomocą przedmiotowej techniki można osiągnąć zwiększenie efektywności energetycznej, zmniejszenie emisji CO₂ i ograniczenie konieczności konserwacji (np. materiału ogniotrwałego). Zużycie środków redukujących w perspektywie długoterminowej zmniejsza się o około 5 kg/t surówki. Oznacza to zmniejszenie emisji CO₂ o około 15-20 kg/t surówki. Okres eksploatacji wielkiego pieca można przedłużyć o wiele lat.

Ad c):

Osiągnięcie płynnej, nieprzerwanej eksploatacji przyczynia się do ograniczenia emisji i zmniejsza prawdopodobieństwo strat wsadu.

Skutki przenoszenia zanieczyszczeń pomiędzy komponentami środowiska

Brak danych.

Dane operacyjne

Wysoka dostępność (tj. >99 %).

Kontrola wielkiego pieca jest bardzo dobra.

Modele mają istotne znaczenie dla sterowania procesem wielkopieczowym i kontroli zużycia trzonu wielkiego pieca. Kontrolując proces i zjawiska w trzonie pieca, można również utrzymać jakość produkowanego w wielkim piecu żelaza na stałym, pożądanym poziomie, np. w odniesieniu do zawartości C, Si i S.

Możliwość zastosowania

Systemy zwiększania efektywności energetycznej są zazwyczaj stosowane w wielkich piecach w całej Europie.

Ekonomia

Brak danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Korzyścią jest poprawienie kontroli procesu, co prowadzi do oszczędności energii i polepszenia jakości żelaza.

Przykładowe zakłady

Ruukki, Finlandia.

SSAB, Lulea, Szwecja.

Ovako, Koverhar, Finlandia.

Instalacje w Zjednoczonym Królestwie.

Literatura przedmiotu

[208, Lindfors et al. 2006] [220, Caughlin 2008] [242, Eurofer 2007]

6.3.11 Odzysk energii z gazu wielkopieczowego (gazu BF)

Opis

Typowy wielki piec produkuje około 1200 do 2000 Nm³ gazu BF na tonę surówki. Gaz BF składa się w 20-28% z tlenku węgla (CO) i w 1-5% z wodoru (patrz tabela 6.7 i tabela 6.8). Tlenek węgla powstaje podczas utleniania węgla w wielkim piecu. Większość CO jest tam następnie dalej utleniana do CO₂. Tlenek węgla i wodór stanowią potencjalne źródło energii i we wszystkich wielkich piecach na świecie podjęto działania mające na celu odzyskanie tej energii.

Z tego powodu gaz gardzielowy wielkiego pieca jest oczyszczany i tymczasowo magazynowany w zbiornikach gazu, w celu przyszłego wykorzystania go jako paliwa. Z powodu niskiej wartości opałowej gazu BF na Nm^3 jest on często wzbogacany gazem koksowniczym, gazem konwertorowym lub gazem ziemnym przed zastosowaniem go jako paliwa.

Korzyści dla środowiska

Wartość opałowa gazu BF wynosi zazwyczaj od 2,7 do 4,0 MJ/Nm^3 , w zależności od stężenia tlenu węgla. Jest to tylko 10% wartości opałowej gazu ziemnego. Niemniej jednak duże ilości wytwarzanego gazu BF oznaczają, że potencjał odzysku energii jest bardzo wysoki. Całkowita ilość energii wytwarzana przez wielki piec to 5 GJ/t surówki, co równa się 30% zużycia energii brutto wielkiego pieca.

Skutki przenoszenia zanieczyszczeń pomiędzy komponentami środowiska

Oczyszczanie gazu BF jest nieuniknione i powoduje powstawanie ścieków i odpadów stałych.

Dane operacyjne

Brak danych.

Możliwość zastosowania

Technika ta może być stosowana we wszystkich nowych i istniejących zakładach.

Ekonomika

Uzyskano znaczące korzyści dzięki oszczędności energii.

Motywacja do wdrożenia techniki

Korzyści zyskiwane są dzięki efektywnemu wykorzystaniu energii i oszczędnościom.

Przykładowe zakłady

Technikę stosuje się w wielu nowych i istniejących wielkich piecach na świecie.

Literatura przedmiotu

[200, Commission 2001]

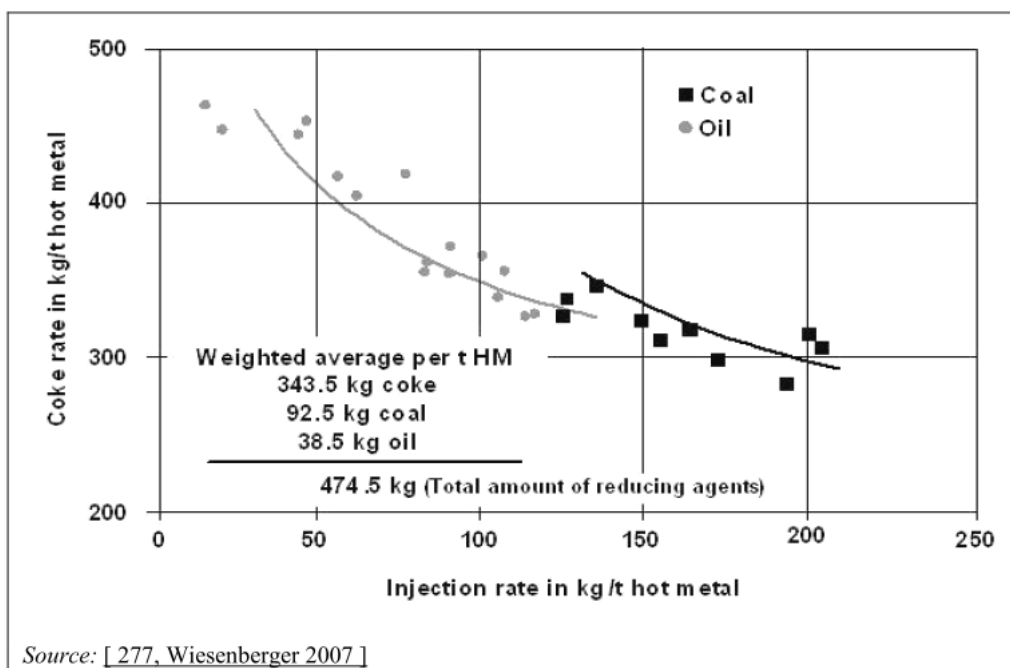
6.3.12 Bezpośredni wtrysk środków redukujących

Informacje ogólne

Bezpośrednie wtryskiwanie środków redukujących oznacza zastąpienie części węgla innym źródłem węglowodorów, który zostaje wstrzyknięty do pieca poprzez dysze (więcej informacji w pkt 6.1.3.1). Węglowodory te mogą mieć postać ciężkiego oleju opałowego, szlamu olejowego, odzyskanego oleju odpadowego, węgla ziarnistego lub pyłu węglowego, gazu ziemnego, gazu koksowniczego lub odpadów z tworzyw sztucznych. Węgiel i olej są najczęściej używanymi ładunkami systemu dysz. Poprzez zmniejszenie zapotrzebowania na koks ogranicza się całkowite zanieczyszczenie i zapotrzebowanie na energię.

Należy podkreślić jednakże, że pewna ilość koksu jest dalej niezbędna w wielkim piecu dla umożliwienia jego prawidłowej pracy. Koks zapewnia nośność wymaganą w celu podtrzymania wsadu wielkopieczowego i zapewnienia wystarczającej przenikalności gazu. Wtrysk węglowodorów przez dysze wymaga dodatkowego wtrysku tlenu (w coraz większych ilościach w miarę jak wtrysk przez dysze rośnie) celem uzyskania wymaganych temperatur w strefie wirowania wielkiego pieca. Niewiele zebrano doświadczeń, jeżeli chodzi o bardzo duży wtrysk z dysz (który jest powodem podwyższonego poziomu tlenu), więc istotną kwestią staje się w tym przypadku między innymi bezpieczeństwo.

Na rys 6.22, w tabeli 6.25 i tabeli 6.26 przedstawiono stosowane wielkości wtrysku dla środków redukujących w istniejących wielkich piecach.



Rysunek 6.22: Ilości koksu i wielkość wtrysku w 26 wielkich piecach

EN	PL
Coke rate in kg/t hot metal	Koks w kg/t surówki
Coal	Węgiel
Oil	Olej
Weighted average per t HM	Średnia ważona na tonę surówki
343.5 kg coke	343,5 kg koksu
92.5 kg coal	92,5 kg węgla
38.5 kg oil	38,5 kg oleju
474.5 kg (Total amount of reducing agents)	474,5 kg (łącznie ilość środków redukujących)
Injection rate in kg/t hot metal	Wielkość wtrysku w kg/t surówki

UWAGA: Dane pochodzą z 1999 r. i podawane są dla członków stowarzyszenia VDEh.

Tabela 6.25: Porównanie minimalnego zużycia koksu i całkowitego zużycia węgla przy różnych poziomach bezpośredniego wdmuchiwanie pyłu węglowego

	Wielkość wtrysku (kg/t surówki)	Ilość koksu resztkowego (kg/t surówki)	Łączne zużycie węgla ⁽¹⁾ (kg/t surówki)
Brak	0	500	625
Typowy	150 - 180	310	538 - 568
Najlepsze doświadczenie	~240	270 - 300	577 - 615

(¹) Zakłada się, że 1 kg koksu jest wyprodukowany z 1,25 kg węgla.
 UWAGA: Liczby dotyczą suchego koksu i suchego węgla.
 Źródło: [248, Eurofer 2007] [276, Italy 2007] [348, Eurofer 2007].

Tabela 6.26: Środki redukujące stosowane w różnych wielkich piecach (BF)

Rodzaj środka redukującego	BF1	BF2	BF3	BF4	BF5	BF6	BF7	BF8	BF9	BF10 ⁽¹⁾
----------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---------------------

Koks	267	272	278	333	306	353	389	395	389	
Drobny koks	50	78	89	61	22	56				
Węgiel	150	0	0	0	142	0	0	0	0	
Olej	0	106	78	61	0	50	43	43	49	130
Gaz koksowniczy	0	0	0		0		46	43	0	
Pozostałe	0	0	0	28	0	22	0	0	19 ⁽²⁾	
Ogółem	467	465	445	483	470	481	478	481	457	460 - 470

(¹) Wielki piec działający na 100 % zasilany grudkami. Objętość robocza pieca: 600 m³; stosowany wtrysk tlenu i oleju.
(²) Smoła.
UWAGA: wartości w kg na tonę surówki.
Źródło: [208, Lindfors et al.2006] [277, Wiesenberser 2007].

Oszczędność energii netto przy wdmuchiwanie pyłu węglowego została obliczona na 3,76 GJ/t wdmuchiwanego pyłu węglowego. Przy wielkości wtrysku 180 kg/t surówki, oszczędności energii liczy się na 0,68 GJ/t surówki lub 3,6% zużycia energii brutto wielkiego pieca (patrz tabela 6.16). Taka oszczędność energii jest uzyskana pośrednio w konsekwencji zmniejszonego zużycia koksu. Większe ilości na wejściu umożliwią większe oszczędności energii.

Bezpośredni wtrysk środków redukujących jest stosowany zarówno w nowych, jak i w istniejących wielkich piecach. Należy zauważyć, że ta cecha wysoko zintegrowanego procesu jest blisko związana z pracą samego wielkiego pieca i daje w rezultacie stabilną pracę urządzenia oraz odpowiednią jakość surówki i żużłu.

6.3.12.1 Wtryskiwanie węgla:

Opis

Zastępowanie koksu poprzez wdmuchiwanie węgla zależne jest od czynników takich jak wydajność, cechy koksu, oczekiwana jakość surówki, ciśnienie w wielkim piecu, typ (np. antracyt) oraz stan (wilgotność) węgla, etc. [11, Campell et al. 1992] [65, InfoMil 1997].

Wtlaczanie węgla do wielkiego pieca na poziomie dysz obniża temperaturę strefy wirowania wielkiego pieca. Ten spadek temperatury zależy od ilości wtłoczonego węgla i może mieć szkodliwy wpływ na działanie wielkiego pieca. W wielkich piecach z konwencjonalną redukcją wytapiania dopuszczalny wtrysk węgla ograniczony jest do 150 kg/t surówki, co zapewnia stabilną pracę pieca.

Teoretycznie maksymalny wtrysk węgla na poziomie dysz szacuje się na 270 kg/t surówki. Ta wartość graniczna jest wyznaczana przez nośność koksu i warunki termochemiczne w piecu. Aby utrzymać odpowiednie warunki w strefie wirowania wielkiego pieca i jednocześnie osiągnąć większe ilości węgla na wejściu, do 260 kg/t surówki, w instalacjach wielkopiecowych w UE stosuje się wzbogacanie tlenem gorącego dmuchu i wtrysku węgla z tlenem na poziomie dysz (zob. punkt 6.1.3.1). W Corus, Ijmuiden, Holandia pył węglowy jest wtryskiwany na skalę przemysłową. Stosuje się standardową wielkość wtrysku 250 kg węgla na tonę surówki. W zależności od zawartości węgla w pyle węglowym w 2006 r. wtryskiwane było 210-260 kg węgla na tonę surówki (liczby różnią się od podawanych w tabeli 6.1, ponieważ te dane odniesienia dotyczą roku 2004).

Korzyści dla środowiska

Bezpośredni wtrysk środków redukujących zmniejsza zapotrzebowanie na produkowany koks. Dlatego też zapobiega się emisjom z zakładów koksowniczych. Na każdym kilogramie wtłoczonego pyłu węglowego oszczędza się około 0,85-0,95 kg produkowanego koksu.

Zastosowanie wtrysku węgla z tlenem zwiększyło ilość wtryskiwanej substancji o około 20 % i odpowiednio do tego spadła ilość koksu. Wydajność filtra elektrostatycznego stosowanego do oczyszczania gazu wielkopieczowego poprawiła się. Wraz ze zwiększonym korzystnym oddziaływaniem na przepuszczalność wielkiego pieca i poprawieniem rozkładu węgla polepszyło się całe działanie wielkiego pieca.

Skutki przenoszenia zanieczyszczeń pomiędzy komponentami środowiska

Pomiary wykazały, że mniej niż 1 % wtryskiwanego pyłu węglowego ulatuje przez gardziel wielkiego pieca.

Dane operacyjne

W przypadku wtrysku węgla z tlenem w dwóch piecach są ograniczenia dotyczące temperatury gorącego dmuchu i wzbogacania go w tlen. Wtrysk węgla z tlenem odbywa się zatem za pomocą wirowej, koncentrycznej lancy węglowo-tlenowej, w celu poprawienia zgazowania węgla. Lance węglowo-tlenowe wyeliminowały wcześniej występujące problemy z zatykaniem się lanc i przez to poprawił się rozkład węgla pomiędzy dyszami wielkich pieców.

Przy dużych wielkościach wtrysku pyłu węglowego piec dąży do niższego obciążenia ścian i zwiększenia wytrzymałości wielkiego pieca. Pokazuje to, że niezbędna jest dokładna kontrola rozkładu wsadu, połączona z niewielkimi dodatkami koksu i utrzymywanie delikatnej równowagi między strumieniem gazu przy ścianach i w środku pieca.

W ogólności potrzebny jest w pełni spreparowany wsad, aby można było w sposób konsekwentny osiągać najwyższy stopień wtrysku węgla.

Przy stałych poziomach wyjściowych produkcji wielkiego pieca wprowadzenie szybkiego wtrysku węgla spowoduje wydłużenie czasu przebywania koksu i wsadu w wielkim piecu w porównaniu z operacjami wyłącznie koksowniczymi. Koks i zawierający żelazo materiał wsadowy będą dłużej pozostawać pod wpływem halogenowanych metali alkalicznych w gazie wielkopieczowym. Wprowadzenie wtrysku węgla daje jednak możliwość zwiększenia wydajności wielkiego pieca poprzez równoczesny wtrysk tlenu. W zależności od bezwzględnych poziomów wtrysku węgla i tlenu i wzrostu wydajności pieca szybkość przejścia koksu przez komin może być mniejsza niż w warunkach operacji wyłącznie koksowniczych.

Obecność niezgazyfikowanych cząstek węgla odbarwiającego zmienia charakterystykę stopionych materiałów zawierających żelazo, co wpływa na położenie i kształt strefy topienia w wielkim piecu.

Możliwość zastosowania

Metoda ta ma zastosowanie do wszystkich wielkich pieców wyposażonych w instalację wdmuchiwania pyłu węglowego i wzbogacania w tlen. Bezpośredni wtrysk środków redukujących jest stosowany zarówno w nowych, jak i w istniejących wielkich piecach.

Ekonomika

Istnieją zachęty ekonomiczne do stosowania szybkiego wtrysku pyłu węglowego w celu osiągnięcia większych oszczędności kosztów, szczególnie w zakładach, które mogą stanąć przed koniecznością dokonania wydatków inwestycyjnych na przebudowę pieców koksowniczych lub na zakupy koksu. Ponadto wtrysk pyłu węglowego może umożliwić stosowanie węgla o niższej jakości w porównaniu do węgla koksującego. Może to również zmniejszyć koszty.

W 1988 roku zanotowano koszty w wysokości 10 EUR/GJ [65, InfoMil 1997]. Jednakże w publikacji [11, Campell et al. 1992] wskazano, że koszty zmniejszono ze względu na niższe zużycie koksu. Koszt inwestycyjny założenia instalacji wtrysku pyłu węglowego w Corus, Zjednoczone Królestwo, Port Talbot, wielki piec nr 4, w 1997 roku wynosił około 24 mln EUR (łącznie z niektórymi częściami zapasowymi z innego obiektu). Do celów przykładów walutę w 1996 lub 1997 r. przeliczono na ECU, a na potrzeby przeglądu na EUR.

Dodatkowe koszty będą związane ze wzbogacaniem powietrza tak, aby znajdowała się w nim konsekwentnie duża ilość tlenu, dodatkowym zapotrzebowaniem na młyny w istniejących instalacjach oraz dodatkowymi wymogami dotyczącymi konserwacji układu wtryskiwania.

Motywacja do wdrożenia techniki

Główną motywacją do wdrożenia przedmiotowej techniki są oszczędności kosztów, zwiększona wydajność i ograniczenie emisji CO₂ oraz korzyści ekologiczne będące wynikiem lepszego działania wielkiego pieca.

Przykładowe zakłady

Wtryskiwanie węgla lub oleju do wielkich pieców jest techniką obecnie szeroko stosowaną w Europie i na świecie (np. wtryskiwanie węgla do wielkich pieców w instalacjach w ArcelorMittal, Corus; Corus, IJmuiden, Holandia; Rivagroup, Taranto, Włochy; Thyssen Krupp Stahl AG, Duisburg, Niemcy).

Wtrysk węgla z tlenem stosowano od 1993 r. w SSAB Oxelosund AB w Szwecji.

Literatura przedmiotu

[140, Eurofer 2009] [208, Lindfors et al. 2006] [348, Eurofer 2007]

6.3.12.2 Wtryskiwanie tlenu i oleju

Opis

Wtrysk olejów lub innych płynnych węglowodorów obniża temperaturę w strefie wirowania wielkiego pieca, podobnie jak w przypadku wtryskiwania węgla. W wielkich piecach z konwencjonalną redukcją wytapiania dopuszczalny wtrysk węgla ograniczony jest do 65 kg/t surówki, zanim zmniejszenie temperatury strefy wirowania w wielkim piecu spowoduje znaczną utratę jego stabilności. Aby utrzymać odpowiednie warunki w strefie wirowania, a jednocześnie osiągnąć szybszy wtrysk oleju, stosuje się wtrysk oleju z tlenem do 130 kg/t surówki. W takim przypadku lance tlenowo-olejowe instaluje się przy wszystkich dyszach zaprojektowanych tylko do stosowania olejów ciężkich. Olej i tlen podaje się oddzielnie, a olej musi być wstępnie podgrzany do 220 °C. Dodatek tlenu to 7-9 %.

Nie podano informacji na temat innych wariantów, takich jak podwyższanie temperatury dmuchu przy zastosowaniu elektrycznego przegrzewania dmuchu plazmy lub wzbogacania tlenem gorącego dmuchu.

Korzyści dla środowiska

Przy zastosowaniu technologii tlenowo-olejowej podwaja się ilość wtryskiwanego oleju. Można zmniejszyć zużycie koksu i emisje CO₂. Olej składa się z węgla i wodoru i może skompensować koks w stosunku 1:1,2 (1 kg oleju również kompensuje 1,2 kg koksu). Przy pomocy sprzętu do wtryskiwania tlenu z olejem ilość oleju podwaja się do 130 kg/t surówki. Oszczędza się zatem koks w ilości około 15 kg/t surówki, a emisja CO₂ maleje o około 50 kg/t surówki. Korzyści dla środowiska i zyskana efektywność energetyczna są zatem znaczne.

Skutki przenoszenia zanieczyszczeń pomiędzy komponentami środowiska

Brak danych.

Dane operacyjne

W praktyce wtrysk tlenu z olejem działa bardzo niezawodnie.

Możliwość zastosowania

Sprzęt do podawania oleju i tlenu jest szeroko dostępny. Stosowanie wtrysku tlenu z olejem jest uznawane za praktykę dobrze ugruntowaną. Bezpośredni wtrysk środków redukujących jest stosowany zarówno w nowych, jak i w istniejących wielkich piecach.

Ekonomika

Zastosowanie wtrysku oleju daje oszczędności dzięki zwiększeniu wydajności. Dodatkowe koszty będą związane ze wzbogacaniem powietrza tak, aby znajdowała się w nim

konsekwentnie duża ilość tlenu oraz dodatkowymi wymogami dotyczącymi konserwacji układu wtryskiwania.

Motywacja do wdrożenia techniki

Główną motywacją do wdrożenia przedmiotowej techniki są oszczędności kosztów, zwiększona wydajność i ograniczenie emisji CO₂ oraz korzyści zarówno ekonomiczne, jak i ekologiczne będące wynikiem lepszego działania wielkiego pieca.

Przykładowe zakłady

Technologię tlenowo-olejową stosuje się od 2000 r. w Ovako. Koverhar, Finlandia.

Literatura przedmiotu

[208, Lindfors et al.2006]

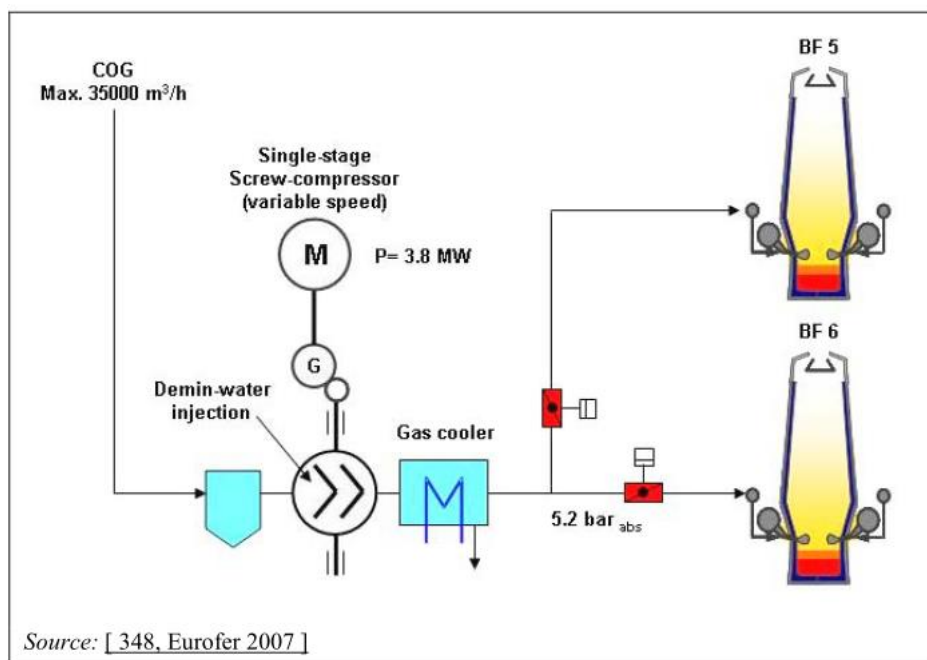
6.3.12.3 Wdmuchiwanie gazu

Opis

Od 2002 r. w zakładzie Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria dwa mniejsze wielkie piece nr 5 i 6 działały według standardowej procedury obejmującej jednoczesny wtrysk gazu redukującego i ciężkiego oleju opałowego z zastępowaniem 70 % ciężkiego oleju opałowego przez gaz koksowniczy. W 2004 r. w piecach tych średni wtrysk oleju wynosił 45,5 kg/t surówki, a ilość gazu koksowniczego – 46,9 kg/t surówki, przy czym łączny równoważnik ilości koksu wyniósł 477,8 kg/t surówki. Współczynnik Eta-CO wyniósł 43,5 przy zawartości H₂ w gazie wielkopiecowym około 8 %.

Maksymalne wdmuchiwanie gazu koksowniczego na poziomie dysz szacuje się na 100 kg/t surówki. Ta wartość graniczna jest wyznaczana przez warunki termochemiczne w piecu. Gaz koksowniczy zawiera pozostałości H₂S i organiczne związki siarki. Rzeczywista ilość podawanego gazu koksowniczego jest znacznie mniejsza (zob. tabela 6.1). Stężenie tych związków siarki zależy od poziomu siarki w węglu lub od efektywności odsiarczania w instalacji. Wykorzystanie gazu koksowniczego w procesie wielkopiecowym zamiast jako paliwo w innym miejscu może spowodować zmniejszenie emisji siarki z zakładu, ponieważ pewna część siarki ulegnie zatrzymaniu w żużlu wielkopiecowym.

Na Rysunek6.23 podano przykładowy układ wdmuchiwania gazu koksowniczego.



Rysunek 6.23: Przykładowy układ wdmuchiwania gazu koksowniczego

EN	PL
COG	Gaz koksowniczy
Single-stage screw compressor (variable speed)	Jednoetapowa sprężarka śrubowa (zmienna prędkość)
Demin-water injection	Wtrysk wody zdeminalizowanej
Gas cooler	Chłodnica gazu

Korzyści dla środowiska

Brak danych.

Skutki przenoszenia zanieczyszczeń pomiędzy komponentami środowiska

Brak danych.

Dane operacyjne

Szybkość zastępowania dla gazu koksowniczego wynosi około 1 kg gazu na 0,98 kg koksu lub 0,81 kg ciężkiego oleju ciężkiego. Ponadto zastąpienie bogatego w węgiel środka redukującego, takiego jak koks czy ciężki olej, w procesie wielkopiecowym środkiem ubogim w węgiel, takim jak gaz koksowniczy, prowadzi do redukcji netto emisji CO₂ z procesu wielkopiecowego. Jeśli w wielkim piecu używany jest gaz koksowniczy, konieczne jest zastąpienie tego gazu, używanego zazwyczaj do ponownego nagrzewania pieców itp., gazem wielkopiecowym, konwertorowym lub ziemnym. W tych miejscach, w których przedtem używano gaz koksowniczy, może zatem nastąpić zmniejszenie emisji SO₂ o 70-90 %.

Zmniejszenie zawartości siarki w surówce może być również możliwe dzięki niższej zawartości siarki w gazie koksowniczym niż w oleju ciężkim lub koksie. Można zmniejszyć zużycie środków odsiarczających (np. wapna, CaC₂, Mg) w procesie odsiarczania podczas obróbki wstępnej surówki. Do wtryskiwania gazu koksowniczego potrzebna jest sprężarka, co powoduje dodatkowe zużycie energii w wysokości około 204 kWh/t gazu koksowniczego (na podstawie zużycia w instalacji referencyjnej w 2005 r.)

Możliwość zastosowania

Wdmuchiwanie gazu koksowniczego przez dysze również ma zastosowanie zarówno w nowych, jak i w istniejących instalacjach, ale zależy w dużej mierze od dostępności gazu,

który można skutecznie wykorzystać do innych celów w hutach zintegrowanych. Bezpośredni wtrysk środków redukujących jest stosowany zarówno w nowych, jak i w istniejących wielkich piecach.

Ekonomika

Brak danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Główną przyczyną wdrożenia tej techniki są korzyści ekonomiczne i ekologiczne wynikające z lepszego działania wielkiego pieca.

W zakładzie Voestalpine Stahl GmbH zainwestowano około 10 mln EUR w instalację wdmuchiwania gazu do produkcji około 5000 ton surówki dziennie. Łączne specjalne koszty operacyjne to: 1,3 EUR/t surówki lub 12 EUR/1000 m³ gazu koksowniczego (2 400 000 EUR/rok i 200 mln m³ gazu koksowniczego rocznie).

Przykładowe zakłady

Wdmuchiwanie gazu koksowniczego do wielkiego pieca jest techniką stosowaną w Europie w zakładzie Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria.

Literatura przedmiotu

[348, Eurofer 2007]

6.3.12.4 Wtryskiwanie tworzyw sztucznych

Opis

Maksymalne wtryskiwanie tworzyw sztucznych na poziomie dysz szacuje się na 70 kg/t surówki. Ta wartość graniczna jest wyznaczana przez warunki termochemiczne i kinetyczne w strefie wirowania wielkiego pieca. Tworzywa sztuczne mogą zawierać Cl oraz metale ciężkie, takie jak Hg, Cd, Pb i Zn. Stężenie tych pierwiastków w tworzywach sztucznych wpływa na skład gazowych i stałych związków w gazie wielkopieczowym i na separację pyłu w układzie oczyszczania gazu wielkopieczowego. Tworzywa sztuczne powinny zatem spełniać pewne kryteria wejściowe w zakresie zawartości tych pierwiastków. Niewielka modyfikacja parametrów płuczki umożliwi utrzymanie porównywalnych poziomów stężeń w gazie wielkopieczowym z tymi dla standardowych warunków działania, gdy nie zachodzi wtryskiwanie tworzyw sztucznych.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

W wielkim piecu tworzywa zastępują częściowo środki redukujące takie jak koks, co zapobiega powstawaniu emisji związanych z produkcją koksu.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Ilość wtryskiwanych tworzyw sztucznych zależy od względnych ilości węgla i wodoru, które można wyprowadzić z rodzaju wtryskiwanego tworzywa. Kilogram tworzyw sztucznych może zastąpić około 0.75 kg koksu. Zmniejszenie zawartości siarki w surówce jest możliwe dzięki niższej zawartości siarki w tworzywach sztucznych niż w oleju ciężkim lub koksie. Można zmniejszyć zużycie środków odsiarczających (np. wapna, CaC₂, Mg) w procesie odsiarczania podczas obróbki wstępnej surówki.

Zawartość Cr, Cu, Ni i Mo w gazie wielkopieczowym może wzrastać w zależności od składu stosowanych odpadów (np. lekkiej frakcji z rozdrabniacza).

Dane operacyjne

Zakład Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria uzyskał pozwolenie końcowe na wtrysk 220 000 ton tworzyw sztucznych rocznie w 2005 r. i zwiększa przepustowość do poziomu 70 kg/t surówki. W 2008 r. ilość wtryskiwanych za pomocą sprężonego powietrza tworzyw sztucznych wynosiła 18-25 kg. Tworzywa powinny spełniać pewne wymagania dotyczące składu. W tabeli 6.27 podano wymagania dla tworzyw wykorzystywanych do wtryskiwania w zakładzie Voestalpine.

Tabela 6.27: Wymogi dotyczące składu tworzyw sztucznych wykorzystywanych do wtryskiwania w zakładzie Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria

Parametr	Stężenie (% wagowy)	Parametr	Stężenie (% wagowy)
Cl	<2 %	Pb	250
S	<0,5 %	Ni	500
Co	1000	Hg	0,5
Cr	500	Cd	9
As	5	Zn	1000
UWAGA: Wszystkie liczby dotyczą mg/kg suchego tworzywa. Źródło: [211, Remus, Rainer 2008].			

Instalacje wtryskiwania tworzyw sztucznych w zakładach ArcelorMittal, Brema i ArcelorMittal, Eisenhuttenstadt, obu w Niemczech, działają od kilku lat. W 2004 r. w piecu nr 3 w Bremie wtrysk tworzyw sztucznych wynosił średnio 52,3 kg/t surówki, a w piecu nr 1 w Eisenhuttenstadt – 67,4 kg/t surówki. W momencie pisania niniejszego tekstu (2010 r.) w obu zakładach zaprzestano wtryskiwania tworzyw sztucznych z powodów ekonomicznych.

Zastosowanie

Bezpośredni wtrysk środków redukujących jest stosowany zarówno w nowych, jak i w istniejących wielkich piecach. Należy zwrócić uwagę, że technika ta zależy w dużej mierze od lokalnych uwarunkowań i warunków rynkowych.

Aspekty ekonomiczne

W zakładzie Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria zainwestowano około 20 mln EUR na instalację wtryskiwania tworzyw sztucznych o przepustowości do 220 000 ton tworzyw sztucznych rocznie. Występują dodatkowe koszty związane z konserwacją układu wtryskiwania.

Motywacja do wdrożenia techniki

Niektórych rodzajów odpadów nie można już składować na wysypiskach z powodu ograniczeń na zawartość węglowodorów. Należy zatem znaleźć inne sposoby unieszkodliwiania tych materiałów.

Przykładowe zakłady

Wdmuchiwanie tworzyw sztucznych do wielkiego pieca jest techniką stosowaną w Europie w zakładzie Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria. Jak podano, w czterech instalacjach wielopieczowych obrabiano już lekką frakcją rozdrabniacza (~200 kt/rok).

W obiekcie Salzgitter Flachstahl GmbH, Salzgitter, Niemcy rozpoczęto wtryskiwanie tworzyw sztucznych w marcu 2008 r.

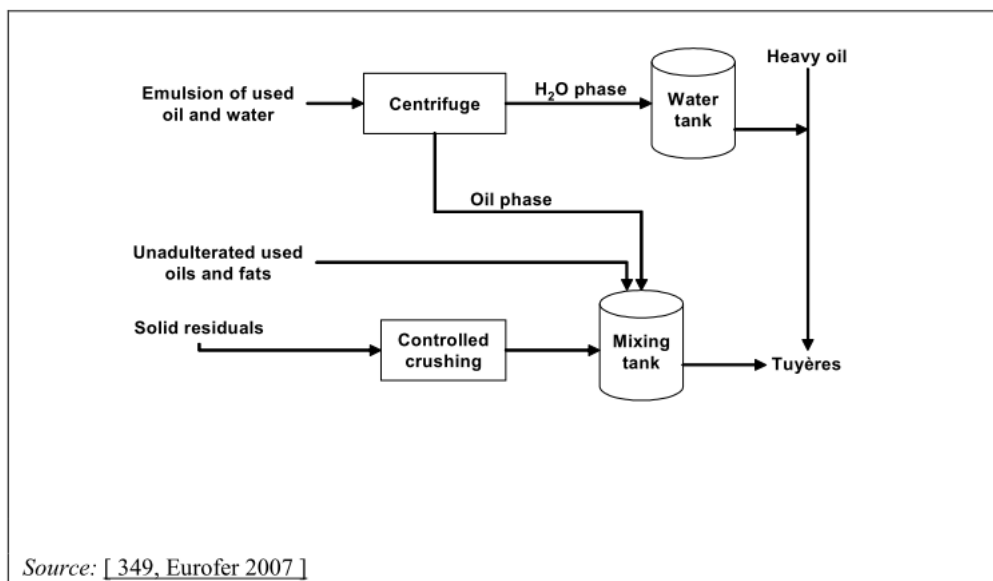
Bibliografia

[11, Campell et al. 1992]| 65, InfoMil 1997]| 132, Steeghs et al. 1994]| 211, Remus, Rainer 2008]| 221, Thomas et al. 2002]| 222, Janhsen et al. 2002]| 238, Janke et al. 1997]| 276, Italy 2007]| 277, Wiesenberger 2007]| 348, Eurofer 2007]| 390, Atkinson et al. 2004]

6.3.12.5 *Bezpośredni wtrysk zużytych olejów, tłuszczu i emulsji jako środków redukujących oraz stałych pozostałości żelaznych*

Opis

Zużyte oleje, tłuszcze oraz emulsje zużytych olejów i wody powstają w całym przemyśle. Pozostałości te można wtryskiwać do wielkiego pieca na poziomie dysz jako częściowy zastępnik dla koksu i węgla. Uproszczony schemat tego układu wtrysku bezpośredniego recyklowanych płynów podano na Rysunek 6.24. Techniki alternatywne to rozkład chemiczny bądź termiczny.



Rysunek 6.24: Uproszczony schemat układu wtrysku bezpośredniego recyklowanych płynów do wielkiego pieca

EN	PL
Emulsion of used oil and water	Emulsja zużytego oleju i wody
Centrifuge	Wirówka
H ₂ O phase	Faza H ₂ O
Water tank	Zbiornik z wodą
Heavy oil	Olej ciężki
Oil phase	Faza oleju
Unadulterated used oils and fats	Niemieszane z wodą, zużyte oleje i tłuszcze
Solid residuals	Pozostałości stałe
Controlled crushing	Kruszenie kontrolowane
Mixing tank	Mieszalnik
Tuyères	Dysze

Najważniejszym punktem tej procedury jest rozdzielenie wody, oleju i pyłu w emulsjach, aby zagwarantować ścisłą kontrolę wtryskiwania wody do wielkiego pieca. Używa się do tego wirówek tarczowych.

Integralną częścią tego procesu jest dodawanie wody oddzielonej w wirówce do ciężkiego oleju wtryskiwanego do wielkiego pieca. Ilość tej dodawanej wody może służyć do sterowania adiabaticzną temperaturą płomienia (RAFT), tj. zwiększenie ilości dodawanej wody zmniejsza RAFT. Jedną z zalet wykorzystywania tych materiałów recyklowanych jest uwarunkowana potrzebą sterowania temperaturą płomienia przy specjalnych operacjach w piecu.

Tłuste pozostałości z walcowiny składają się z materiału stałego o dużej zawartości żelaza, zanieczyszczonego węglowodorami w stopniu do 20 %. Pierwszym etapem w wykorzystaniu takiego rodzaju materiału często jest oddzielenie oleju (odtłuszczenie) od bogatych w żelazo ciał stałych. W takim układzie tłusta walcovina i podobne pozostałości ulegają rozdrobieniu (np. poprzez kruszenie) i zmieszaniu z używanymi olejami i fazą oleistą wydzieloną z emulsji w wirówce. Powstała zawiesina wtryskiwana jest do dysz pojedynczymi lancami. Węglowodory działają jako środki redukujące, tlenki żelaza ulegają redukcji do żelaza i wraz ze stopionymi cząstkami stali trafiają do surówki.

W drodze wtryskiwania materiału (np. tłustej walcowiny) na poziomie dysz wykazano, że emisje dioksyn i WWA pozostawały z zapasem w dozwolonych granicach w obu

przypadkach, co potwierdza możliwość osiągnięcia całkowitego przereagowania oleju w strefie wirowania w wielkim piecu.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Stosunek wymiany wydzielonej fazy oleju na olej ciężki jest nieco niższy od 1 ze względu na to, że nie da się całkowicie wydzielić wody z fazy oleju.

Ilość koksu w wielkim piecu może ulec zmniejszeniu o 3-8,5 kg/t surówki, w zależności od ilości wtłoczonych pozostałości. Walcowina wtryskiwana bezpośrednio do wielkiego pieca ma współczynnik substytucji rudy żelaza 1:1.

Tabela 6.28: Wielkość wtrysku i współczynniki substytucji dla różnych materiałów wtryskiwanych do dysz

Material	Wielkość wtrysku (kg/t surówki)	Współczynnik substytucji
Zużyte oleje i tłuszcze	4 - 12	0,9
Oleje ciężkie	3,5 - 78	0,8
Koks (w teorii)	3 - 8,5	0,8
Pozostałości żelazne / rudy żelaza		1
<i>Źródło:</i> [211, Remus, Rainer 2008] [349, Eurofer 2007].		

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

W szeroko zakrojonych badaniach nie wykryto żadnych szkodliwych efektów wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska. Zużywany olej ciężki można zastąpić podobną ilością wydzielonej fazy oleju. Można zmniejszyć zużycie koksu o około 3 do 8,5 kg/t surówki i tym sposobem zapobiec emisjom związanym z produkcją tej ilości koksu.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Zastosowanie

Bezpośredni wtrysk pozostałości można stosować zarówno w nowych, jak i w istniejących wielkich piecach. Należy zauważyć, że nieprzerwane działanie tego układu zależy od logistyki dostaw i przechowywania pozostałości. Szczególne znaczenie dla skuteczności powyższego rozwiązania ma również stosowana technologia transportu.

Aspekty ekonomiczne

Oplacalność wtrysku pozostałości osiąga się przez zastąpienie koksu i rud żelaza i zmniejszenie kosztów unieszkodliwiania. Koszty kapitałowe instalacji bezpośredniego wtrysku pozostałości wynoszą około 4-6 mln EUR. Maksymalna przepustowość instalacji w Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria to 12 kg pozostałości na tonę surówki lub 15 000 t pozostałości rocznie dla wielkiego pieca o wydajności około 2500 ton surówki dziennie.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Bezpośredni wtrysk pozostałości produkcyjnych zgodnie z opisem powyżej jest zainstalowany w wielkich piecach nr 5 i 6 w zakładzie Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria.

Bibliografia

[349, Eurofer 2007]

6.3.13 Odzysk energii z gazu wielkopieczowego pod ciśnieniem

Opis

Wielkie piece z gazem gardzielowym pod dużym ciśnieniem dają idealną możliwość odzysku energii z wytwarzanych w nich dużych objętości gazu gardzielowego pod ciśnieniem. Energia jest odzyskiwana za pomocą rozprężnej turbiny, zainstalowanej za urządzeniem oczyszczającym gaz wielkopieczowy.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Ilość energii, która może być odzyskana z gazu wielkopieczowego pod ciśnieniem, zależy od objętości gazu, gradientu ciśnienia i temperatury wlotu. Odzysk energii w ten sposób jest możliwy, gdy urządzenie oczyszczające gaz wielkopieczowy i sieć dystrybucyjna charakteryzują się niskim spadkiem ciśnienia.

Ciśnienie gazu gardzielowego w nowoczesnych wielkich piecach wynosi około 0,25-2,5 bara. Ciśnienie gazu wielkopieczowego w głównym rurociągu zbierającym wynosi około 0,05-0,1 bara. Ciśnienie gazu wielkopieczowego jest częściowo „zużywane” przez urządzenie oczyszczające gaz.

Podaje się, że w nowoczesnym wielkim piecu przy ciśnieniu gazu gardzielowego 2-2,5 bara może powstać aż 15 MW energii elektrycznej.

Szacuje się, że oszczędności energii wynoszą do 0,4 GJ/t surówki dla turbiny 15 MW. Oszczędności ocenia się na 2 % zapotrzebowania energetycznego brutto wielkiego pieca. Zastosowanie odzysku energii z ciśnienia gazu gardzielowego w wielkich piecach jest powszechne w tego typu instalacjach.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Nieznane są wzajemne powiązania pomiędzy różnymi komponentami środowiska.

Dane operacyjne

Technika odzyskiwania energii z ciśnienia gazu wielkopieczowego zazwyczaj działa automatycznie bez problemów. Można zastosować turbiny osiowe, które są bardziej efektywne niż turbiny promieniowe. Punkt krytyczny występuje, gdy turbina ma zostać wyłączona i gradient ciśnienia jest przekazywany do urządzenia oczyszczania gazu. Zawsze podejmuje się specjalne działania zabezpieczające, aby uniknąć uszkodzenia urządzenia oczyszczania gazu lub rurociągu zbiorczego.

Należy zauważyć, że zastosowanie turbin wymaga dokładnego oczyszczenia gazu wielkopieczowego. Problemy techniczne (korozję) powoduje przede wszystkim wysoka zawartość zasad.

Zastosowanie

Rozwiązanie polegające na odzysku energii z ciśnienia gazu wielkopieczowego można stosować w nowych instalacjach, a w pewnych okolicznościach w instalacjach istniejących, chociaż wiąże się to z większymi trudnościami i dodatkowymi kosztami. Zasadnicze znaczenie przy stosowaniu przedmiotowej techniki ma odpowiednia wartość ciśnienia gazu wielkopieczowego, przekraczająca 1,5 bara.

W nowych zakładach turbina gazu wielkopieczowego i urządzenie oczyszczające gaz wielkopieczowy mogą być zaadaptowane do współpracy ze sobą, aby osiągnąć wysoką skuteczność zarówno przy procesie odpylania mokrego, jak i odzysku energii.

Aspekty ekonomiczne

Turbina przynosi tym większe zyski, im większa ilość gazu wielkopieczowego przez nią przepływa, im większy jest gradient ciśnienia gazu wielkopieczowego oraz im wyższe są koszty energii. W nowoczesnym wielkim piecu możliwy jest okres zwrotu krótszy niż trzy lata, jednak w zależności od miejscowych warunków i ciśnienia gazu wielkopieczowego może on wynosić ponad 10 lat.

Motywacja do wdrożenia techniki

Główną przesłanką do instalacji turbiny do odzysku energii z ciśnienia gazu wielkopieczowego są korzyści ekonomiczne.

Przykładowe zakłady

Odzysk energii z ciśnienia gazu wielkopieczowego jest stosowany na całym świecie w nowoczesnych wielkich piecach o wysokim ciśnieniu i dużej objętości gazu gardzielowego.

Bibliografia

[1, Arimitsu 1995][42, EC 2003][65, InfoMil 1997][66, Joksch 1995][350, Eurofer 2007]

6.3.14 Oszczędności energii w nagrzewnicach dmuchu wielkopieczowego

Opis

Nagrzewnice dmuchu wielkopieczowego są opalane gazem wielkopieczowym (często wzbogaconym). Dostępnych jest kilka technologii optymalizujących efektywność wykorzystania energii nagrzewnicy dmuchu wielkopieczowego, m.in.:

1. wykorzystanie komputerowego wspomaganie pracy nagrzewnicy dmuchu wielkopieczowego; unika się niepotrzebnych rezerw przez przystosowanie dostaw energii do rzeczywistego zapotrzebowania i minimalizuje się wielkość wzbogacania dodawanego gazu (w przypadku, gdy wzbogacanie ma miejsce),
2. wstępne podgrzewanie paliwa lub powietrza spalania w połączeniu z izolowaniem przewodów zimnego dmuchu i przewodów kominowych spalin. Ciepło jawne ze spalin może być wykorzystane do podgrzania nośnika paliwa. Możliwość zastosowania tej metody zależy od wydajności nagrzewnic, ponieważ warunkuje ona wysokość temperatury spalin (np. przy temperaturach spalin poniżej 250 °C odzysk ciepła może nie być atrakcyjny z technicznego lub ekonomicznego punktu widzenia). Wymiennik ciepła z przyczyn ekonomicznych powinien obejmować obwód nagrzewania oleju. W niektórych przypadkach można stosować ciepło z zewnątrz, np. ciepło schładzania ze spiekalni, jeżeli odległości, z którymi mamy do czynienia, nie są zbyt duże. Podgrzanie nośnika paliwa zmniejsza zużycie energii. W zakładach, które wykorzystują wzbogacony gaz wielkopieczowy, podgrzanie paliwa mogłoby oznaczać, że wzbogacanie nie będzie już potrzebne,
3. stosowanie bardziej odpowiednich palników w celu poprawienia procesu spalania,
4. szybki pomiar O₂, a następnie dostosowanie warunków spalania.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

W pracy [66, Joksch 1995] podano następujące oszczędności w zużyciu energii:

1. komputerowe wspomaganie pracy nagrzewnic dmuchu wielkopieczowego prowadzi do poprawienia efektywności pracy nagrzewnicy wielkopieczowej o ponad 5 %. Odpowiada to oszczędności energii około 0,1 GJ/t surówki;
2. podgrzewanie nośnika paliwa lub powietrza spalania również może prowadzić do oszczędności energii w wysokości około 0,3 GJ/t surówki. Znaczne oszczędności energii można osiągnąć poprzez wykorzystanie gazów spalinowych do wstępnego podgrzewania gazu wielkopieczowego. Oszczędności płynące z wykorzystania tej techniki to około 170 MJ/t stali. Poziomy emisji, jakie można osiągnąć, są następujące: NO_x 20 – 25 g/t surówki, SO₂ 70 – 100 g/t surówki, CO₂ 0,4 – 0,5 g/t surówki.
3. odnośnie technik 3 i 4, kolejne 0,04 GJ/t surówki można zaoszczędzić przez usprawnienie spalania i adaptację warunków spalania.

Całkowite oszczędności energii możliwe przy połączeniu wymienionych technologii są rzędu 0,5 GJ/t surówki.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Nie zanotowano oddziaływania na środowisko [66, Joksch 1995]. Można się spodziewać, że podgrzanie nośnika paliwa i zarejestrowany wzrost temperatury spalin prowadziły do

wyższych emisji NO_x z nagrzewnic dmuchu wielkopiecowego. Zastosowanie nowoczesnych palników może ograniczyć emisje NO_x.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Zastosowanie

Wyżej wspomniane techniki oszczędności energii w nagrzewnicach dmuchu wielkopiecowego mają zastosowanie zarówno w nowych, jak i w istniejących instalacjach, tam, gdzie pozwala na to konstrukcja i spełnione są warunki wstępne.

Aspekty ekonomiczne

Przedstawione działania mogą być atrakcyjne z ekonomicznego punktu widzenia, ponieważ zużycie energii jest mniejsze i dzięki temu powstają oszczędności finansowe. Zyskowność zależy od ilości zaoszczędzonej energii oraz od kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych omawianych rozwiązań. Typowe koszty instalacji odzysku ciepła wynosiły w 1997 r. 6 mln EUR na zestaw nagrzewnic, tj. na wielki piec.

Wprowadzenie sterowania wspomaganego komputerowo może wymagać budowy czwartej nagrzewnicy w przypadku wielkich pieców z trzema nagrzewnicami (na ile jest to możliwe), aby zmaksymalizować korzyści.

Motywacja do wdrożenia techniki

Przesłanką do wdrożenia przedmiotowej techniki są korzyści ekonomiczne związane ze zwiększoną produktywnością i mniejszym zużyciem energii.

Przykładowe zakłady

Thyssen Krupp Stahl AG, Duisburg, Niemcy

Wielki piec nr 7; Corus, IJmuiden, Holandia

ArcelorMittal, Gent, Belgia

ArcelorMittal, Gijon, Hiszpania

Ruukki, Finlandia

Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria

Voestalpine Stahl GmbH, Donawitz, Austria.

Bibliografia

[66, Joksch 1995][208, Lindfors et al. 2006]

7 PRODUKCJA STALI METODĄ KONWERTOROWO-TLENOWĄ I ODLEWANIE STALI

Zastąpienie powietrza przez tlen w produkcji stali jako pierwszy zaproponował Henry Bessemer. Od 1950 roku tlen wykorzystywany jest w produkcji stali niezależnie od stosowanej metody produkcji. Warunkiem opłacalnego wykorzystania procesu z użyciem zasadowego konwertora tlenowego na skalę przemysłową była dostępność wymaganej ilości technicznie czystego tlenu, jak również technologia z wykorzystaniem chłodzonej wodą lancy do wprowadzenia tlenu do konwertora.

Pierwszy BOF stosowany na skalę produkcyjną (zwany również konwertorem tlenowym) wybudowano w Linz w Austrii w 1952 r. [363, Eurofer 2007].

Proces BOF i elektryczny piec łukowy od tego czasu zastąpiły istniejące, mniej energooszczędnych procesy produkcji stali, takie jak proces Thomasa i proces martenowski (proces Siemens-Martina). W UE ostatnie piece Siemens-Martina wycofano z eksploatacji pod koniec 1993 roku. Proces BOF i EAF to jedyne procesy wykorzystywane do produkcji stali na terenie UE. Proces BOF stanowi dwie trzecie produkcji, natomiast proces EAF pozostałą jedną trzecią (UE-27 w 2006 r. Patrz również rysunek 1.2).



Rysunek 7.1: Zasadowy konwertor tlenowy w momencie ładowania surówki

7.1 Stosowane procesy i techniki

Produkcja stali z wykorzystaniem tlenu ma na celu spalanie (tj. utlenianie) niepożądanych zanieczyszczeń znajdujących się w materiale wsadowym w postaci surówki. Tym samym głównymi składnikami przekształcanymi w tlenki są węgiel, krzem, mangan i fosfor [363, Eurofer 2007]. Zawartość siarki obniża się głównie podczas obróbki wstępnej surówki. Dlatego też proces utleniania ma na celu:

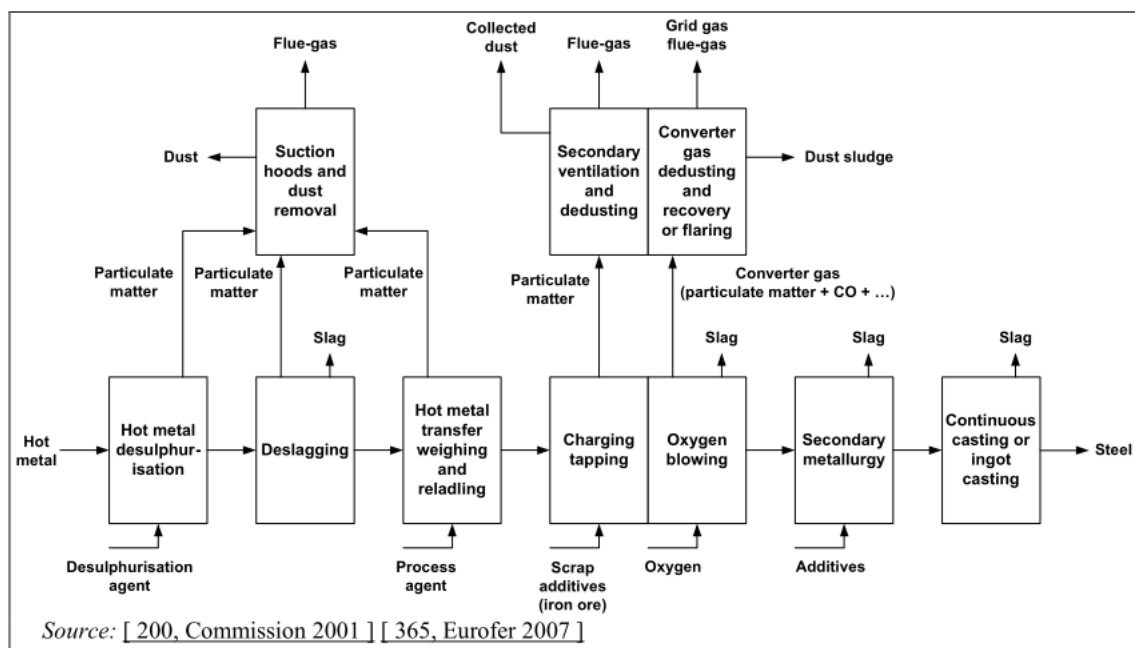
- obniżenie do określonego poziomu zawartości węgla (z około 4-5% do zazwyczaj 0,01-0,4%),
- dostosowanie zawartości pożądanych pierwiastków obcych,
- usunięcie w jak największym stopniu niepożądanych zanieczyszczeń.

Produkcja stali podczas procesu BOF to proces okresowy, w którym występują następujące etapy:

- transport materiału z wielkiego pieca i jego rozładunek,
- wstępna obróbka surówki (odsiarczanie, oddzielanie żużła),
- transport, ważenie i przelewanie,
- utlenianie w BOF (odwęglanie i utlenianie zanieczyszczeń),
- wtórna obróbka metalurgiczna,
- odlewanie (ciągle lub w postaci wlewek).

Poszczególne etapy i powiązane emisje podsumowano na rysunku 7.2.

Rysunek 7.2:



EN	PL
flue-gas	gaz spalinowy
dust	pył
suction hoods and dust removal	okap odciągowy i usuwanie pyłu
particulate matter	drobne cząstki
hot metal	surówka
hot metal desulphurisation	odsiarczanie surówki
deslagging	oddzielanie żużła
desulphurisation agent	substancja do odsiarczania
hot metal transfer,	transport surówki, ważenie

weighting and reladling	i przelewanie
process agent	środki technologiczne
collected dust	zgromadzony pył
grid gas	gaz z sieci
secondary ventilation and dedusting	wtórna wentylacja i odpylanie
converter gas dedusting and recovery or flaming	odpylanie gazu konwertorowego i odzyskiwanie lub spalanie
dust sludge	szlam pyłowy
converter gas (particulate matter + CO ₂ + ...)	gaz konwertorowy (cząstki stałe+ CO ₂ + ...)
charging, tapping	ładowanie, spust
scrap additives (iron ore)	dodatki złomu (ruda żelaza)
oxygen blowing	wdmuchiwanie tlenu
oxygen	tlen
slag	żużel
oxygen secondary metallurgy	metalurgia wtórna tlenu
additives	dodatki
continuous casting or ingot casting	odlewanie ciągłe lub odlewanie wlewek
steel	stal
source	źródło

Rysunek 7.2: Kolejne etapy w procesie produkcji stali z wykorzystaniem tlenu ze wskazaniem poszczególnych źródeł emisji

7.1.1 Transport i przechowywanie surówki

Surówka doprowadzana jest z wielkiego pieca do instalacji do produkcji stali za pomocą wozu samowyładowczego lub kadzi mieszalnikowej. Kadzie wyłożone są cegłami z korundu, mulitu i boksytu lub dolomitu z dodatkową przekładką izolacyjną między stalą a materiałem ogniotrwałym. Dominującym rozwiązaniem stała się kadź mieszalnikowa, będąca rodzajem mieszalnika gorącego metalu przemieszczającego się na szynach. Mieszalnik jest podparty z każdej strony i można go obracać w celu opróżniania jego zawartości. Kadzie mieszalnikowe zazwyczaj mają konstrukcję o pojemności w granicach od 100 do 300 ton, a największe jednostki mieszczą do 400 ton. Konstrukcja kadzi mieszalnikowej minimalizuje straty ciepła. Pracuje ona również jako mieszalnik surówki i eliminując konieczność zastosowania oddzielnego systemu magazynowania surówki.

Okres eksploatacji kadzi mieszalnikowych przy normalnym użytkowaniu wynosi od 150 000 do 400 000 ton. Odsiarczanie w kadziach mieszalnikowych skraca ich potencjalny okres pracy między cyklami wymianami okładziny i wymaga szczególnej uwagi podczas doboru materiałów ogniotrwałych.

Podczas transportu w kadzi otwartej w niektórych przypadkach surówkę przechowuje się w mieszalnikach. Są to obrotowe poziome pojemniki stalowe wyłożone cegłą ogniotrwałą. Służą one do kompensacji fluktuacji produkcji wielkiego pieca, a w instalacji do wytwarzania stali do wyrównywania składu chemicznego poszczególnych wytopów wielkiego pieca oraz do zapewnienia jednolitej temperatury. Nowoczesne mieszalniki surówki mają pojemności do 2000 ton.

7.1.2 Wstępna obróbka surówki

Wstępna obróbka ma na celu zmniejszenie zawartości siarki, fosforu i krzemu w surówce [363, Eurofer 2007].

W Europie podczas przygotowywania surówki do procesu konwertorowego stosuje się wyłącznie etap odsiarczania. Usuwanie fosforu i odkrzemianie wsadu pociąga za sobą zastosowanie kosztownej i zaawansowanej technologii, która przy uwzględnieniu obecnych wymogów w dającej się przewidzieć przyszłości wydaje się nieuzasadniona. Zastosowanie tych procesów zależy od surowców użytych w wielkim piecu i od wymaganego gatunku stali [363, Eurofer 2007].

Metalurgia w udoskonalonym wielkim piecu i redukcja ilości zastosowanej siarki dzięki użyciu koksu i innych środków redukujących wpłynęła na obniżenie poziomu siarki w surówce. Wymagane dzisiaj zawartości siarki (od 0,001 do 0,020%) do ładowania konwertora są powszechnie regulowane w urządzeniu do odsiarczania gorącego metalu, usytuowanego poza wielkim piecem. Zewnętrzne odsiarczanie oznacza również korzyści w zakresie ochrony środowiska. W procesie produkcji w wielkim piecu na ogół obejmują ono zmniejszenie zużycia koksu i spieków, niższe straty surówki i lepszą jakość żużli hutniczych. To ostatecznie prowadzi do zmniejszenia zużycia okładzin i materiałów ogniotrwałych oraz tlenu [363, Eurofer 2007].

Środki do odsiarczania to głównie węglik wapnia, ale również wapno, magnez i tlenek wapnia oraz rzadko również materiały zawierające sodę kalcynowaną.

Najbardziej rozpowszechniona metoda odsiarczania surówki stosowana obecnie w Europie to metoda opierająca się na zastosowaniu węgliku wapnia. Wyparła ona poprzednią technologię z wykorzystaniem sody ze względu na unieszkodliwianie odpadów i zarządzanie jakością powietrza. Zastosowanie mieszaniny węgliku wapnia, magnezu i wapna umożliwia odsiarczanie surówki na finalnym poziomie aż do 0,0010%, niezależnie od początkowej zawartości siarki. Wady polegają na stosunkowo niskim wyczerpaniu środka odsiarczania i konieczności intensywnego mieszania środka do odsiarczania z surówką. Jedną ze szczególnych korzyści jest to, że proces prowadzi do powstania kruchego żużla, który można łatwo usunąć. Zastosowanie magnezu wraz z węglikiem wapnia jest w przybliżeniu tak powszechne jak zastosowanie samego węgliku wapnia [363, Eurofer 2007].

Odsiarczanie sodą amoniakalną jest prostym procesem ze względu na niską temperaturę topnienia i powstałą łatwość mieszania produktu z surówką. Jego wady to niska specyficzność i potrzeba znalezienia trasy utylizacji dla wyprodukowanego żużla sodowego. Zawartość siarki w tych żużlach waha się od 1 do 15%, a zawartość Na_2O w nich mieści się w granicach od 5 do 40% w zależności od zastosowanego procesu. Zastosowanie żużla sodowego do recyklingu w instalacji jest niepraktyczne ze względu na wysoką zasadowość. Do tej pory nie udało się opracować opłacalnej alternatywnej metody recyklingu. Po rzuceniu siarczek sodu rozkłada się, ze względu na obecność wody tworząc roztwór wodorotlenku sodu i siarkowodór. Zastosowanie sody kalcynowanej jest ograniczone. W trakcie procesu odtłuszczenia w ograniczonym zakresie można stosować niewielkie ilości sody kalcynowanej.

Proces odsiarczania prowadzi się na wiele różnych sposobów i w wielu systemach. W najczęstszych wariantach odsiarczanie odbywa się:

- w rynie spustowej wielkiego pieca,
- w odlewanym strumieniu surówki,
- w kadzi transportowej lub
- w specjalnie zaprojektowanych zbiornikach hutniczych.

Do znanego sprzętu do odsiarczania zalicza się lancę zanurzeniową, kadełko syfonu, zbiorniki obrotowe i oscylujące i sprzęt mieszający do stosowania w kadzi. Węglik wapnia jest powszechnie stosowany w połączeniu z lancą zanurzeniową i metodą mieszania. Magnez jest

dotychczasowy się w postaci proszku w gazie nośnym za pośrednictwem zanurzonej lancy. Proces odsiarczania przeprowadza się na osobnych stanowiskach oczyszczania.

Przykład takiego procesu: środek do odsiarczania jest wdmuchiwany przez lancę do surówki za pomocą azotu i wysuszonego powietrza. Siarka jest wiązana w żużlu, który unosi się na powierzchni surówki. Żużel jest usuwany w module rozdzielania żużla a płynne żelazo jest przelewane z kadzi do układu ważenia. W razie potrzeby dodaje się środków chemicznych. W niektórych przypadkach za pomocą zgarniaczy żużla przeprowadza się tutaj drugi proces usuwania żużla. Przeważnie kadzie waży się na żurawiu z przeciwcieżarem. Po zważeniu surówkę wprowadza się do konwertora [363, Eurofer 2007]. Różnica między wypełnioną kadzią a kadzi pustą stanowi dokładną wagę surówki wlanej do konwertora.

7.1.3 Utlenianie w zasadowym konwertorze tlenowym

W celu realizacji założeń, o których mowa powyżej, niepożądane zanieczyszczenia są utleniane, a następnie usuwa się je za pomocą gazów odlotowych lub żużla. W tabeli 7.1 ukazano główne reakcje chemiczne w procesie utleniania występujące w zasadowym konwertorze tlenowym (BOF). Niepożądane zanieczyszczenia usuwa się za pomocą gazu odlotowego lub ciekłego żużla. Energia potrzebna do podniesienia temperatury i stopienia materiału wsadowego dostarczana jest z egzotermicznej reakcji utleniania, tak że nie jest wymagane dodatkowe zużycie ciepła. Z drugiej strony na potrzeby wyrównania bilansu cieplnego trzeba dodać złomu lub rudy. W niektórych BOF i połączonych procesach dmuchu, węglowodory gazowe (np. gaz ziemny) są wstrzykiwane jako chłodziwo dyszy (patrz rysunek 7.4).

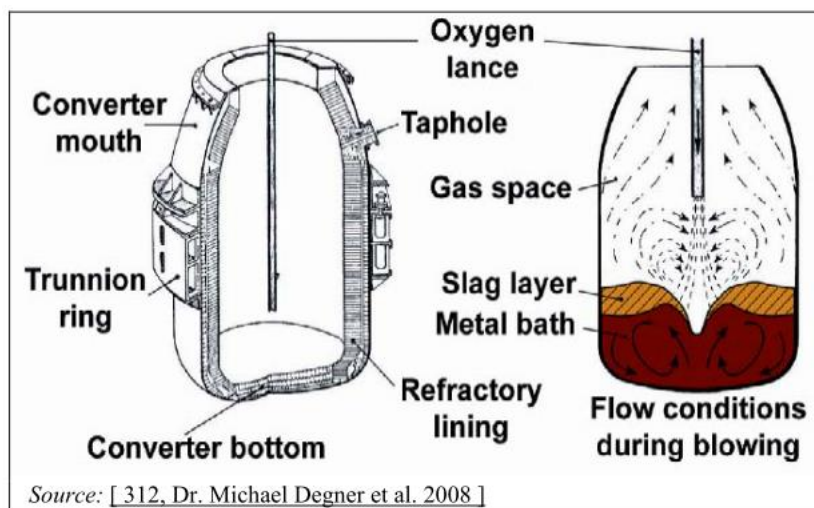
Tabela 7.1: Główne reakcje chemiczne mające miejsce podczas procesu utleniania

Proces utleniania	Reakcja chemiczna		
Usuwanie węgla	$[C] + [O]$	\leftrightarrow	CO (gaz odlotowy)
	$[CO] + [O]$	\leftrightarrow	CO ₂ (gaz odlotowy)
Utlenianie elementów towarzyszących i pozostałości			
– odkrzemianie	$[Si] + 2[O] + 2[CaO]$	\leftrightarrow	(2CaO • SiO ₂)
– reakcja na mangan	$(Mn) + (O)$	\leftrightarrow	(MnO)
– usuwanie fosforu	$2[P] + 5 [O] + 3 [CaO]$	\leftrightarrow	(3CaO • P ₂ O ₅)
Odtlenianie			
Usuwanie pozostałości tlenu za pomocą żelazokrzemu	$[Si] + 2[O]$	\leftrightarrow	(SiO ₂)
Reakcja na aluminium	$2[Al] + 3[O]$	\leftrightarrow	(Al ₂ O ₃)
Uwaga: — [] = rozpuszczone w surówce — () = zawarte w żużlu Źródło: [200, Komisja 2001][363, Eurofer 2007].			

Eksploatacja BOF jest procesem półciągłym. Pełny cykl składa się z następujących etapów: ładowania złomu i stopionej surówki, wdmuchiwania tlenu, pobierania próbek rejestracja temperatury spustu. W nowoczesnych stalowniach w 30-40-minutowym cyklu wytwarza się do 380 ton stali.

W trakcie tego procesu stosuje się dodatki w celu dostosowania jakości stali oraz na potrzeby produkcji żużla. Podczas ładowania i spuszczenia konwertor jest pochylony. Podczas wdmuchiwania tlenu przetwornik jest umieszczony w pozycji pionowej [363, 2007 Eurofer].

Istnieje kilka typów reaktorów wykorzystywanych w procesie produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową. Najczęściej używanym rodzajem jest konwertor LD (Linz-Donawitz) stosowany w przypadku surówki o niskiej zawartości fosforu. Konwertor jest w kształcie gruszki, wyłożony materiałami ogniotrwałymi, w którym lanca chłodzona wodą tlenowa jest obniżona. Za pośrednictwem tej lancy czysty tlen (> 99%) z zakładu oddzielania powietrza jest wdmuchiwany do ciekłej surówki (patrz rysunek 7.3) [363, 2007 Eurofer].



EN	PL
oxygen lance	lanca tlenowa
converter mouth	gardziel konwertora
trunnion ring	pierścień z czopami
converter bottom	dno konwertora
refractory lining	ogniotrwała okładzina
taphole	otwór spustowy
gas space	przestrzeń gazowa
slag layer	warstwa żużla
metal bath	kąpiel metalowa
flow conditions during blowing	warunki przepływu podczas wdmuchiwania

Rysunek 7.3: Konwertor do produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową

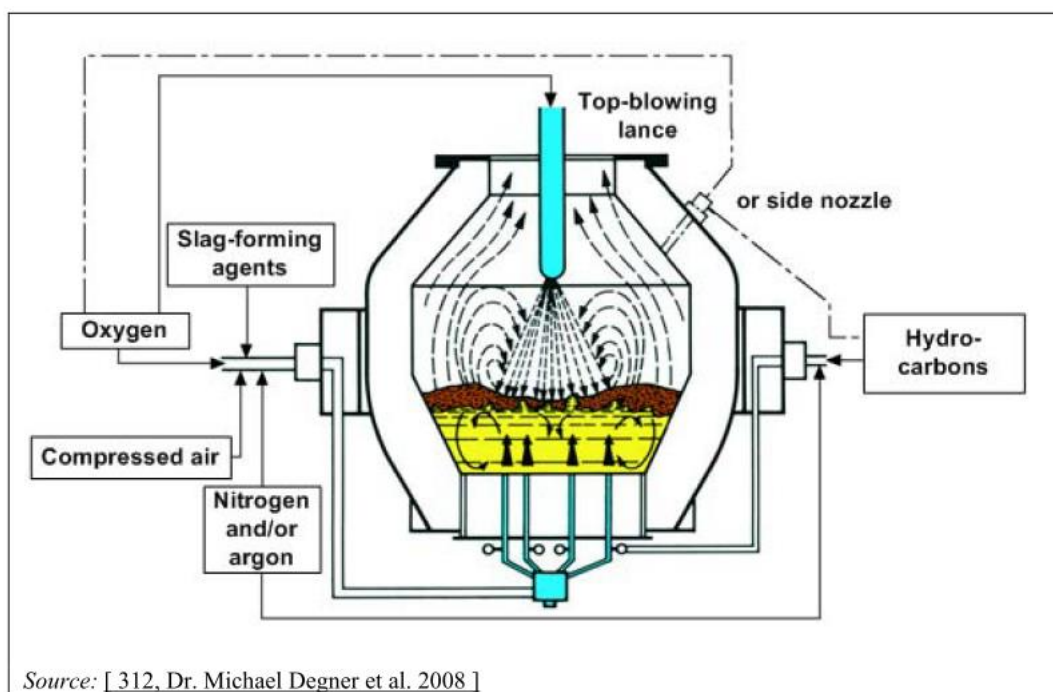
Do innych rodzajów reaktorów zalicza się proces tlenowo-dennicowy Maxhuette (OBM) znany w świecie anglojęzycznym jako proces Q-BOP (patrz rysunek 7.4) i proces Loire-Wendel-Sprunck (LWS). Procesy te różnią się od konwertora LD tym, że tlen i topniki są wdmuchiwane przez dysze zanurzone w dnie za pomocą węglowodorów do chłodzenia [19, EC BOF 1995] [312, dr Michael Degner i in. 2008] [363, Eurofer 2007].

EN	PL
off-gas: cooling – dedusting – collection	gaz odlotowy: chłodzenie – odpylanie – gromadzenie

fluxes	topniki
oxygen	tlen
compressed air	sprężone powietrze
nitrogen and/or argon	azot lub argon
hydrocarbons	węglowodory

Rysunek 7.4: Model konwertora OBM (Q-BOP) przekrój poprzeczny

Opracowano także techniki wdmuchiwania połączonego. W razie potrzeby proces przy użyciu konwertora LD można wzmocnić przez „mieszanie dolne” argonem (Ar) lub azotem (N₂) przez porowate cegły w okładzinie dolnej na niektórych etapach procesu. Najczęstsze rodzaje to proces konwertorowy LBE i proces TBM. Przykładem tego ostatniego jest pokazany na wykresie kombinowanego układu konwertora tlenowego z dmuchem górnym na rysunku 7.5. Ewentualnie do wstrzykiwania czystego tlenu lub innych gazów podczas procesu przedmuchiwania stali można wykorzystać dysze dolne, takie jak lanca stosowana w procesie LTE lub techniki LD-HC. Połączenie tych technik przedmuchiwania daje bardziej intensywny przepływ stopionej surówki i poprawia reakcję pomiędzy tlenem a stopionym metalem [363, Eurofer 2007].



Rysunek 7.5: Schemat kombinowanego układu konwertora tlenowego z dmuchem górnym

EN	PL
slag-forming agents	środki do wytwarzania żużla
oxygen	tlen
compressed air	sprężone powietrze
nitrogen and/or argon	tlen lub argon
top-blowing lance	lanca do dmuchu górnego
or side nozzle	lub dysza boczna
hydrocarbons	węglowodory

W tabeli 7.2 przedstawiono przegląd kilku konwertorów tlenowych stosowanych w UE w rozbiciu na rodzaje procesów. Oczywiście proces LD jest typem najpopularniejszym.

Tabela 7.2: Rodzaje, liczba i nominalna zdolność produkcyjna zasadowych konwertorów tlenowych (konwertorów tlenowych) eksploatowanych w UE

Proces	Liczba		Nominalna zdolność produkcyjna (tys. t/rok)		
	Rok	1997	2004	1997	2004
LD		17	5	12 400	5 400
LD z mieszaniem dolnym		44	36	64 960	54 300
LBE		22	10	27 550	12 700
OBM		5		2 780	
KOBM		1		2 200	
EOF		1		400	
TBM			5		10 200
LWS		2	2	2 900	2 200
LET			2		4 400
Ogółem		92	60	113 190	89 200
Źródło: [200, Commission 2001][363, Eurofer 2007][365, Eurofer 2007].					

Ilość zużywanego tlenu zależy od składu surowki (czyli od zawartości C, Si, P).

Przebieg procesu wytwarzania stali jest oceniany na podstawie próbek płynnego metalu. W nowoczesnych zakładach pobieranie próbek odbywa się bez przerywania wdmuchiwania tlenu za pomocą sublancy. Ten sam wynik uzyskuje się poprzez normalizację procedur procesowych lub za pomocą odpowiedniego dynamicznego modelowania i monitorowania. Dzięki tym praktykom można utrzymać jakość, produktywność i zredukować emisję dymów podczas przechylania konwertora. Gdy jakość stali spełnia wymagania, wdmuchiwanie tlenu zostaje zatrzymane, a stal surową spuszcza się z konwertora do kadzi. Stopiona stal jest następnie transportowana po obróbce pozapiecowej do maszyny odlewniczej.

Reakcje utleniania są egzotermiczne, i tym samym zwiększają temperaturę płynnego żelaza. Żłom, rudę żelaza i inne substancje chłodzące dodaje się w celu schłodzenia reakcji i utrzymania temperatury na poziomie ok. 1600-1700 °C. Zwykle około 190 kg/t ciekłej stali to żłom, ale czasem udaje się osiągnąć wartości na poziomie 300 kg/t ciekłej stali, a nawet wyższe. Ilość ładowanej żłomu zależy od wstępnej obróbki przeprowadzonej w przypadku danej surowki oraz wymaganej temperatury spustu ciekłej stali [145, komentarze UBA 1997]. Różnice w cenie rynkowej żłomu i wymaganych specyfikacji stali również mają na to wpływ [363, Eurofer 2007].

Gazy wytwarzane podczas wdmuchiwania tlenu (gaz z konwertora) zawierają duże ilości tlenku węgla. W większości hut stali podjęto środki mające na celu odzyskanie gazu z konwertora i wykorzystania go jako źródła energii. W otwartych systemach spalania powietrze wprowadza się do przewodu spalinowego konwertora, i tym samym częściowo lub całkowicie spala się tlenek węgla. W systemie spalania tłumionego podczas wdmuchiwania tlenu osłona jest spuszczana na gardziel konwertora. Tym samym tlen z otoczenia nie może dostać się do kanału spalinowego i uniemożliwia się spalanie tlenku węgla. Gazy bogate w CO można zbierać, czyścić i przechowywać na potrzeby późniejszego wykorzystania jako paliwo. Główną zaletą spalania tłumionego jest mniejszy przepływ spalin, ponieważ nie zachodzi spalanie, a do środka nie dostaje się żaden dodatkowy azot z powietrza. Wpływa to na większą wydajność, ponieważ prędkość wdmuchiwania tlenu można zwiększyć. W użyciu

są zarówno systemy wykorzystujące „spalanie otwarte”, jak i „spalanie tłumione”. Ciepło wytwarzane podczas spalania otwartego zwykle odzyskiwane jest w kotle odzysknicowym [363, Eurofer 2007].

W procesie produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową podczas ładowania złomu i surówki, przedmuchiwania stali oraz podczas spustu żużla i stali ciekłej również wytwarza się znaczne ilości pyłów. Wszystkie stalownie w UE podjęły działania zmierzające do zmniejszenia emisji pyłów.

Podczas procesu stalowniczego powstaje żużel BOF. Kontrola żużla ma na celu dostosowanie składu surówki i wytwarzanie żużla o pożądanej jakości [363, Eurofer 2007]. Podczas produkcji żużla i po schłodzeniu w zależności od warunków rynkowych przeprowadza się kilka działań, aby wpływać na jakość żużla z konwertora BOF (patrz rysunek 7.6). Zazwyczaj krystaliczny żużel rozdrabnia się i przesiewa, co stanowi część procesu produkcji. Żużel można poddać uzdatnianiu, gdy jest jeszcze w stanie ciekłym, zaraz po jego wytworzeniu, poprzez dodanie krzemu w celu wytworzenia bardzo wysokiej jakości kruszywa. Fosforanów można również dodawać do produkcji rolnej odżywki do gleby. Parametry techniczne i chemiczne żużla sprawiają, że nadaje się do zastosowań konstrukcyjno-budowlanych i w hydrotechnice, jak i w rolnictwie [363, Eurofer 2007]. Czasami żużel przeznaczany jest do składowania na wysypiskach odpadów.

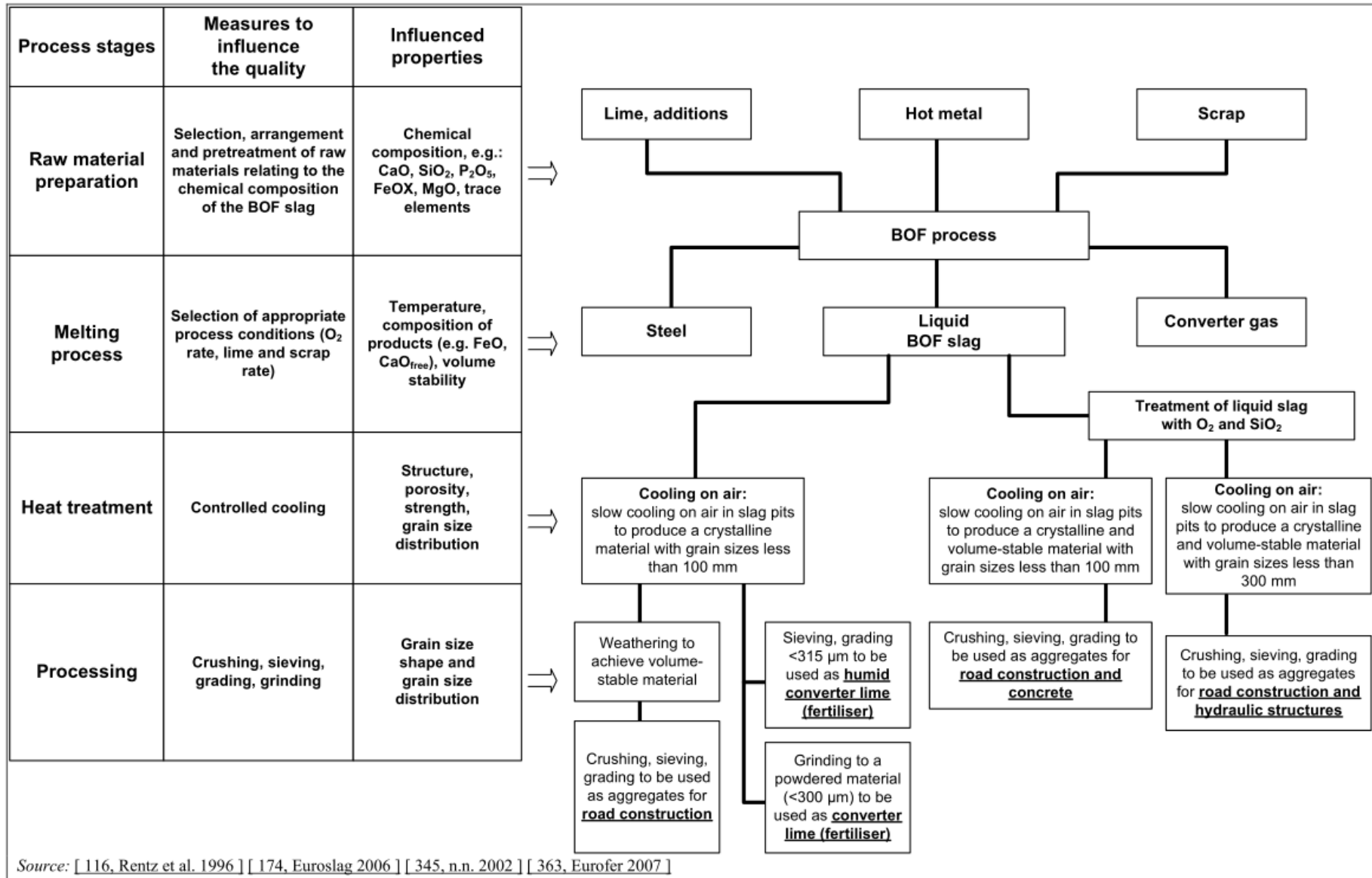
EN	PL
process stages	etapy technologiczne
measures to influence the quality	działania mające na celu poprawę jakości
influenced properties	zmieniane właściwości
raw material preparation	przygotowanie surowca
melting process	proces topienia
heat treatment	obróbka cieplna
processing	przetwarzanie
selection, arrangement and pretreatment of raw materials relating to the chemical composition of the BOF slag	wybór, ułożenie i obróbka wstępna surowca w związku ze składem chemicznym żużla z konwertora BOF
chemical composition, e.g. CaO, SiO ₂ , P ₂ O ₅ , FeOX, MgO, trace elements	skład chemiczny, tj. CaO, SiO ₂ , P ₂ O ₅ , FeOX, MgO, pierwiastki śladowe
selection of appropriate process conditions (O ₂ rate, lime and scrap rate)	wybór odpowiednich warunków dla technologicznych (współczynnik tlenu, współczynnik wapna i złomu)
temperature, composition of products (e.g. FeO, CaO _{free}), volume stability	temperatura, skład produktów (np. FeO, CaO _{wolny}), stałość objętości
controlled cooling	chłodzenie regulowane
structure, porosity, strength, grain size distribution	struktura, porowatość, wytrzymałość, zakres wielkości ziaren
crushing, sieving, grading,	kruszenie, przesiewanie,

grinding	sortowanie, mielenie
grain size shape and grain size distribution	kształt ziaren i zakres wielkości ziaren

EN	PL
lime, additions	wapno, dodatki
hot metal	surówka
scrap	złom
BOF process	proces BOF
steel	stal
liquid BOF slag	żużel BOF w stanie ciekłym
converter gas	gaz z konwertora
treatment of liquid slag with O ₂ and SiO ₂	obróbka ciekłego żużla za pomocą O ₂ i SiO ₂
cooling on air: slow cooling on air in slag pits to produce crystalline material with grain sizes less than 100 mm	chłodzenie powietrzem w komorach z żużlem w celu wytworzenia materiału krystalicznego o rozmiarze ziarna poniżej 100 mm
cooling on air: slow cooling on air in slag pits to produce crystalline and volume-stable material with grain sizes less than 100 mm	chłodzenie powietrzem w komorach z żużlem w celu wytworzenia materiału krystalicznego o stałej objętości o rozmiarze ziarna poniżej 100 mm
cooling on air: slow cooling on air in slag pits to produce crystalline and volume-stable material with grain sizes less than 300 mm	chłodzenie powietrzem w komorach z żużlem w celu wytworzenia materiału krystalicznego o stałej objętości o rozmiarze ziarna poniżej 300 mm

weathering to achieve volume-stable material	wietrzenie mające na celu wytworzenie materiału o stałej objętości
crushing, grading, sieving to be used as aggregates for <u>road construction</u>	kruszenie, sortowanie, przesiewanie materiału stosowanego jako kruszywo do <u>budowy dróg</u>
sieving, grading <315 µm to be used as <u>humid converter lime (fertiliser)</u>	przesiewanie, sortowanie <315 materiału stosowanego jako <u>wilgotne wapno do konwertora (nawóz)</u>
grinding to a powdered material (<315 µm) to be used as <u>converter lime (fertiliser)</u>	mielenie sproszkowanego materiału (<315 µm) stosowanego jako <u>wapno do konwertora (nawóz)</u>

crushing, grading, sieving to be used as aggregates for <u>road construction and concrete</u>	kruszenie, sortowanie, przesiewanie materiału stosowanego jako kruszywo do <u>budowy dróg i betonu</u>
crushing, grading, sieving to be used as aggregates for <u>road construction and hydraulic structures</u>	kruszenie, sortowanie, przesiewanie materiału stosowanego jako kruszywo do <u>budowy dróg i budowli wodnych</u>






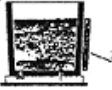

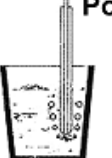
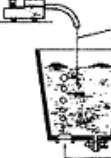
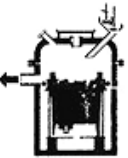

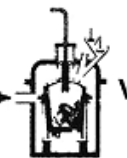

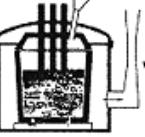
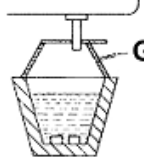
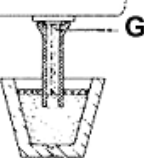

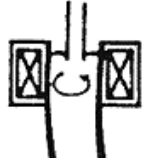
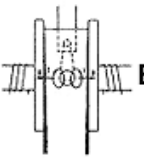

Rysunek 7.6: Obróbka żużla z konwertora BOF

7.1.4 Obróbka pozapiecowa

Po procesie utleniania w konwertorze zwykle ma miejsce obróbka dodatkowa, obejmująca wiele różnych operacji metalurgicznych. Obróbka ta, określana jako „obróbka pozapiecowa”, została opracowana w odpowiedzi na coraz większe wymagania jakościowe i doprowadziła do znacznego wzrostu produktywności przez przeniesienie ciężaru procesów dotyczących rafinacji metalurgicznej, odciążając tym samym konwertor. Główne cele obróbki pozapiecowej to:

- mieszanie i homogenizacja,
- regulacja składu chemicznego,
- regulacja temperatury w czasie na potrzeby dalszego procesu produkcyjnego odlewania metali,
- odtlenianie,
- usuwanie niepożądanych gazów, takich jak wodór i azot,
- poprawa czystości tlenkowej przez usunięcie wtrąceń niemetalicznych.

Przegląd dodatkowych operacji metalurgicznych przedstawiono na rysunku 7.7. Etapy te przeprowadza się w kadzi lub piecu kadziowym, w układzie próżniowym albo w specjalnie skonstruowanych piecach.

Prevention of slag carryover	
Mixing/ homogenising	 Gas injection Bottom bubbling (porous plug)  Lance  Electromagnetic stringing Coil
Charging of solids	 Alloying elements Gas  Powder/ gas  Wire Gas
Vacuum treatment	 Ladle degassing  RH/DH  VOD
Heating	 Ladle furnace  VAD
Ladle/tundish casting stream shrouding	 Gas  Gas  Gas
Electromagnetic stirring during continuous casting	 MS  EMBR 

Rysunek 7.7: Przegląd operacji metalurgicznych przeprowadzanych w ramach obróbki pozapiecowej oraz czyszczenia podczas spustu

Uwaga: Odwęglanie próżniowo-tlenowe (VOD) to operacja przeprowadzana na potrzeby produkcji stali nierdzewnej (zob. rozdział 8).

Ważnym etapem w obróbce pozapiecowej jest obróbka próżniowa. Służy ona przede wszystkim do usuwania gazowego wodoru, tlenu, azotu lub resztek węgla przy podciśnieniu dochodzącym do 0,5 kPa (50 Pa). Obecnie do operacji w ramach obróbki próżniowej zalicza się dokładne odwęglanie i odtlenianie stali niestopowych, odwęglanie gatunków stopów chromu, usuwanie siarki i wtrąceń, jak również różne działania dotyczące stopów, homogenizacji, zarządzania temperaturą i zapobiegania wtórnemu utlenianiu. W przypadku zastosowania obróbki próżniowej stężenia wagowe wodoru i węgla można obniżyć do

poziomu odpowiednio 0,0002 a 0,0020%. Obróbka próżniowa pozwala na uzyskanie stali o wyższej czystości, niższej zawartości gazów i lepszej tolerancji na zawartość składników stopowych [172, Fandrich i in. 2008].

Stosuje się następujące metody obróbki próżniowej:

- odgazowywanie podstawy lub zbiornika kadzi oraz
- odgazowywanie recyrkulacyjne.

Spośród nich odgazowywanie recyrkulacyjne jest obecnie najczęściej stosowanym procesem, choć odgazowywanie kadziowe powraca do powszechnego użytku.

W odgazowywaniu kadziowym, kadź zawierającą utleniony metalu umieszcza się w komorze próżniowej. Wkład energii na potrzeby mieszania zapewnia większą szybkość reakcji i zmniejsza stężenie końcowe niepożądanych składników kąpieli. Mieszanie to można wykonywać przez wstrzykiwanie argonu przez jedną lub kilka porowatych zatyczek umieszczonych w dnie kadzi, przez homogenizację stopionego materiału za pomocą lancy lub przez procesu mieszania indukcyjnego. W przypadku odgazowywania zbiornika możliwe jest również znaczne zmniejszenie ilości azotu i uzyskanie bardzo niskiego poziomu siarki (poniżej 10 ppm) dzięki bardzo silnemu mieszanemu pomiędzy żuzłem a metalem.

W zależności od indywidualnych wymagań można dostosować temperaturę topienia na tym etapie przez zastosowanie odpowiedniej kombinacji następujących elementów:

1. dodanie złomu o dużej czystości (złomu chłodzący) w celu schłodzenia wytopu,
2. dodanie aluminium i wdmuchiwanie tlenu w celu podniesienia temperatury,
3. ogrzewanie elektryczne elektrodami grafitowymi [363, Eurofer 2007].

Do stopu dodaje się również środki stopowe, aby uzyskać dokładną regulację składu stali (np. Fe/Ni, Fe/Mo, Fe/Mn, Fe/Cr). Dodatki stopowe są dodawane w postaci stałej lub zamknięte w drucie rdzeniowym, który jest rozwijany z układu szpul albo przez wstrzyknięcie proszku za pośrednictwem lancy. Przed końcem cyklu mieszania zawartość tlenu można określić za pomocą specjalnego czujnika i wyregulować ją dodając odtleniacze. W całym procesie mieszania mieszanina kurz i gazu wzrastająca z kadzi odprowadzany jest ruchomym wyciągiem [275, Kobelco 2005] [363, Eurofer 2007].

W odgazowywaniu recyrkulacyjnym stopiony metal poddawany jest działaniu podciśnienia w sposób ciągły lub w odrębnych częściach. W zależności od struktury procesu rozróżnia się porcjowe odgazowywanie próżniowe metodą typu RH (Dortmund-Holder) i próżniowe odgazowywanie metodą obiegową typu RH (Ruhrstahl-Heraeus).

7.1.5 Odlewanie

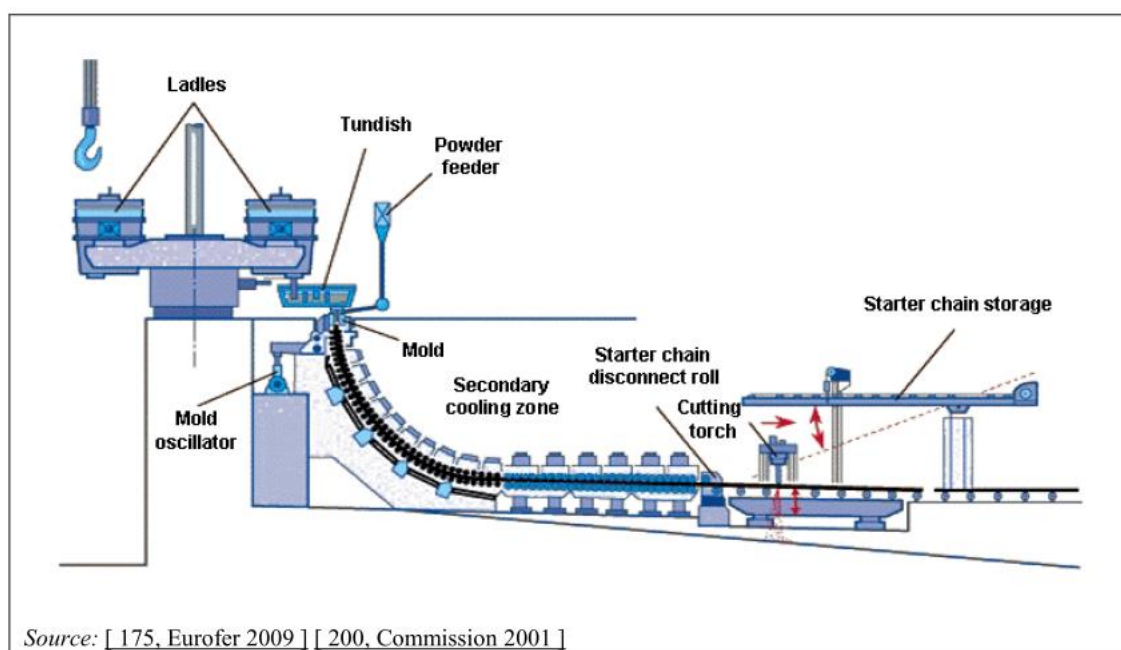
Po osiągnięciu ostatecznej jakości stali jest ona przenoszona w kadzi odlewniczej do maszyn odlewniczych. Kilka lat temu standardowa metoda polegała na wlewaniu stopionej stali do stałych form odlewniczych (stałe formy odlewnicze lub odlewanie wlewków) przez proces nieciągły. Obecnie preferowaną metodą jest odlewanie ciągłe, przy czym stal odlewa się w postaci ciągłego pasma (czyli jako kęsiska płaskie o różnych wymiarach, cienkie taśmy).

7.1.5.1 Odlewanie ciągłe

[373, Eurofer 2007]

Na rysunku 7.8 przedstawiono schemat ideowy zakładu ciągłego odlewania.

EN	PL
ladles	kadzie
tundish	kadz pośrednia
powder feeder	podajnik proszku
mold	forma odlewnicza
mold oscillator	oscylator do form
secondary cooling zone	obszar chłodzenia wtórnego
starter chain disconnect roll	walec z wyłącznikiem łańcucha rozrusznika
starter chain storage	magazyn na łańcuch rozrusznika
cutting torch	palnik do cięcia



Rysunek 7.8: Schemat zakładu ciągłego odlewania z piecem wglębnym i walcownią z możliwością podawania materiału z maszyny do ciągłego odlewania stali do walcowania na gorąco

W porównaniu do odlewania wlewek odlewanie ciągle zapewnia kilka ważnych korzyści [363, Eurofer 2007]:

- oszczędność energii, mniejsze emisje i mniejsze zużycie wody dzięki rezygnacji ze zgniatacza do kęsisk płaskich i walcowni kęsów,
- lepsze warunki pracy,
- wysoka stopa rentowności na poziomie ponad 95%,
- wysoka wydajność.

Ponieważ odlewanie ciągle wprowadzono na skalę przemysłową w latach sześćdziesiątych, jego udział w całkowitej produkcji stali w UE wzrósł do około 97%. Około 90% stali produkowanej na całym świecie odlewa się przy użyciu metody ciągłego odlewania. Oprócz tradycyjnego procesu odlewania wlewków odlewanie ciągle zastąpiło także walcowanie kęsisk kwadratowych i kęsisk płaskich i walcowanie półwyrobów w konwencjonalnych walcowniach gorących. Dziś prawie wszystkie gatunki stali do walcowania można

przetransportować na odcinku ciągłego odlewania, ponieważ niezbędne warunki, takie jak odtlenienie i odgazowywanie, są w nowoczesnej obróbce pozapiecowej zapewnione.

Istnieją różne typy ciągłego odlewania i są określane jako urządzenia typu pionowego, urządzenia do zginania i prostowania, urządzenia z krystalizatorem łukowym i z owalnym krystalizatorem łukowym, w zależności od ich konfiguracji.

Płynną stal wylewa się z konwertora do kadzi, którą stal transportuje się po obróbce pozapiecowej do „kadzi pośredniej” w maszynie do ciągłego odlewania stali (CCM). Jest to kadź pośrednia ze sterowanym wylotem. Przed przyjęciem ładunku płynnej stali kadzie są podgrzewane, aby uniknąć rozwarstwienia temperatury w kadzi pośredniej.

Kiedy płynna stal osiągnie pożądaną temperaturę, wylewa się ją do kadzi pośredniej. Stąd trafia do miedzianej formy odlewniczej chłodzonej krótko wodą, gdzie nie ma powietrza i gdzie odbywają się oscylacyjne ruchy w górę i w dół, aby zapobiec przywieraniu stali. Forma odlewnicza nadaje metalowi pożądaną kształt. Odlewanie ciągłe to proces umożliwiający odlewanie jednej lub kilku kadzi z płynną stalą, tworząc ciągłe pasmo kęsa, kęsiska kwadratowego, kęsiska płaskiego, profilu wstępnego dwuteowego lub taśmy. Smar do formy odlewniczej dodawany jest w postaci proszku lub oleju roślinnego. Kiedy metal opuszcza formę odlewniczą, powstaje „naskórek” z zestalonej stali, a duża liczba rolek (małych kółek o szerokim wieńcu) kieruje stal laną na lekkim łuku w kierunku pozycji poziomej. Tutaj niekończące się odlew cięty jest na kawałki za pomocą palnika do cięcia. W ten sposób odlewane są kęsiska płaskie, kwadratowe i kęsy.

W przypadku sekcji innych niż samonośne pasma nagrzane do czerwonego żaru, wraz z zestaloną częścią na powierzchni, przechodzi przez szereg napędzanych i nienapędzanych par rolek, które wspierają jego powłokę przed ciśnieniem ferostatycznym. Ponieważ rdzeń jest jeszcze w stanie płynnym, na jego powierzchni starannie rozpyla się wodę i chłodzi aż do pełnego skrzepnięcia (chłodzenie wtórne). Proces ten zapobiega powstawaniu pęknięć na powierzchni pasma, która jest jeszcze dość cienka, a także chroni rolki przed przegrzaniem. Elementy podczymujące, transportowe i napędowe są zazwyczaj wyposażone w walec luźny z chłodzeniem wewnętrznym i zewnętrznym. W strefie chłodzenia wtórnego wewnętrzne chłodzenie rolki staje się zbędne, w momencie gdy temperatura jest zbyt niska ze względu na zraszanie wodą. Do automatycznego systemu smarującego przyłączonych jest kilka łożysk. Po całkowitym zestaleniu się pasma można przejść do cięcia za pomocą palników do cięcia poruszających się wraz z pasmami lub za pomocą nożyc. Szybki proces chłodzenia nadaje stali jednorodną mikrostrukturę krzepnięcia o korzystnych właściwościach technologicznych. Na mikrostrukturę krzepnięcia pasma może mieć wpływ chłodzenie powietrzem lub wodą podczas transportu.

Kształt pasma zależy od geometrii formy odlewniczej. Do aktualnych rodzajów form odlewniczych zaliczają się sekcje prostokątne, kwadratowe, okrągłe lub wielokątne. Do celów produkcji kształtów stalowych można wykorzystać formy odlewnicze o przekroju przypominającym w przybliżeniu przekrój planowanego produktu. Typowe wymiary pasma w odlewaniu ciągłym wahają się w granicach od 80×80 mm do około 310×310 mm, 600 mm (okrągłe) w przypadku kęsów oraz 450×650 mm w przypadku kęsisk kwadratowych, natomiast za pomocą urządzeń do ciągłego odlewania wlewków płaskich produkuje się wyroby o rozmiarze do 350 mm grubości i do 2720 mm szerokości. Za pomocą urządzeń do ciągłego odlewania wlewków kwadratowych o przekroju kęsa obróbce można poddać kilka (aktualnie do ośmiu) pasm w tym samym czasie, przy czym liczba pasm w odlewaniu ciągłym wlewków płaskich jest ograniczona do dwóch.

7.1.5.2 *Odlewanie metalu o kształcie zbliżonym do kształtu wyrobu gotowego*

Od późnych lat osiemdziesiątych XX w. odlewanie ciągłe opracowano do wytwarzania wyrobów płaskich. Drogę tę można podsumować określeniem „odlewanie metalu o kształcie

zbliżonym do kształtu wyrobu gotowego”, które obejmuje odlewanie cienkich kęsisk płaskich, odlewanie pasm o kształcie zbliżonym do kształtu wyrobu gotowego, znane również jako bezpośrednie odlewanie taśm (DSC) oraz odlewanie cienkich taśm. Rzeczywista moc zainstalowana tych procesów w UE wynosi około 7 mln ton. Odlewanie cienkich taśm skraca proces produkcji między etapem ciekłej stali a etapem blachy walcowanej na gorąco, tym samym zmniejszając ogólne zapotrzebowanie na energię i zwiększając wydajność materiałową, ale wymaga on innych działań w ramach obróbki pozapiecowej. Typowe wymiary w przypadku odlewania cienkich taśm wahają się w granicach od 15 do 50 mm grubości. Z odlewania pasm o kształcie zbliżonym do kształtu wyrobu gotowego powstaje taśma o grubości poniżej 15 mm i a z odlewania cienkich taśm – poniżej 5 mm [312, dr Michael Degner i in. 2008].

Proces ten omówiono dokładniej w niniejszym dokumencie referencyjnym, ale uwzględniono go także w dokumencie referencyjnym dotyczącym przemysłu przetwórstwa metali żelaznych [188, Komisja Europejska, 2001]. Decyzja o rozpoczęciu odlewania cienkich taśm zależy w dużej mierze od lokalnych warunków i wymaganej jakości produktu. W przypadku stosowania odlewania pasm o kształcie zbliżonym do kształtu wyrobu gotowego należy wziąć pod uwagę, że potrzebne są specjalne działania w ramach obróbki pozapiecowej i dlatego też emisje i zużycie energii na potrzeby tej obróbki w odniesieniu do produkcji stali ciekłej (LS) mogą być wyższe w porównaniu z innymi procesami [363, Eurofer 2007]. Tworzenie się zgorzeliiny podczas tego typu odlewania jest normalnie większe niż w przypadku odlewania konwencjonalnego [384, Max-Planck-Institut i in. 2002].

7.1.5.3 *Odlewanie wlewków*

W przypadku odlewania wlewków ciekła stal odlewana jest do form odlewniczych. W zależności od pożądanej jakości powierzchni w trakcie odlewania do wlewnicy można dodawać środki do odgazowywania (takie jak NaF). Po schłodzeniu wlewki się wyjmują z formy odlewniczej i transportuje do walcowni. Następnie po podgrzaniu wlewki są walcowane, tworząc kęsiska płaskie, kęsiska kwadratowe lub kęsy. W wielu miejscach odlewanie wlewków zastąpiono odlewaniem ciągłym. W 2004 r. 3% produkcji stali w UE-15 stanowiło produkcję w postaci odlewania wlewków. W przypadku nowych państw członkowskich (UE-10) odsetek ten wynosi około 4,2%. Oczekuje się, że odlewanie wlewków ostatecznie zostanie całkowicie zastąpione przez odlewanie ciągłe z wyjątkiem tych produktów, które wymagają odlewania wlewków w celu uzyskania odpowiedniej jakości, takich jak wytwarzanie dużych ciężarów do kucia [363, Eurofer 2007].

W przypadku niektórych gatunków i zastosowań nadal stosuje się odlewanie wlewków w piecu EAF.

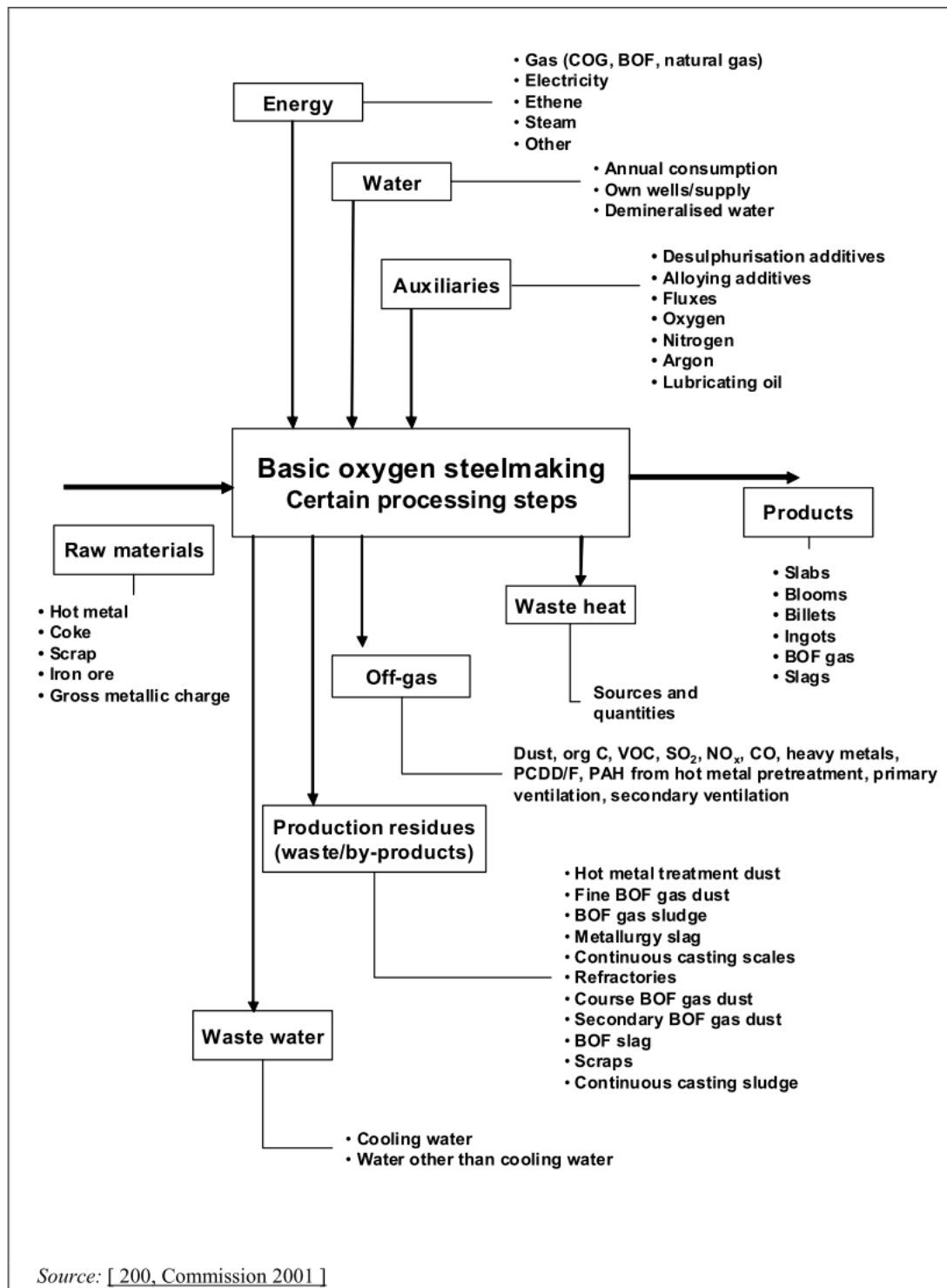
7.2 **Aktualne poziomy emisji i zużycia**

7.2.1 **Przegląd przepływu masy oraz dane wejściowe/wyjściowe**

Na rysunku 7.9 przedstawiono przegląd wejściowych i wyjściowych strumieni mas w produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową. Schemat ten można wykorzystywać do zbierania danych z poszczególnych zakładów produkujących stal metodą konwertorowo-tlenową.

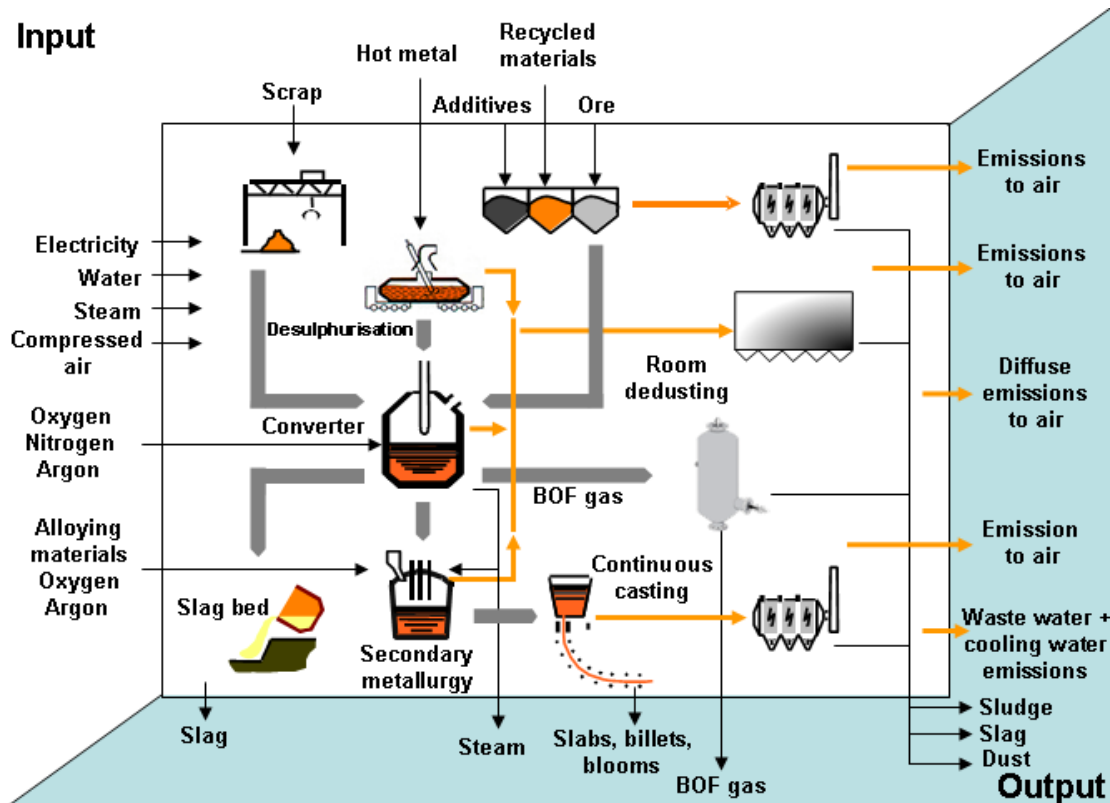
EN	PL
energy	energia
gas (COG, BOF, natural gas)	gaz (COG, BOF, gaz ziemny)
electricity	energia elektryczna
ethane	etan
steam	para
other	inne

water	woda
annual consumption	roczne zużycie
own wells/supply	własne studnie/zaopatrzenie
demineralised water	woda zdemineralizowana
auxiliaries	materiały pomocnicze
desulphurisation additives	dodatki odsiarczające
alloying additives	dodatki stopowe
fluxes	topniki
oxygen	tlen
nitrogen	azot
argon	argon
lubricating oil	olej smarowy
basic oxygen steelmaking	produkcja stali metodą konwertorowo-tlenową
certain processing steps	niektóre etapy obróbki
raw materials	surowce
hot metal	surówka
coke	koks
scrap	złom
iron ore	ruda żelaza
gross metallic charge	całkowity wsad metalowy
waste water	ścieki
cooling water	woda do chłodzenia
water other than cooling water	woda do celów innych niż chłodzenie
production residues (waste/by-products)	pozostałości z produkcji (odpady/produktu uboczne)
hot metal treatment dust	pył z obróbki surówki
fine BOF gas dust	drobnoziarnisty pył z gazu BOF
BOF gas sludge	szlam z gazu BOF
metallurgy slag	żużel hutniczy
continuous casting scales	zgorzelina z ciągłego odlewania
refractories	materiały ogniotrwałe
course BOF gas dust	gruboziarnisty pył z gazu z konwertora BOF
secondary BOF gas dust	wtórny pył z gazu z konwertora BOF
BOF slag	żużel z konwertora BOF
scraps	złom
continuous casting sludge	szlam z odlewania ciągłego
off-gas	gaz odlotowy
dust, org C, VOC, SO ₂ , NO ₂ , CO, heavy metals, PCDD/F, PAH from hot metal pretreatment, primary ventilation, secondary ventilation	pył, C organiczny, VOC, SO ₂ , NO ₂ , CO, metale ciężkie, PCDD/F, WWA z wstępnej obróbki surówki, wentylacja wstępna, wentylacja wtórna
waste heat	ciepło odpadowe
sources and quantities	źródła i ilość
products	produkty
slabs	kęsiska płaskie
blooms	kęsiska kwadratowe
billets	kęsy
ingots	wlewki
BOF gas	gaz z konwertora BOF
slags	żużel



Rysunek 7.9: Schemat strumieni materiałów w zakładzie produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową

Na rysunku 7.10 przedstawiono ogólny schemat technologiczny produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową oraz wizualizację wejściowych i wyjściowych strumieni materiałów



Rysunek 7.10: Ogólny schemat technologiczny produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową ze wskazaniem poszczególnych operacji oraz wejściowych i wyjściowych strumieni materiałów

EN	PL
input	wejście
scrap	złom
hot metal	surówka
additives	dodatki
recycled materials	materiały zawrócone do procesu technologicznego
ore	ruda
electricity	energia elektryczna
water	woda
steam	para
compressed air	sprężone powietrze
oxygen, nitrogen, argon	tlen, azot, argon
alloying materials	materiał stopowy
desulphurisation	odsierczanie
converter	konwertor
slag bed	łoże na żużel
secondary metallurgy	obróbka pozapiecowa
BOF gas	gas z konwertora BOF
continuous casting	odlewanie ciągle
room dedusting	odpylanie pomieszczeń
slag	żużel
steam	para
slabs	kęsiska płaskie
blooms	kęsiska kwadratowe
billets	kęsy
emission to air	emisje do powietrza

diffuse emission to air	rozproszone emisje do powietrza
waste water and cooling emission	emisje w postaci ścieków i wody do chłodzenia
sludge	szlam
dust	pył
output	wyjście

W przypadku pieców do produkcja stali metodą konwertorowo-tlenową ustalono jednostkowe wskaźniki wejściowe oraz jednostkowe wskaźniki emisji. Wartość tych wskaźników przedstawiono w tabeli 7.3 na podstawie danych z zakładów produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową znajdujących się w różnych państwach członkowskich UE.

Tabela 7.3: Dane wejściowe/wyjściowe z 21 zakładów produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową znajdujących się różnych państwach członkowskich UE

Wejście			Wyjście		
Surowce			Produkty (¹)	kg/t płynnej stali	1000,0
surówka (²)	kg/t płynnej stali	788 - 931	kęsy płaskie (³)		
złom	kg/t płynnej stali	101 - 340	kęsiska kwadratowe		
ruda żelaza	kg/t płynnej stali	0,02 - 19,4	kęsy		
inne tworzywa zawierające Fe	kg/t płynnej stali	0 - 60	wlewki		
koks	kg/t płynnej stali	0 - 0,4	odlewnia		
wapno	kg/t płynnej stali	30 - 67	energia		
dolomit	kg/t płynnej stali	0 - 28,4	gaz z konwertora tlenowego	MJ/t płynnej stali	(0 (⁴)) 350 - 700
dotatki stopowe (⁵)	kg/t płynnej stali	1,3 - 33	para (⁶)	MJ/t płynnej stali	(0) 124 - 335
Gazy			Emisje		
tlen	m ³ /t płynnej stali	49,5 - 70	pył (⁷) (⁸)	g/t płynnej stali	14 - 143
argon	m ³ /t płynnej stali	0,55 - 1,1	Cr (⁷)	g/t płynnej stali	0,01 - 0,075
azot	m ³ /t płynnej stali	2,3 - 18,2	Fe	g/t płynnej stali	45,15
Energia (⁹)			Cu (⁷)	g/t płynnej stali	<0,01 - 2,72
gaz ziemny	MJ/t płynnej stali	44 - 730	Pb (⁷)	g/t płynnej stali	0,17 - 0,98
energia elektryczna	MJ/t płynnej stali	35 - 216	Mn (⁷)	g/t płynnej stali	0,3 - 1,56
COG	MJ/t płynnej stali	0 - 800	NO _x	g/t płynnej stali	8,2 - 55 (100)
gaz wielkopiecowy	m ³ /t płynnej stali	1,84 - 17,6	CO (¹⁰)	g/t płynnej stali	393 – 7200 (18000)
Para łącznie			CO ₂ (¹¹)	kg/t płynnej stali	22,6 - 174
	MJ/t płynnej stali	13 - 150	wielopierścieniowe	mg/t płynnej stali	10

			węglowodory aromatyczne ⁽¹²⁾		
			Polichlorowane dibenzo-p-dioksyny i dibenzofurany	µg I-TEQ/t płynnej stali	0,043 - 0,094
Sprężone powietrze	Nm ³ /t płynnej stali	8 - 26	Pozostałości (produkty uboczne/odpady)		
Woda	m ³ /t płynnej stali	0,8 – 41,7	żużel z odsiarczania	kg/t płynnej stali	3 - 40
			żużel z konwertora tlenowego	kg/t płynnej stali	85 - 165
			żużel z rafinacji pozapiecowej	kg/t płynnej stali	9 - 15
			rozpryski	kg/t płynnej stali	2,8 - 15
			pyły	kg/t płynnej stali	0,75 - 24
			żużel odlewania ciągłego	kg/t płynnej stali	4 - 5,7
			zgorzelina walcownicza	kg/t płynnej stali	2,3 - 7,7
			gruz	kg/t płynnej stali	0,05 - 6,4
			ścieki	m ³ /t płynnej stali	0,3 - 6
<p>(¹) Suma produktów (kęsisk płaskich, kęsisk kwadratowych, kęsów lub wlewków). W niektórych instalacjach BOF działają urządzenia do ciągłego odlewania wlewków płaskich w połączeniu z urządzeniami do ciągłego odlewania kęsisk kwadratowych, kęsów i wlewków. Produkcja jest znormalizowana na poziomie 1000 na instalację.</p> <p>(²) Można rozróżnić surówkę o wysokiej (1,5-2,2% P) i niskiej zawartości fosforu (0,08-0,25% P).</p> <p>(³) Kęsiska płaskie to najpowszechniejszy produkt uzyskiwany w procesie BOF. Długie produkty takie jak kęsy i kęsiska kwadratowe często produkuje się w elektrycznych piecach łukowych (EAF).</p> <p>(⁴) Zero w przypadku nieodzyskiwania gazu z konwertora tlenowego.</p> <p>(⁵) Do istotnych dodatków stopowych zalicza się: Fe-Ti, Fe-W, Fe-Ni, Fe-V, Fe-Si oraz Fe-Mo.</p> <p>(⁶) Wyższa wartość w przypadku spalania nietłumionego i odzysku ciepła z gazów odlotowych w postaci pary; zero w przypadku ilościowego odzysku gazu z konwertora tlenowego bez żadnego odzysku ciepła (bez wytwarzania pary).</p> <p>(⁷) Wyższa wartość w przypadku mniej skutecznego wtórnego odpylania.</p> <p>(⁸) Informacje na temat cząstek stałych PM₁₀ i PM₂₅ na ogół nie są obecnie dostępne.</p> <p>(⁹) Szeroki wachlarz energetycznych materiałów wsadowych ukazuje szeroki wybór w</p>					

ramach zarządzania energią w różnych obiektach.

(¹⁰) Ten szeroki zakres wynika z różnych sposobów wykorzystania gazu.

Informacje na temat ustalania danych takich jak metody pobierania próbek, metody analizy, odstępy czasu, metody obliczeniowe i warunki referencyjne nie są dostępne w wystarczającym stopniu. Dane w tabeli to średnie wartości roczne, dotyczące roku 2004. Dane dotyczące emisji odzwierciedlają sytuację po ich ograniczeniu i uwzględniono w nich wentylację wstępną i wtórną.

(¹¹) Wyższa wartość w przypadku od częściowego do pełnego spalania gazu konwertorowego – wartość szacunkowa. Emisje zależą również od energii pobranej oraz poszczególnego rodzaju energii i materiałów.

(¹²) Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne według Borneff 6; dane dostępne tylko z jednej stalowni.

Uwaga:

—Wartości w nawiasach wskazują na wyjątkowe warunki lub sytuację nienormalną.

Nie należy ich traktować jako reprezentatywnego działania konwertora BOF.

Źródło: [200, Komisja 2001][234, Polska 2007][359, Holandia 2007][363, Eurofer 2007][365, Eurofer 2007] [372, Czeski członek TGR 2008].

7.2.2 Kwestie dotyczące środowiska w produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową

Przy produkcji stali metodą konwertorowo tlenową można wyróżnić następujące emisje gazów odlotowych, odpadów stałych/produktów ubocznych i ścieków.

W przypadku stosowania technik ograniczania zanieczyszczeń w celu zredukowania emisji występują inne oddziaływania na środowisko. Ogólnie rzecz biorąc, w pkt 7.2.2.1-7.2.2.4 poniżej opisano najistotniejsze kwestie środowiskowe w produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową [363, Eurofer 2007].

7.2.2.1 Emisje do powietrza

Emisje zorganizowane do powietrza ze wszystkich wymienionych poniżej procesów / źródeł emisji podsumowano w tabeli 7.3 w poprzedniej części.

W tabeli 7.4 ukazano pozostałe zanieczyszczenia powietrza nieuwzględnione w tabeli 7.3.

Tabela 7.4: Pozostałe zanieczyszczenia powietrza

Zanieczyszczenia powietrza	Emisje (mg/t płynnej stali)
SO _x	3790 - 13400
HF	116 - 760
CH ₄	215
Cd	200 - 2316
Ni	572 - 2316
Zn	66 154
Uwaga: Wartości dotyczą dwóch instalacji w UE. Źródło: [234, Polska 2007].	

W zależności od jakości stosowanego złomu mogą znaleźć się różne inne zanieczyszczenia organiczne, takie jak polichlorowane bifenyle i chlorobenzeny pochodzące z rozkładu termicznego substancji organicznych (oleje, farby, smary, farby lub tworzywa sztuczne). Brak danych na temat emisji tych zanieczyszczeń. Wskazane mogą być odpowiednie badania tych emisji, jak również bilans wykrytych zanieczyszczeń.

Po przepływie materiałów emisje do powietrza występują na następujących etapach procesu.

Wstępna obróbka surówki:

- przelewanie i odżużlenie
- odsiarczanie surówki

Operacje związane z konwertorem BOF:

- załadunek konwertora BOF
- wdmuchiwanie tlenu do konwertora (wytwarzanie gazu z konwertora lub gazu z konwertora BOF)
- spust ciekłej stali i żużła z konwertora BOF

Rafinacja pozapiecowa:

- operacje związane ze spustem (tj. kadzie, piece kadziowe, konwertory lub pozostałe wyposażenie stosowane w rafinacji pozapiecowej)
- odgazowywanie
- wstępne podgrzewanie elementów ogniotrwałych (kadź, kadź pośrednia, urządzenie do próżniowego odgazowania stali)
- transport dodatków

Odlewanie

- odlewanie ciągle lub wlewków

Emisje rozproszone

- emisje rozproszone występują w przypadku wszystkich wyżej wymienionych procesów, gdy nie uda się w pełni wychwycić gazów odlotowych.

Zazwyczaj gaz z konwertora BOR (gaz konwertorowy) określany jest jako pierwotny gazy odlotowe. Późniejsza ekstrakcja i odpylanie wskazywana jest jako główny układ odpylający. Emisje ze wszystkich innych źródeł związanych z wyżej wymienionymi procesami w ramach produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową zazwyczaj określane są jako wtórne gazy odlotowe i oczyszczane są przez wtórny układ odpylający. Czasami emisje z wstępnej obróbki surówki wyodrębnia się i poddaje obróbce oddzielnie. Zazwyczaj są one częścią systemu odpylania wtórnego.

7.2.2.1.1. Emisje z wstępnej obróbki surówki

Podczas przelewania, odsiarczania i odżużlenia, dochodzi do emisji pyłu. Powietrze wylotowe powstające podczas procesu odsiarczania, następnie oddzielania żużła i wazenia obciążony jest maksymalnie na poziomie $10\,000\text{ mg/Nm}^3$ lub 1000 g/t pyłu ze stali [19, EC BOF 1995][76, Koeller 1995]. Efektywne wychwytywanie emisji z wstępnej obróbki surówki można przeprowadzić w trakcie tych procesów, stosując odpowiednie okapy i osłony. Gaz odlotowy jest następnie poddawany oczyszczaniu za pomocą płuczek wodnych lub innych systemów odpylających o tej samej skuteczności usuwania co filtry workowe lub filtry elektrostatyczne ESP (wtórne lub oddzielne systemy odpylania) [363, Eurofer 2007].

Gdy pył jest skutecznie wychwytywany, a następnie odprowadzany przez filtr workowy (lub ESP), można osiągnąć emisje na poziomie poniżej 10 mg/Nm^3 (około 1 g/t ciekłej stali).

W niektórych przypadkach w procesie odsiarczania stosuje się węgiel wapnia. W przypadku gdy na potrzeby chłodzenia stosowano wodę w celu uniknięcia emisji pyłu, odnotowywano poważne problemy zapachowe. Wynikało to z tworzenia się H_2S oraz siarczków organicznych, które prawdopodobnie powstawały z siarki oraz pozostałości węgla wapnia. Dzięki zastosowaniu tlenu wapnia zamiast węgla wapnia żużel można schłodzić powietrzem powodującym znacznie mniej problemów zapachowych.

W jednym zakładzie emisje SO_2 są stale monitorowane. W 2006 r. średnie dzienne wartości emisji SO_2 wahają się w przedziale od 20 do 100 mg/Nm^3 (patrz rysunek 7.21). Około 85% półgodzinnych średnich wartości SO_2 kształtuje się na poziomie poniżej 100 mg/Nm^3 (okres

referencyjny 1/2007 - 5/2007), jednak pojedyncze wartości są znacznie wyższe (do 340 mg/Nm³) [277, Wiesenberger 2007].

7.2.2.1.2 Emisje z operacji związanych z działaniem konwertora BOF

Emisje z operacji związanych z działaniem konwertora BOF mogą mieć miejsc, w momencie gdy odbywa się

- załadunek konwertora BOF
- wdmuchiwanie tlenu do konwertora BOF,
- wyrzucanie metalu i żużła podczas świeżenia,
- spust ciekłej stali i żużła z konwertora BOF.

Emisje z załadunku, świeżenia i wyrzucania metalu i żużła podczas świeżenia konwertora BOF oraz spustu ciekłego metalu i żużła mają większe znaczenie i opisano je tutaj bardziej szczegółowo.

Systemy wentylacji wtórnej i odpylania w operacjach konwertorowych:

Pył emitowany jest podczas wszystkich wyżej wymienionych procesów takich jak ładowanie złomu i surówki, wdmuchiwanie tlenu oraz podczas spustu z konwertora BOF. Podczas ładowania i spuszczenia konwertor jest pochylony. W celu zmniejszenia emisji pyłów często instaluje się system „wtórnej wentylacji” i odpylania. System wentylacji wtórnej składa się zwykle z okapu odciągowego znajdującego się bezpośrednio nad konwertorem w pozycji przechylonej i osłony wokół pozostałych 3/4 konwertora. Podczas świeżenia układ wtórny wychwytuje większość emisji pominiętych przez system wstępnej wentylacji. Dalsza obróbka odprowadzonych gazów odbywa się zazwyczaj za pomocą filtra workowego lub elektrostatycznego.

Systemy wentylacji wstępnej i odpylania w operacjach konwertorowych:

Podczas wdmuchiwania tlenu z konwertora wydzielany jest gaz konwertorowy. Gaz ten zawiera tlenek węgla (CO) i duże ilości pyłu (składające się głównie z tlenków metali, w tym metali ciężkich), stosunkowo niewielkie ilości tlenków siarki (SO₂) i tlenków azotu (NO_x). Poza tym wydzielane są bardzo małe ilości PCDD/F i PAH (patrz tabela 7.3 w poprzednim rozdziale).

Ogólnie rzecz biorąc, oba systemy można stosować do odzyskiwania energii z gazów z konwertora:

- częściowe/pełne spalanie C,
- spalanie tłumione.

W systemie spalania pełnego (lub otwartego) gaz technologiczny z pieca konwertora spalany jest w przewodzie gazów spalinowych. Otwór między piecem konwertora a systemem wentylacji wstępnej (lub gazu z konwertora) umożliwia wprowadzenie powietrza z otoczenia, a tym samym pozwala na częściowe lub pełne spalanie gazu konwertorowego. W tym przypadku gaz technologiczny zawiera około 15-20 kg pyłu na tonę płynnej stali i około 7 kg tlenku węgla na tonę płynnej stali. Energia jest odzyskiwana za pomocą ciepła jawnego w kotle odzysknicowym. Należy pamiętać, że otwarte systemy spalania mają duży przepływ (500-1000 Nm³/t ciekłej stali) w porównaniu do systemów spalania tłumionego (50-100 Nm³/t ciekłej stali). Jest to spowodowane wprowadzaniem powietrza do przewodu gazu konwertorowego.

W przypadku stosowania systemu spalania tłumionego chłodzona wodą chowana osłona spuszczana jest na gardziel konwertora. Dzięki temu spalanie tlenku węgla w kanale gazów spalinowych zostaje stłumione i można odzyskać tlenek węgla. Brak azotu (zakładając, że powietrze jest odcięte) oznacza możliwość szybszego wdmuchiwania tlenu, a tym samym skrócenia czasu trwania procesu.

Wybrany rodzaj odzysku ma wpływ na emisje.

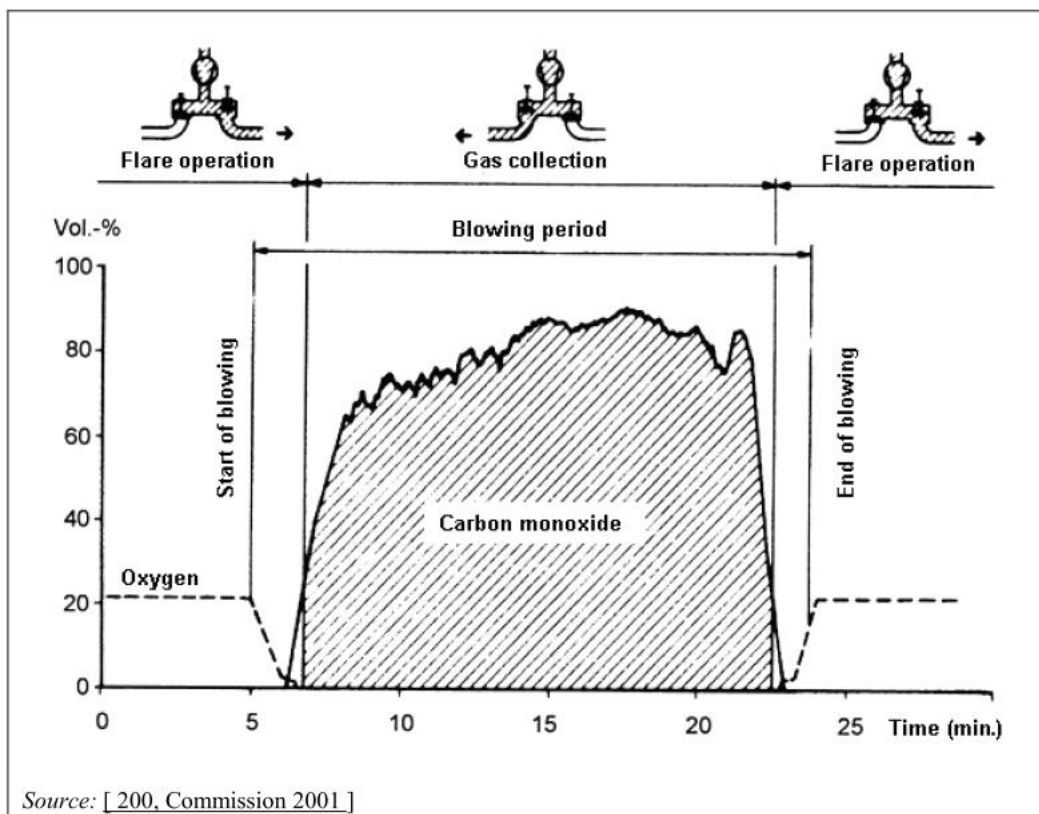
Gaz konwertorowy BOF trzeba zakwalifikować jako gaz ubogi pod względem jego wartości opalowej i wskaźnika Wobbe'a, ale należy do grupy bogatych gazów, gdy weźmie się pod uwagę jego właściwości spalania (a zwłaszcza temperaturę spalania). Skład gazu konwertora zależy od zastosowanego procesu, metody odzysku a w szczególności od ilości tlenu (patrz tabela 7.5).

Tabela 7.5: Skład i charakterystyka gazu konwertorowego BOF

Parametr	Jednostka	Średnia wartość (¹)	Zakres zmian
Skład chemiczny			
CO	% obj.	72,5	55-80
H ₂	% obj.	3,3	2 - 10
CO ₂	% obj.	16,2	10 - 18
N ₂ + Ar	% obj.	8,0	8 - 26
Właściwość			
Gęstość	kg/Nm ³	1,33	1,32-1,38
Dolna wartość opałowa	kJ/Nm ³	9580	7 100 - 10 100
Teoretyczna temperatura płomienia	°C	2079 (²)	
Jednostkowe zapotrzebowanie na powietrze (wilgotne)	Nm ³ /Nm ³	1,81	1,34 - 1,90
Jednostkowa ilość gazów odlotowych (wilgotnych)	Nm ³ /Nm ³	2,43	
⁽¹⁾ Dane dotyczące spalanego gazu odnoszą się do warunków dolnego wypływu gazu ze zbiornika w temperaturze 15 °C, nadciśnienia 60 mbar, ciśnienia barometrycznego 1013 Pa i wilgotności 100%. ⁽²⁾ Przy pełnej wilgotności i 0°C. <i>Źródło: [200, Commission 2001].</i>			

Na rysunku 7.11 przedstawiono wychwytywanie gazu konwertorowego BOF w przypadku spalania tłumionego. Ukazano na nim, w jaki sposób zmienia się w czasie zawartość CO w gazie konwertorowym BOF, czyli kluczowy stosowany parametr. Ze względu na niską zawartość tlenku węgla oraz ze względów bezpieczeństwa gaz konwertorowy wytwarzany na początku i na końcu wdmuchiwaną (każdy z tych okresów trwa po kilka minut) nie jest zbierany, lecz spalany w płomieniu po odpyleniu [363, Eurofer 2007].

EN	PL
flare operation	praca przy zapalonym płomieniu
gas collection	zbieranie gazu
blowing period	czas dmuchu
start of blowing	rozpoczęcie dmuchu
oxygen	tlen
carbon monoxide	tlenek węgla
end of blowing	zakończenie dmuchu
time (min.)	czas (min.)
source	źródło



Rysunek 7.11: Wychwytywanie gazu konwertorowego BOF w przypadku spalania tłumionego

Pył jest zwykle usuwany z gazu konwertorowego za pomocą płuczki zwężkowej lub suchych filtrów elektrostatycznych. Gdy stosuje się spalanie tłumione, przy pomocy płuczek zwężkowych można uzyskać w gazie rusztowym stężenie pyłu na poziomie 5-10 mg/Nm³ (możliwe są również stężenia do 50 mg/Nm³, m.in. w zależności od rozkładu wielkości cząstek stałych). Odpowiada to 1 g/t płynnej stali. Zawartość żelaza w odzyskanym pyłe wynosi 42-75%. Pył w gazie rusztowym jest emitowany w miejscu spalania tego gazu [363, Eurofer 2007]. Przed i po wdmuchiwaniu zbierana jest stosunkowo niewielka ilość gazu odlotowego, co ukazano na Rysunek 7.11 i Rysunek 7.23.

Jeżeli stosuje się pełne spalanie, emisje pyłu do atmosfery po oczyszczeniu mieszczą się w zakresie od 25 do 100 mg/Nm³. Na skutek znacznie większego przepływu gazów odlotowych w otwartych systemach spalania liczba ta odpowiada emisjom pyłu na poziomie do 180 g/t płynnej stali. W tabeli 7.6 podsumowano emisje do powietrza pochodzące z konwertora tlenowego po redukcji emisji, o ile nie wskazano inaczej.

Tabela 7.6: Jednostkowe wartości emisji do powietrza pochodzące z zasadowego konwertora tlenowego po redukcji emisji, o ile nie wskazano inaczej.

Składnik		Jednostkowa wartość emisji	Jednostka
Przepływ w głównym odciągu (gazu konwertorowego)	Przepływ w głównym odciągu (gazu konwertorowego)	65 000 - 300 000	Nm ³ /h
	Spalanie pełne	500 - 1000	Nm ³ /t płynnej stali
	Spalanie tłumione	50 - 120	Nm ³ /t płynnej stali
Pył powstający przy operacji dmuchu tlenu	bez zmniejszenia stężenia pyłów	15 - 20	kg/t płynnej stali
	po głównym odpylaniu (gazu konwertorowego)	0,3 - 55	g/t płynnej stali
	przefiltrowany pył/ osad	12 - 23	kg/t płynnej stali
Przepływ w odciągu pomocniczym		1300 - 4800	Nm ³ /t płynnej stali
		300 000 - 3 441 000	Nm ³ /h
Pył powstający przy ładowaniu i spuszczeniu	bez zmniejszenia stężenia pyłów	200 - 1000	g/t płynnej stali
	po pomocniczym odpylaniu	2 - 60	
	niewychwycone przez osłonę	8 - 120	
Pył powstający przy odpylaniu pomocniczym	przefiltrowany pył/ osad	0,1 - 1,2	kg/t płynnej stali
Metale ciężkie	Al	0,60 - 0,68	g/t płynnej stali
	As	0,00 - 0,02	
	Cd	0,07 - 0,20	
	Cr	0,00 - 0,04	
	Cu	0,04	
	Fe	2,8 - 83	
	Hg	0,00 - 0,02	
	Mg	1,45 - 2,40	
	Mn	2,7 - 60	
	Pb	1,5 - 2,9	
	Zn	8,2	
Tlenki siarki (SO ₂)		0,4 - 5,5	g/t płynnej stali
Tlenki azotu (NO _x)		5,0 - 20	g/t płynnej stali
Tlenek węgla (CO)		7,0 - 16	kg/t płynnej stali
Fluorowódor (*)		0,008 - 0,01	g/t płynnej stali
Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne WWA (Borneff 6)		0,08 - 0,16	mg/t płynnej stali
Polichlorowane dibenzodioksyny/dibenzofurany		<0,001 - 0,11	µg I-TEQ/t płynnej stali

(*) Ilekroć dodaje się fluoryt (CaF_2) jako topnik w procesie odsiarczania surowki, emisje fluorków mogą być znacznie wyższe. Uwaga:
Źródło:[65, InfoMil 1997] [365, Eurofer 2007] [372, Czeski członek TGR 2008].

Należy zwrócić uwagę, że istnieją różnice między tłumionym, a pełnym spalaniem gazu konwertorowego. Niektóre zakłady stosują spalanie pełne, niektóre zakłady stosują spalanie częściowo tłumione, a niektóre spalanie w pełni tłumione. W niektórych przypadkach gaz konwertorowy nie jest odzyskiwany, lecz spalany w płomieniu. Aktualnie istnieje tendencja w kierunku stosowania spalania tłumionego, a następnie odzysku gazu konwertorowego. W przypadku spalania tłumionego do nieprzerwanej eksploatacji i w celu uzyskania kontrolowanej jakości gazu z konwertora konieczne jest posiadanie dużego zbiornika na gaz. Musi również istnieć możliwość zużycia odzyskanego gazu na miejscu. Niespełnienie wyżej wymienionych warunków wyjaśnia, dlaczego w UE nadal funkcjonują zakłady produkcji stali metodą konwertorowo-tlenowo, które nie stosują odzysku gazu z konwertorów [363, Eurofer 2007].

Ważnym aspektem przy rozpatrywaniu emisji pyłu jest otwór na lancę tlenową. Ponieważ lanca tlenowa musi być wycofywana, pył zawarty w przewodzie gazu odlotowego może wydostać się przez otwór na lancę i przedostać się do atmosfery. Osłanianie tego otworu i wdmuchiwanie pary lub gazu obojętnego może zapobiec tym emisjom. Emisje WWA można zmniejszyć za pomocą bezkołowych materiałów ogniotrwałych.

7.2.2.1.3 Inne źródła emisji powstających podczas procesu BOF w tym obróbka pozapiecowa i ciągle odlewanie stali.

Do pozostałych emisji podczas procesu BOF, o których mowa w pkt 7.2.2.1.1 i 7.2.2.1.2, dochodzi wówczas, gdy miejsce mają:

- operacje związane ze spustem (tj. kadzie, piece kadziowe, konwertory lub pozostałe wyposażenie stosowane w rafinacji pozapiecowej),
- odgazowywanie,
- wstępne podgrzewanie elementów ogniotrwałych (kadź, kadź pośrednia, urządzenie do próżniowego odgazowania stali)
- transport dodatków,
- odlewanie ciągle.

Niektóre z ww. procesów związane są z systemem wentylacji wtórnej i systemem odpylania. Wydzielanie pyłu z różnych procesów mieści się w zakresie 1-275 g/t płynnej stali [38, EUROFER BOF 1997]. Emisje do powietrza po redukcji mieszczą się w zakresie 0,1-50 g/t płynnej stali.

Jeżeli chodzi o wytwarzanie stali z ołowiem (patrz punkt 7.3.2.3), emisje występują podczas dodawania ołowiu do kadzi zawierającej płynną stal. Powstający gaz odlotowy jest zasysany i normalnie oczyszczany w filtrze workowym przeznaczonym specjalnie do tych spalin, aby uzyskać niską zawartość cząstek pyłu ($<5 \text{ mg/Nm}^3$). Jednakże sama kadź nie jest gazoszczelna i dlatego też występują tutaj również krótkotrwałe emisje, które nie są wychwytywane, lecz mogą mieć duże znaczenie. Nie są dostępne informacje na temat przepływów i emisji ołowiu. Tego rodzaju emisje ołowiu są normalne w zakładach BOF w przypadku produktów zawierających stal ze stopami ołowiu do wykrawarek sterowanych numerycznie (CNC) [363, Eurofer 2007].

7.2.2.1.4 Rozproszone emisje pochodzące z procesu BOF

Emisje rozproszone występują w przypadku wszystkich wyżej wymienionych procesów, gdy nie uda się ich w pełni wychwycić. W miarę możliwości należy zawsze zapobiegać emisjom rozproszonym. Z tego powodu należy zoptymalizować głównie a w szczególności pomocniczy

system odciągu. Zazwyczaj przepływ odprowadzający wtórnego systemu odpylania jest dość wysoko. Skutecznym sposobem zapobiegania lub zmniejszenia emisji rozproszonych i ograniczania potrzebnych przepływów odciągu jest wychwytywanie emisji jak najbliżej źródła emisji. Dodatkowe urządzenie do odciągu na dachu ogólnie uważa się za mniej opłacalne niż odciąg u źródła. Jednak, jak już wspomniano, nie zawsze jest możliwość wychwycenia całego pyłu, zatem system odciągu na dachu może być skutecznym rozwiązaniem w zakresie ochrony środowiska, służącym zmniejszaniu ogólnej ilości emisji ze stalowni.

Jak widać w tabeli 7.7, w przypadku dużych ilości gazu należy stosować stosunkowo niskie stężenia emisji. Niemniej jednak na całym świecie odciąg na dachu stosuje tylko kilka zakładów. Cząsteczki rozproszone częściowo odkładają się w halach produkcyjnych lub emitowane są przez otwory w dachu z otwartych drzwi i okien.

Dziś nie ma standaryzowanych technik pomiaru emisji dachowych, tak więc ocena tych emisji bardzo się różni. W tabeli 7.7 przedstawiono wyniki pomiarów VDI 2463 część 7 dla pyłu emitowanego przez dach. Mimo iż stosowany jest wydajny system wentylacji wtórnej i odpylania, w którym okapy położone są blisko źródeł emisji i strumienia odciągu na poziomie 300 000-1 000 000 m³/h, znaczna ilość pyłu wciąż przedostaje się przez otwory dachowe. W odniesieniu do średniej produkcji stali jednostkowe emisje pyłu kształtują się na poziomie około 100 g/t. Ogólnie rzecz biorąc, poziom emisji na dachu szacuje się w zakresie od 8 do 120 g/t płynnej stali surowej. Niektóre warunki procesu, np. wyrzucanie metalu i żużła z konwertora podczas świeżenia, może spowodować tymczasowe wyższe wartości emisji. Rzeczywiste emisje zależą głównie od wydajności wychwytywania i sekwencji ładowania złomu i surówki [363, Eurofer 2007].

Tabela 7.7: Pomiary emisji pyłów przez dach z produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową

Jednostka	PM ₁₀ (mg/m ³)	Pyły ogółem (mg/m ³)	Przepływ gazu (m ³ /h)	Pyły ogółem w przepływie masy (kg/h)
Dach nad halą przygotowania wsadu (1)				
otwór w dachu 1	1,8	3,7	1112000	4,1
otwór w dachu 2	1,5	4,4	1199000	5,3
otwór w dachu 3	2,2	4,5	1089000	4,9
średnia:	1,8	4,2		
razem:			3400000	14,3
Dach nad halą z konwertorem				
otwór w dachu 1 (przy dwóch działających konwertorach)	b.d.	2 - 13	1430000 - 2120000	5 - 26
średnia z 10 dziennych wartości średnich	b.d.	7,2	1980000	14,3

otwór w dachu 1 (przy jednym działającym konwertorze)	b.d.	2 - 22	1430000 - 2120000	5 - 46
średnia z 10 dziennych wartości średnich	b.d.	11,3	1980000	23,4
<p>(¹) Pomiary przeprowadzone w lipcu i sierpniu 2005 r. według VDI 2463 część 7. Uwaga: - W przypadku hali z konwertorem pomiary te przeprowadzono nieprzerwanie przez okres 10 dni. W przypadku hali przygotowania wsadu w dwa dni pobrano sześć jednogodzinnych próbek. - b.d. = brak danych Źródło: [151, TÜV Süd Industrie Service GmbH 2005]</p>				

W jednym zakładzie konwertorowym, gdzie nie ma systemu odpylania wtórnej rozproszonej emisji pyłów podczas gorącej przelewania metalu na jednym stanowisku odlewania odnotowano cztery tony rocznie, a podczas ładowania i spuszczenia z jednej konwertora 56 ton rocznie [359, Holandia 2007].

7.2.2.2 Ścieki

[363, Eurofer 2007]

Wodę wykorzystuje się do następujących celów:

- woda płuczkowa z mokrego odpylania gazu konwertorowego BOF,
- woda płuczkowa z mokrego odpylania w procesie odsiarczania,
- woda z wytwarzania podciśnienia,
- woda z chłodzenia bezpośredniego przy odlewaniu ciągłego lub odlewaniu wlewków.

W celu optymalizacji wykorzystania ścieków w zintegrowanych stalowniach, poszczególne przepływy można mieszać a następnie poddawać obróbce wspólnej (patrz pkt 2.4). W takim wypadku może brakować informacji na temat składu ścieków z pojedynczego etapu produkcji [363, Eurofer 2007].

Ścieki z oczyszczania gazu z konwertora BOF

Gaz konwertorowy jest oczyszczany na mokro lub na sucho. W przypadku oczyszczania na mokro wytwarzane są ścieki, które zwykle po oczyszczeniu są recyklowane. Takie oczyszczanie jest bardzo często wykonywane w dwóch etapach: oddzielenie cząstek gruboziarnistych (o wielkości ziarna > 200 μm), po którym następuje sedymentacja w walcowych zbiornikach odstożnikowych. Dodaje się środki kłaczkujące w celu wzmocnienia procesu sedymentacji.

Celem flokulacji elektrycznej jest wyeliminowanie małych i wolno osadzających się cząstek za pomocą pola elektrycznego. Cząstki o tej samej biegunowości odpychają się wzajemnie, tym samym spowalniając proces sedymentacji. We flokulacji elektrycznej powierzchnia cząstek poddawana jest wyładowaniom elektrycznym podczas przejścia przez pole elektryczne, które umożliwia aglomerację cząstek.

Układ flokulacji elektrycznej składa się z kilku segmentów, które zainstalowane są wewnątrz odstożnika w pobliżu wlotu ścieków. Każdy segment składa się z anody i czterech rury z katodą. Prąd stały prowadzona jest od anody do katod za pośrednictwem ścieków, generując w ten sposób pole elektryczne.

Przepustowość osadników jest znacząco wyższa i nie potrzeba flokulantów chemicznych. Proces ten przeciwdziała również tworzeniu się zgorzeli, co zapobiega osadzaniu się cząstek na powierzchni osadnika [363, Eurofer 2007].

Szlam jest odwadniany za pomocą obrotowych filtrów próżniowych, komorowych pras filtracyjnych lub wirówek. Nie są dostępne reprezentatywne dane dotyczące przepływów i jakości oczyszczonych ścieków odprowadzanych z układu (przelew).

Ścieki z wytwarzania podciśnienia

W obróbce próżniowej jednostkowy przepływ ścieków z układu wytwarzania podciśnienia wynosi od 5 do 8 m³/t płynnej stali poddanej obróbce próżniowej. W kilku przypadkach jednostkowe zapotrzebowanie na wodę przemysłową jest wyższe; w jednym przypadku wynosi 41 m³/t ciekłej stali (patrz tabela 7.3). Woda ta jest prawie w pełni poddawana recyklingowi. Należy zaznaczyć, że obróbce próżniowej nie trzeba poddawać całej płynnej stali. Dlatego ważona jednostkowa ogólna produkcja ścieków z obróbki próżniowej wynosi 1,3 m³/t ciekłej stali. Dane na temat składu i obróbki lub zwracania do procesu technologicznego nie są dostępne [140, Eurofer 2009][363, Eurofer 2007][365, Eurofer 2007]. Zwykle ścieki są oczyszczane razem z innymi strumieniami z walcowni, jako że znajdują się one w jej bezpośrednim sąsiedztwie.

Ścieki z odlewania ciągłego

Emisje do wody z urządzeń do ciągłego odlewania stali wytwarzane są przez układ chłodzenia bezpośredniego. Jest on stosowany do bezpośredniego chłodzenia kęsisk płaskich, kęsisk kwadratowych, kęsów i samych urządzeń. Woda odpływowa zawiera zgorzelinę (1-3g/l) oraz olej/smar. Woda ta jest bardzo często oczyszczana razem ze ściekami z walcowni, jako że znajdują się one w jej bezpośrednim sąsiedztwie. Ilość ścieków w dużej mierze zależy od lokalnych warunków i zarządzania wodą. Jednostkowe zapotrzebowanie na wodę na potrzeby odlewania ciągłego waha się od 5 do 35 m³/tonę płynnej stali [72, N.N. 2005]. Ilość ścieków powstających potencjalnie z odlewania ciągłego kształtuje się na poziomie do 2 m³/t ciekłej stali.

7.2.2.3 Pozostałości procesowe, takie jak odpady i produkty uboczne

W tabeli 7.8 przedstawiono różne pozostałości stałe powstające podczas produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową razem z ich ilościami [363, Eurofer 2007] oraz wyniki zapytania rozesłanego do europejskich producentów stali wykorzystujących metodę tlenowo-konwertorową.

Tabela 7.8: Rodzajowe i ilościowe odpady stałe powstające przy wytwarzaniu stali metodą konwertorowo-tlenową

Powstały materiał stały (odpady/ produkty uboczne/ pozostałości)	Ilość jednostkowa (zakres) (kg/t ciekłej stali)
żużel z odsiarczania	3 - 21
żużel z konwertora tlenowego	85 - 165
żużel z rafinacji pozapiecowej	9 - 15
żużel z odlewania ciągłego	4,0 - 5
rozpryski	2,8 - 15
pył drobno- i gruboziarnisty	0,75 - 24
zgorzelina z ciągłego odlewania	2,3 - 6,4
gruz	0,05 - 6
<i>źródło:</i> [363, Eurofer 2007][365, Eurofer 2007].	

Z tabeli 7.8 wynikają następujące poziomy procentowe: żużel z konwertora tlenowego: około 80%, żużel z odsiarczania: około 10%, żużel z rafinacji pozapiecowej: około 7% i żużel z odlewania ciągłego: około 3% [363, Eurofer 2007].

Żużel z zasadowego konwertora tlenowego (BOF) stanowi największą część, co ukazano w tabeli 7.9.

Tabela 7.9: Produkcja stali oraz wtórny żużel stalowniczy

Żużel stalowniczy	Ilość (w tys. ton)	(%)
żużel z konwertora tlenowego	9 424	87,3
wtórny żużel stalowniczy wraz z żużlem z odsiarczania i rafinacji pozapiecowej	1368	12,7
Ogółem	10 792	100
Uwaga: Dane z roku 2004, dotyczące następujących krajów UE: AT, BE, DE, DK, ES, FR, FI, LU, NL, UK, SE, SK. Źródło: [174, Euroslag 2006].		

Żużel z odsiarczania

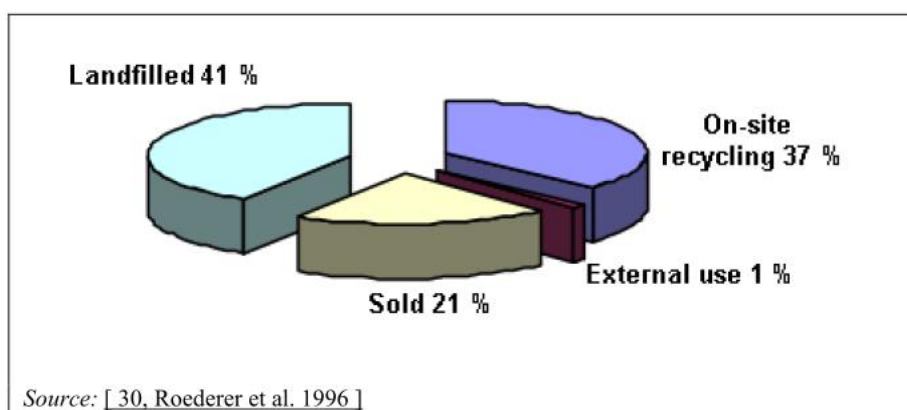
Żużel z procesu odsiarczania jest żużlem niejednorodnym, który tylko częściowo został stopiony. Skład żużli z procesu odsiarczania w dużej mierze zależy od zastosowanych środków odsiarczających. Typowy skład chemiczny takiego żużla przedstawiono w tabeli 7.10.

Tabela 7.10: Skład chemiczny żużlu z odsiarczania surówki

Parametr	Stężenie (% wagowy)	Parametr	Stężenie (% wagowy)
CaO	27,0	MnO	≤0,5
SiO₂	18,0	P₂O₅	≤0,2
Al₂O₃	8,0	Cr₂O₃	≤0,1
MgO	10,0	wolne CaO	≤5
całkowite Fe	20,0	S	≤4
metaliczne Fe	15,0	CaO/SiO₂	1,5
Źródło: [363, Eurofer 2007].			

Względnie wysoka zawartość siarki i niezadowalające własności mechaniczne sprawiają, że żużel z procesu odsiarczania nie stanowi idealnego tworzywa do ponownego wykorzystania. Zazwyczaj zwracany jest on do procesu technologicznego do mieszanki spiekalniczej w zintegrowanych stalowniach, a częściowo wykorzystywany jest w pracach ziemnych lub w barierach dźwiękochłonnych. Jest także wykorzystywany do wyrównywania terenu (rysunek 7.12) [363, Eurofer 2007]. Z nowych badań wynika, że żużel można wykorzystać jako odżywki do gleby zawierające siarkę, tak więc mogą powstawać nowe zastosowania dla tego rodzaju żużla.

EN	PL
landfilled	wyrównywanie terenu
on-site recycling	recykling w zakładzie
sold	sprzedany
external use	zastosowanie zewnętrzne
source	źródło



Rysunek 7.12:Przeznaczenie żużla z procesu odsiarczania surówki w UE

Żużel z konwertora tlenowego

Skład chemiczny tego żużla z procesu wytwarzania stali metodą konwertorowo tlenową zależy od zastosowanych procesów (tabela 7.11).

Tabela 7.11: Przykładowy skład chemiczny żużla z konwertora BOF

Proces	LD-AC	LD1	LD2	LD3	LD4
CaO	50,0	50,0	52,4	51,4	44,2
wolne CaO	≤7	≤10	8,2	4,8	<0,2
SiO ₂	9,0	15,0	12,6	14,8	23,7
CaO/SiO ₂	4	2,5			
Al ₂ O ₃	≤2	≤2	1,6	1,3	1,6
MgO	≤3	≤3	3,1	4,1	2,1
całkowite Fe	12,0	16,0			
metaliczne Fe	≤1	≤1			
FeO			12,6	12,7	12,2
Fe ₂ O ₃			11,7	10,8	11,6
MnO	2,0	≤4	4,3	4,9	2,4
Cr ₂ O ₃	≤1	≤1	0,4	0,31	0,16
TiO ₂			0,5	0,9	0,7
V ₂ O ₃			0,33	0,29	0,12
P ₂ O ₅	15,0	≤2			

Uwaga:— wartości w % wagowych,
 — LD-AC = proces Linz-Donawitz-Arbed-CRM,
 — LD = proces Linz-Donawitz (cztery przykłady),
 Źródło: [46, Geiseler 1991][363, Eurofer 2007][365, Eurofer 2007][385, Malmberg i in. 2005],

Skład mineralny tych żużli różni się i w dużej mierze zależy od zakładu, co przedstawiono w tabeli 7.12.

Tabela 7.12: Trzy przykłady zakresu składników mineralnych żużli z konwertora

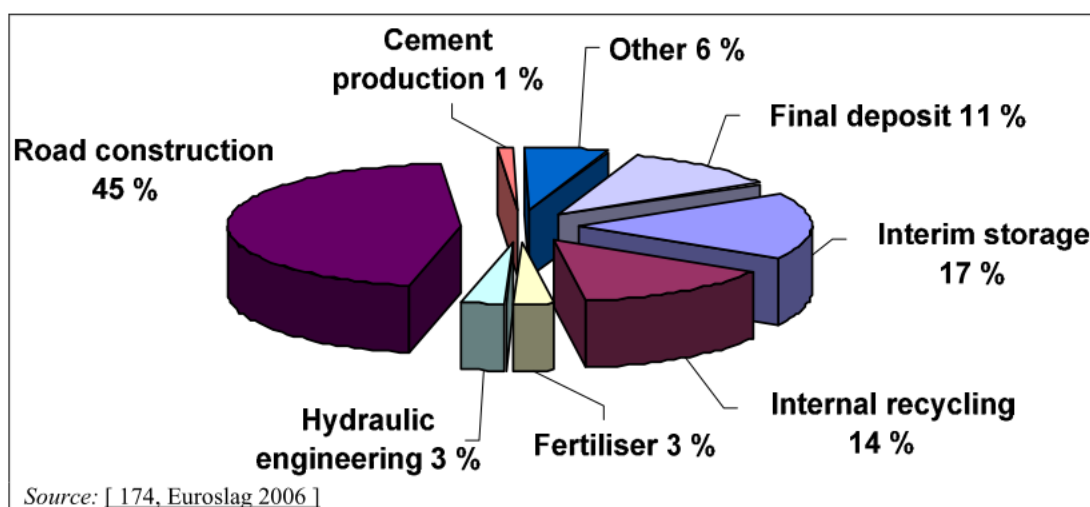
Minerał	krzemian trzywapniowy (alit)	krzemian dwuwapniowy (belit)	dwuwapniowy tlenek żelaza	spinel	wustyt	wapno
wzór:	3 CaO SiO ₂	2 CaO SiO ₂	2 CaO Fe ₂ O ₃	MeO Me ₂ O ₃	FeO	CaO
żużel LD 1	0	40	30	0	20	10
żużel LD 2	20	35	25	0	15	5
żużel LD 3	0	70	0	20	10	0

Uwaga: wartości w % wagowych
 Źródło: [365, Eurofer 2007].

Większość żużla z konwertora BOF wykorzystuje się jako kruszywo w budowie dróg jako baza/ podbudowa, w mieszankach asfaltowych oraz w budowie dróg wodnych (w hydrotechnice, np. do stabilizacji wybrzeża). Jednak ze względu na warunki rynkowe pewien odsetek żużla z konwertora BOF nadal wykorzystuje się do wyrównywania terenu.

Żużel stalowniczy częściowo wykorzystywany jest również jako źródło wapna do mieszanek spiekalniczych lub bezpośrednio w materiale wsadowym do wielkiego pieca bądź też w konwertorze BOF (zastosowanie wewnętrzne). Zastosowanie to jest częściowo ograniczone ze względu na dopuszczalną ilość fosforu w surówce. Znaczną ilość żużla nadal wykorzystuje się jako nawóz i środek odwapniający w rolnictwie ze względu na stosunkowo dużą zawartość wolnego CaO [363, Eurofer 2007].

EN	PL
road construction	budowa dróg
cement production	produkcja cementu
other	inne
final deposit	ostateczne składowanie
interim storage	magazynowanie wewnętrzne
internal recycling	wewnętrzne zawracanie do procesu technologicznego
fertiliser	nawozy
hydraulic engineering	hydrotechnika
source	źródło



Rysunek 7.13: Zastosowanie żużli stalowniczych w Europie w 2004 r.

Żużel z rafinacji pozapiecowej

Skład żużla z rafinacji pozapiecowej trochę się różni i można w jej ramach znaleźć szeroki zakres składów chemicznych, ponieważ zależą one technologii produkcji i od rodzaju produkowanej stali.

Żużel z rafinacji pozapiecowej stanowi małą część pozostałości ze stalowni, co przedstawiono w tabeli 7.9.

Skład mineralny żużli z obróbki pozapiecowej różni się i w dużej mierze zależy od zakładu. W tabeli 7.14 ukazano wachlarz możliwego składu żużla z wtórnej produkcji stali.

Tabela 7.13: Podstawowe składniki mineralne żużla z rafinacji pozapiecowej

Żużel z rafinacji pozapiecowej		
Nazwa	Minerał	Wzór
beta krzemian dwuwapniowy	larnit	$\beta\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$
gamma krzemian dwuwapniowy	ingesonit	$\gamma\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$
krzemian magnezu wapnia	bredigyt	$\text{Ca}_7\text{Mg}(\text{SiO}_4)_4$
krzemian fluorku wapnia	kuspidyn	$\text{Ca}_4\text{F}_2\text{Si}_2\text{O}_7$
	spinel	$\text{Me}^{2+}(\text{Me}^{3+})_2\text{O}_4$
Tlenek glinu wapnia	majenit	$\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$
magnezja	peryklaz	MgO
Tlenek wapnia	wapno	CaO
Uwaga: Me = połączenie metali o walencyjności 2 i 3 (np. Mg^{2+} , Al^{3+}).		
Źródło:[365, Eurofer 2007].		

Tabela 7.14: Zakres możliwego składu żużla z wtórnej produkcji stali

Parametr	Granica dolna (% wagowy)	Granica górna (% wagowy)
CaO	20	65
FeO	0,1	20
SiO ₂	1	40
MgO	2	20
Al ₂ O ₃	0,5	40
P ₂ O ₅	<0,01	1
Mn	0,03	7,7
Ti	0,02	3
Cr	<0,01	2,6
F	<0,01	10
P łącznie	<0,05	4
Źródło:[220, Eurofer 2008].		

Pył i szlam z oczyszczania gazu konwertorowego

Pył gruboziarnisty pochodzi z pierwszego etapu odpylania a pył drobnoziarnisty z drugiego. Istnieją różne systemy rozdzielania pyłu gruboziarnistego i drobnoziarnistego. Można je przeprowadzić w samym procesie, na przykład poprzez indywidualne wychwytywania i oddzielenie pyłu w kolejnych etapach odpylania lub późniejszego oczyszczania pyłu/szlamu np. odzysk szlamu gruboziarnistego można przeprowadzić w zbiorniku wstępnego osadzania a odzysk szlamu drobnoziarnistego w drugim osadniku. Skład cząstek pyłu przedstawiono w porównaniu do składu pyłu drobnoziarnistego w Tabeli 7.15.

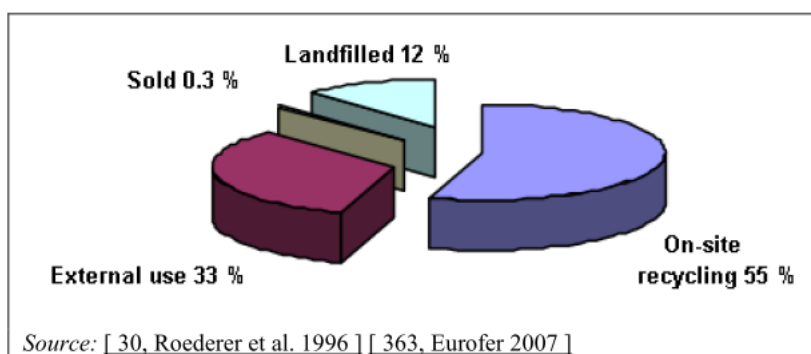
Tabela 7.15: Skład pyłu i szlamu grubo- i drobnoziarnistego

Parametr	Pył gruboziarnisty	Pył drobnoziarnisty	Odpylanie wstępne	Odpylanie wtórne	Szlam
całkowite Fe	30 - 85	54 - 70	38 - 85	32 - 63	48 - 70
metaliczne Fe	72	20	jedynie do celów informacyjnych w zakresie zawartości metalicznej		
CaO	8 - 21	3 - 11	5,7 - 40	3,7 - 35	3,0 - 17
Zn	0,01 - 0,4	1,4 - 3,2	0,1 - 1,5 (*)	0,5 - 13	0,2 - 4,1
Pb	0,01 - 0,04	0,2 - 1,0	0,05 - 0,4	0,09 - 0,8	0,04 - 0,14
S	0,02 - 0,06	0,07 - 0,12	0,02 - 1,3	0,1 - 1,1	0,03 - 0,35
C	1,4	0,7	0,1 - 6,5	1,0 - 8	0,7 - 4,6

(*) Możliwe są wartości do 8,5% wagowo.
 Uwaga: wartości w % wagowych
 Źródło: [55, Harp i in. 1990][64, IISI 1985][365, Eurofer 2007].

Pył gruboziarnisty po przygotowaniu zazwyczaj wraca do procesu produkcji stali metodą tlenową lub zawracany poddawany jest recyklingowi do linii spiekalniczej lub brykietu produkowanego na zimno. W UE małą część kieruje się do wyrównywania tereny (zob. Rysunek 7.14).

EN	PL
landfilled	wyrównywanie terenu
on-site recycling	recykling w zakładzie
sold	sprzedany
external use	zastosowanie zewnętrzne



Rysunek 7.14:Przeznaczenie pyłu z oczyszczania gazu wielkopiecowego

W tabeli 8.9 pokazano, że pył drobnoziarnisty w porównaniu do pyłu gruboziarnistego zawiera znacznie większe ilości ołowiu i cynku. Głównym źródłem tych metali ciężkich jest zwykle złom ładowany do konwertora. W niektórych przypadkach możliwe jest kontrolowanie wprowadzania ołowiu, a w szczególności cynku, wraz ze złodem. Zaobserwowano jednak, że w ciągu ostatnich lat dostępność złomu o niskiej zawartości cynku (np. poniżej 1%) się nie zmniejszyła. Ze względu na zawartość cynku, pyłu lub osadu z dolnej części nie da się poddać recyklingowi, lecz kierowany jest do wyrównywania terenu (patrz rysunek 7.14) [363, 2007 Eurofer].

Szlam generowany jest podczas hydrocyklonowania lub sedimentacji zawiesiny w obiegu wody płuczającej. Osad ten można w 100% poddawać recyklingowi w procesie żelaza i stali, jeśli za pomocą złomu ściśle ogranicza się ilość zastosowanego cynku, czyli kieruje go z powrotem do instalacji spiekania lub konwertora BOF po brykietowaniu na zimno (patrz punkt 2.5.4.4.4). W wielu innych zakładach produkcji stali na świecie osad nie można ponownie wykorzystać i albo znajduje zastosowanie zewnętrzne w sektorze cementowym, albo jest magazynowany lub utylizowany.

Rozpryski

Do rozprysków dochodzi wskutek wyrzucania metalu i żużła podczas świeżenia, spowodowanego przez intensywne pienienie w konwertorze podczas przedmuchiwania. Rozpryski mają dużą zawartość żelaza, które się wyodrębnia i zawraca do procesu technologicznego w spiekalni. Resztę żużli (z mniejszą ilością żelaza) normalnie wykorzystuje się do wyrównywania terenu [363, Eurofer 2007].

Zgorzelina walcownicza z odlewania ciągłego

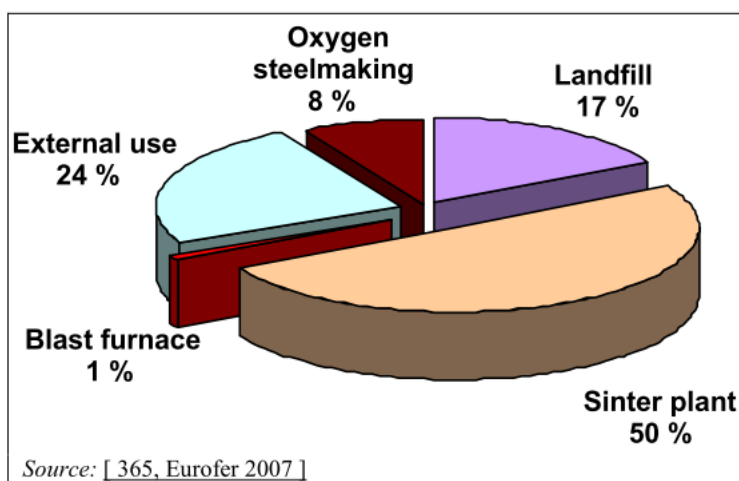
W tabeli 7.16 przedstawiono szeroki wachlarz składników w zgorzelinie walcowniczej. Produkty te normalnie zawraca się do linii spiekania [363, Eurofer 2007].

Tabela 7.16: Skład zgorzeliny walcowniczej

Parametr	Zgorzelina walcownicza
Fe całkowity	33 - 72
Fe metaliczny	b.d.
CaO	0,4 - 16
C	0,1 - 0,8
Olej	W praktyce zawartość oleju w drobnoziarnistej zgorzelinie walcowniczej wynosi zazwyczaj < 1%, a zawartość na poziomie 8% zdarza się okazjonalnie. W drobnoziarnistej zgorzelinie walcowniczej prawie w ogóle nie ma oleju.
Uwaga: — wartości w % wagowych, — b.d. = brak danych Źródło: [150, Bakker, Wim 2008][365, Eurofer 2007].	

W 2004 r. całkowita ilość pyłu/szlamu i zgorzeliny walcowniczej z produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową wynosiła 2,23 mln ton (w tym 86% produkcji UE-15).

EN	PL
oxygen steelmaking	produkcja stali metodą konwertorowo-tlenową
landfill	wyrównywanie terenu
sinter plant	spiekalnia
blast furnace	wielki piec
external use	zastosowanie zewnętrzne



Rysunek 7.15: Przeznaczenie pyłu/szlamu i zgorzeliny walcowniczej z produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową

Gruz

Gruz składa się przede wszystkim z materiałów ogniotrwałych. Nie są dostępne reprezentatywne dane na temat przeznaczenia tych odpadów stałych/produktów ubocznych. W niektórych stalowniach jest on częściowo recyklowany do konwertora tlenowego lub powtórnie jest wykorzystywany w produkcji nowego tworzywa ogniotrwałego. W pozostałych przypadkach przeznaczony jest do wyrównywania terenu [363, Eurofer 2007].

7.2.2.4 Zużycie energii

Zasadowy konwertor tlenowy (BOF)

W konwertorze BOF paliwo wykorzystuje się do podgrzewania i suszenia konwertorów po wymianie okładziny i po naprawach. To zużycie energii cieplnej wynosi około 0,051 GJ/t płynnej stali. Zużycie energii elektrycznej szacowane jest na 23 kWh/t płynnej stali lub 0,08 GJ/t płynnej stali. W wartości tej uwzględniono produkcję tlenu i obsługę konwertorów.

Gazy technologiczne z konwertora zawierają duże ilości tlenku węgla (CO) i są gorące. Podczas odzysku energii z gazu konwertorowego (odzysku ciepła odpadowego lub odzysku gazu z konwertora BOF) konwertor BOF staje się producentem energii netto. W nowoczesnej instalacji odzysk energii może wynosić nawet 0,7 GJ/t ciekłej stali.

Odlewanie ciągle

Zużycie paliwa do podgrzewania kadzi zawierającej płynną stal szacuje się na 0,02 GJ/t płynnej stali. Zużycie energii elektrycznej maszyn odlewniczych szacuje się na 0,04 GJ/t płynnej stali [65, InfoMil 1997].

7.3 Techniki, które należy uwzględnić przy ustalaniu najlepszych dostępnych technik BAT

W niniejszym rozdziale omówiono techniki (lub ich kombinacje) oraz ich monitorowanie mające potencjał do osiągnięcia wysokiego poziomu ochrony środowiska w działaniach w zakresie niniejszego dokumentu.

Obejmuje on techniki zintegrowane z procesem oraz rozwiązania stosowane po jego zakończeniu. Rozważane są również procedury unikania generowania odpadów oraz zarządzanie nimi, w tym minimalizacja ilości odpadów i ich recykling. Co więcej omawiane są techniki ograniczające zużycie surowców, wody oraz energii.

Załącznik III do dyrektywy zawiera szereg kryteriów ustalania BAT, a informacje przedstawione w niniejszym rozdziale uwzględnią te aspekty. W miarę możliwości na potrzeby zarysowania informacji dotyczących każdej z technik, umożliwienia porównania technik i oceny względem definicji BAT zawartej w dyrektywie wykorzystywana jest standardowa struktura tabeli 7.17.

W niniejszym podrozdziale niekoniecznie przedstawiono pełną listę technik, które można zastosować w sektorze. Przy ustalaniu BAT dla poszczególnych instalacji funkcjonować mogą lub mogą zostać opracowane a następnie uwzględnione inne techniki.

Tabela 7.17: Podział informacji dla każdej z technik omawianych w niniejszym podrozdziale

Rodzaj rozważanej informacji	Rodzaj zawartej informacji
Opis	Krótki opis techniczny z obrazkami, diagramami i grafami w odpowiednich przypadkach
Osiągnięte korzyści dla środowiska	Główne potencjalne korzyści dla środowiska możliwe do osiągnięcia dzięki zastosowaniu techniki (w tym oszczędność energii, wody, surowców, jak również zwiększenie produktywności, wydajności energetycznej itp.)
Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)	Potencjalne efekty uboczne dla środowiska i niekorzystne oddziaływanie na inne komponenty związane z zastosowaniem techniki, w tym szczegóły wpływu środowiskowego techniki w porównaniu z innymi (wady i zalety podparte danymi, jeśli są dostępne) w celu dokonania oceny wpływu techniki na środowisko jako całość. Może to obejmować takie kwestie jak: <ul style="list-style-type: none"> • zużycie surowców i wody, • zużycie energii i przyczynianie się do zmian klimatu, • możliwość kurczenia warstwy ozonu w stratosferze, • możliwość tworzenia ozonu fotochemicznego, • zakwaszanie w związku z emisjami do atmosfery, • pyłki w powietrzu (w tym mikrocząsteczki i metale), • eutrofizacja gleb i wód w związku z emisjami do atmosfery lub wody, • możliwość zmniejszania ilości tlenu w wodzie, • trwałe/toksyczne/bioakumulujące związki z wodzie lub glebie (w tym metale), • tworzenie lub zmniejszanie ilości pozostałości z procesu (odpadów), • możliwość ponownego wykorzystania lub recyklingu pozostałości z procesu (odpadów), • hałas i/lub przykre zapachy, • ryzyko wypadków.
Dane operacyjne	Faktyczne dane dotyczące wydajności (w tym warunki odniesienia, okresy i metody monitorowania) oraz poziomów emisji, poziomów zużycia (surowców, wody, energii) oraz ilości wytworzonych odpadów. Wszelkie inne użyteczne informacje dotyczące działania, konserwacji i sterowania daną techniką.
Możliwość zastosowania	Wskazanie na rodzaj zakładów lub procesów, w których dana technika może lub nie może zostać zastosowana, jak również na ograniczenia jej zastosowania w określonych przypadkach, z uwzględnieniem np. wieku zakładu (nowy lub istniejący), czynników związanych z modernizacją (np. dostępność miejsca), rozmiar zakładu (duży lub mały), już zainstalowanych technik oraz rodzaju lub jakości produktu

Aspekty ekonomiczne	Informacje dotyczące kosztów (inwestycyjnych i operacyjnych) oraz wszelkich możliwych oszczędności (np. ograniczone zużycie surowców lub energii, opłaty za odpady) lub przychodów, w tym szczegółowe informacje dotyczące sposobu ich obliczenia/oszacowania. Podane zostaną informacje gospodarcze związane z nową budową i modernizacją dostosowującą technikę do istniejących instalacji. W miarę możliwości powinno to pozwolić na określenie całkowitego wpływu ekonomicznego techniki.
Motywacja do wdrożenia techniki	Konkretne warunki lokalne, wymagania (np. legislacyjne, środki bezpieczeństwa) lub bodźce nieśrodowiskowe (np. zwiększona produktywność, lepsza jakość produktu), które doprowadzały dotychczas do wdrożenia techniki
Przykładowe zakłady	Odniesienie do zakładu/zakładów, w których wdrożona została dana technika i z których dane zostały zebrane i wykorzystane do opracowania podrozdziału. Wskazanie na rozpowszechnienie danej techniki w Europie i na świecie
Bibliografia	Literatura przedmiotu lub inne materiały referencyjne (np. książki, raporty, opracowania, strony internetowe) wykorzystane do opracowania podrozdziału i zawierające bardziej szczegółowe informacje dotyczące techniki

7.3.1 Odpylanie główne (wstępne)

Opis

Podczas wdmuchiwania tlenu wytwarzany jest gaz konwertorowy. Gaz ten jest obciążony dużą ilością pyłu. Jeżeli gaz konwertorowy jest odzyskiwany i stosowany jako paliwo (patrz pkt 7.3.7), musi spełnić pewne wymagania. Jeżeli jest on spalany w przewodzie gazów odlotowych, emitowane spaliny muszą spełniać miejscowe normy dotyczące emisji. Na dzień dzisiejszy większość zakładów odzyskuje gaz konwertorowy jako paliwo. Systemy pełnego spalania wprowadzają powietrze z otoczenia do głównego systemu odciągu w celu spalania gazu konwertorowego. Prowadzi to do dużego przepływu spalin (2000-3000 Nm³/t płynnej stali), podczas gdy w systemach spalania tłumionego wytwarzany jest tylko gaz konwertorowy (50-100 Nm³/t płynnej stali) (patrz tabela 7.6). Powoduje to znaczne różnice w wymiarach urządzeń głównego odpylania. Zmniejszona wielkość przepływu spalin charakteryzująca metodę spalania tłumionego daje w rezultacie wyższe stężenie pyłów w surowym gazie tak, że aby uzyskać taką samą czystość gazu musi zostać zwiększona skuteczność systemu wychwytywania pyłów. Dlatego też z punktu widzenia wychwytywania pyłów zasada spalania tłumionego umożliwia zastosowanie systemów odpylania zaprojektowanych na mniejsze wielkości przepływów objętościowych, które niemniej jednak muszą osiągać wyższe wielkości wychwytywania pyłów.

Główne odpylanie jest zwykle przeprowadzane w płuczkach zwężkowych (około 60% zakładów) lub w suchych filtrach elektrostatycznych. Przed dojściem do płuczki zwężkowej lub filtra elektrostatycznego gruboziarnisty pył jest zwykle usuwany za pomocą deflektora itp.

Szczególność należy zwrócić na emisję pyłu przez otwór lancy tlenowej. Emisje z tego otworu mogą wynosić aż 50 g/t płynnej stali. Mogą one zostać obniżone za pomocą ruchomego „kamienia młyńskiego”, który przykrywa otwór podczas wdmuchiwania tlenu i/lub wtryskiwania gazu obojętnego (N₂/CO₂) lub pary w celu rozproszenia cząstek pyłu. Inne konstrukcje uszczelnień otworu lancy są również efektywnie łączone z przyrządami czyszczącymi lancy.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Osiągnięte korzyści dla środowiska naturalnego dla każdej z podstawowych technik odpylania podano poniżej:

- odpylanie na sucho i spalanie tłumione: dzięki zastosowaniu filtra elektrostatycznego resztkowe stężenie pyłu w gazie konwertorowym można obniżyć do zaledwie 10 mg/Nm³ (równowartość 0,5-1,0 g/t płynnej stali), w każdym razie poniżej 50 mg/Nm³. Zanim gaz zostanie poddany obróbce w filtrze elektrostatycznym, w strefie odchylenia usuwa się pył gruboziarnisty, a gaz odprowadzany jest do chłodnicy wyparnej;
- odpylanie na sucho i spalanie otwarte: emisje pyłów z gazu konwertorowego można zmniejszyć do 20-50 mg/Nm³;
- płukanie i spalanie tłumione: w przypadku stosowaniu najpierw systemu mokrego grube cząstki są usuwane w separatorze mokrym, a następnie drobne cząstki usuwa się płuczkami zwężkowymi. Stężenie pyłu w gazie konwertorowym po płukaniu kształtuje się zazwyczaj na poziomie między 15 a 50 mg/Nm³, ale może także być niższe niż 10 mg/Nm³;
- płukanie i spalanie otwarte: gdy gaz konwertorowy jest spalany w przewodzie gazów odlotowych i oczyszczany za pomocą płuczek zwężkowych, pozostała zawartość pyłu wynosi od 10 do 50 mg/Nm³.

W tabeli 7.18 przedstawiono uzyskane stężenie emisji w przypadku użycia technik mokrych zmniejszania emisji do atmosfery.

Tabela 7.18: Uzyskane stężenie emisji w przypadku użycia technik mokrych zmniejszania emisji do atmosfery

Parametr	Płuczka i mokry filtr elektrostatyczny	Płuczka
PM	32,5	<42
CO	15	2
NO _x	25	
Hg		0,002
Cd, Tl	0,003	
As, Co, Ni, Se, Te	0,02	
Pb, Cr, Cu, Mn, V	0,4	
Pb		0,3
PCDD/F	0,04	
HF	<0,5	

Uwaga: Wartości podane w mg/Nm³ poza PCDD/F, które podano w ng I-TEQ/Nm³. Wartości te to średnie roczne.
Źródło: [244, Plickert 2007].

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Wyodrębnione pyły i szlamy mogą zawierać wysokie stężenie cynku, co utrudnia ich ponowne wykorzystanie. Zastosowanie złomu zawierającego małe ilości cynku może umożliwić zwracanie szlamu z konwertora do spiekalni. Zakłady wykorzystujące suche

filtry elektrostatyczne mogą przeprowadzać brykietowanie odpadów stałych i recykling brykietów bezpośrednio do procesu wytwarzania stali (patrz punkt 7.3.5).

Ponadto odpylanie na mokro pociąga za sobą generowanie zanieczyszczonego strumienia ścieków.

Ponadto funkcjonowanie urządzenia odpylającego powoduje zużycie energii. W systemie spalania tłumionego odpowiadałoby to 0,001-0,005 GJ/t stali w przypadku płuczki zwężkowej i <0,001 GJ/t stali w przypadku suchego filtra elektrostatycznego.

W systemie spalania otwartego odpowiadałoby to 0,04-0,15 GJ/t stali w przypadku płuczki zwężkowej i <0,005 GJ/t stali w przypadku suchego filtra elektrostatycznego.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Technikę odpylania głównego można stosować zarówno w nowopowstałych i już istniejących zakładach. W niektórych zakładach stosuje się suche filtry elektrostatyczne.

Aspekty ekonomiczne

Koszty inwestycji odpylania głównego kształtują się na poziomie od 24 mln EUR do 40 mln w przypadku stalowni produkującej rocznie 1 Mt stali. Koszty operacyjne wynoszą 2-4 EUR na tonę ciekłej stali.

Na przykład w 1996 walutę przeliczano na ECU, a na potrzeby przeglądu na EUR.

Motywacja do wdrożenia techniki

Aby zapewnić odzysk gazu z konwertora BOF za pomocą spalania tłumionego, potrzeba bardzo wydajnego oczyszczania. W przypadku braku odzysku lub odzysku za pomocą spalania gazu konwertorowego gaz ten należy poddać obróbce, aby osiągnąć obecne dopuszczalne wartości.

Przykładowe zakłady

Przykłady zastosowania różnych systemów odpylania w zakładach to:

- suchy filtr elektrostatyczny i spalanie tłumione:
 - ThyssenKrupp Steel AG, Duisburg, Niemcy,
 - LD Melt Shop 3, Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria,
 - Voestalpine Stahl GmbH, Donawitz, Austria,
 - Salzgitter AG, Salzgitter, Niemcy,
- suchy filtr elektrostatyczny i spala otwarte:
 - ArcelorMittal Ruhrort GmbH, Duisburg, Niemcy,
- płukanie i spalanie tłumione:
 - stalownie wykorzystujące metodę konwertorowo-tlenową; wiele stalowni w Europie, np.: Corus IJmuiden, Holandia,
 - ArcelorMittal,
 - ArcelorMittal Bremen, Niemcy,
 - ArcelorMittal, Dunkierka, Francja,
 - ArcelorMittal, Fos sur Mer, Francja,
 - ArcelorMittal, Florange, Francja,
 - ArcelorMittal, Gent, Belgia,
 - ArcelorMittal, Aviles, Hiszpania,
 - Riva Group, Taranto, Włochy.

Bibliografia

[19, EC BOF 1995] [65, InfoMil 1997] [66, Joksch 1995] [76, Koeller 1995] [140, Eurofer 2009] [241, Poland 2007] [244, Plickert 2007] [363, Eurofer 2007]

7.3.2 Odpylanie wtórne

Odpylanie emisji wtórnych odbywa się podczas następujących działań:

- przelewanie surówki z kadzi mieszalnikowej (lub mieszalnika surówki) do kadzi wsadowej,
- wychwytywanie i redukowanie emisji wtórnych z ładowanie konwertora BOF oraz upust ciekłej stali i żużła z konwertorów BOF i kadzi oraz rafinacja pozapiecowa (zob. pkt 7.3.2.1),
- wstępna obróbka surówki, taka jak przelewanie, odżuzlanie i odsiarczanie surówki (zob. pkt 7.3.2.2),
- transport dodatków,
- odlewanie wlewków i odlewanie ciągle (zob. pkt 7.3.2.3).

7.3.2.1 Wychwytywanie i redukowanie emisji wtórnych

Opis

Aż do wczesnych lat siedemdziesiątych stalownie konwertorowo-tlenowe były budowane bez wtórnych urządzeń odpylających. W wyniku tego większość wtórnych i pomocniczych instalacji odpylających musiała zostać zmodernizowana. Skuteczność takich systemów zależy głównie od miejscowych warunków. Odgrywają one szczególnie ważną rolę przy wyborze i projektowaniu systemu odciągu (obudowy, okapy odciągowe itp.). Określenie wielkości przepływów spalin często zależy od lokalnych warunków i od dostępnego miejsca na zainstalowanie systemów rurociągów, łącznie z określeniem możliwego przekroju poprzecznego rur. Zarówno w przypadku nowych, jak i istniejących instalacji nie ma możliwości przewidzenia skuteczności odpylania z jakimkolwiek stopniem prawdopodobieństwa. Wszelkie próby oceny komplikują dodatkowo ogromne trudności w wykonywaniu pomiarów wyników. Nawet optymalna konstrukcja i wysokie wielkości przepływu spalin przy pełnym technicznym odpylaniu nie gwarantują osiągnięcia w dłuższym okresie czasu 100% odpylenia w konwertorowo tlenowym procesie produkcji stali. Zmiany lub nietypowe warunki pracy oraz czynniki środowiskowe, takie jak niecodzienne przepływy powietrza w halach stalowni, mogą prowadzić do powstania niemożliwych do wychwycenia strumieni pyłów ulatniających się przez okna dachowe jako emisje wtórne, którym nie można zapobiec.

Emisje z tych źródeł związane z wyżej wymienionymi procesami w ramach produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową zazwyczaj określane są jako wtórne gazy odlotowe i oczyszczane są przez centralny układ odciągu i odpylania wtórnego. Czasem wychwytyuje się emisje z wstępnej obróbki surówki, załadunku konwertora BOF oraz operacji upustowych i rafinacji pozapiecowi i poddaje obróbce osobno. Zazwyczaj stanowią one część systemu odpylania wtórnego [114, Remus, Rainer 2008] [182, Infomil 2009] [211, Remus, Rainer 2008].

Szacunkowe dane dotyczące ilości emisji wtórnych wahają się od 2 do 200 g/t ciekłej stali, gdzie stopień wychwytywania systemu odpylania wtórnego wynosi od 93% do 99,6% [363, Eurofer 2007]. Załadunek konwertora BOF i operacje upustowe w największym stopniu przyczyniają się do powstawania tych emisji pyłu. Podany zakres różni się od danych liczbowych podanych w tabeli 7.3. Dane w tabeli 7.3 pochodzą z siedmiu zakładów z konwertorami BOF, natomiast ww. dane odzwierciedlają szacunki dotyczące całego sektora BOF. Inne wyjaśnienie tego zjawiska, jak i szerokiego zakresu rozpraszania jest takie, że

ciężko wyznaczyć granice emisji wtórnych z jakimkolwiek stopniem pewności, a zastosowane działania związane z odzyskiem często nie są w wystarczającym stopniu znane. W wyniku tego powstaje szara strefa, w obrębie której pokrywają się dane dotyczące uwalnianych substancji i dane dotyczące faktycznych emisji po wdrożeniu odpowiednich działań związanych z wychwytywaniem gazów odlotowych i oczyszczaniem.

Wstępna obróbka surówki, jak na przykład przelewanie surówki i jej odzuzłanie

Przenoszenie gorącego metalu z kadzi mieszalnikowej do kadzi wsadowych odbywa się w zamkniętych stanowiskach. Zintegrowany zaaranżowanie sterowni umożliwia bezpośrednie monitorowanie procesu przenoszenia. Każd z surówką przemieszcza się na wozie do transportu. W wozie tym przewozi się przednią osłonę uszczelniającą, która uszczelnia sklepienie w miejscu przelewania surówki, tworząc w ten sposób zamkniętą komorę. W przypadku gdy nie jest możliwe zastosowanie pełnej obudowy, nad kadzią można zamontować wyciąg.

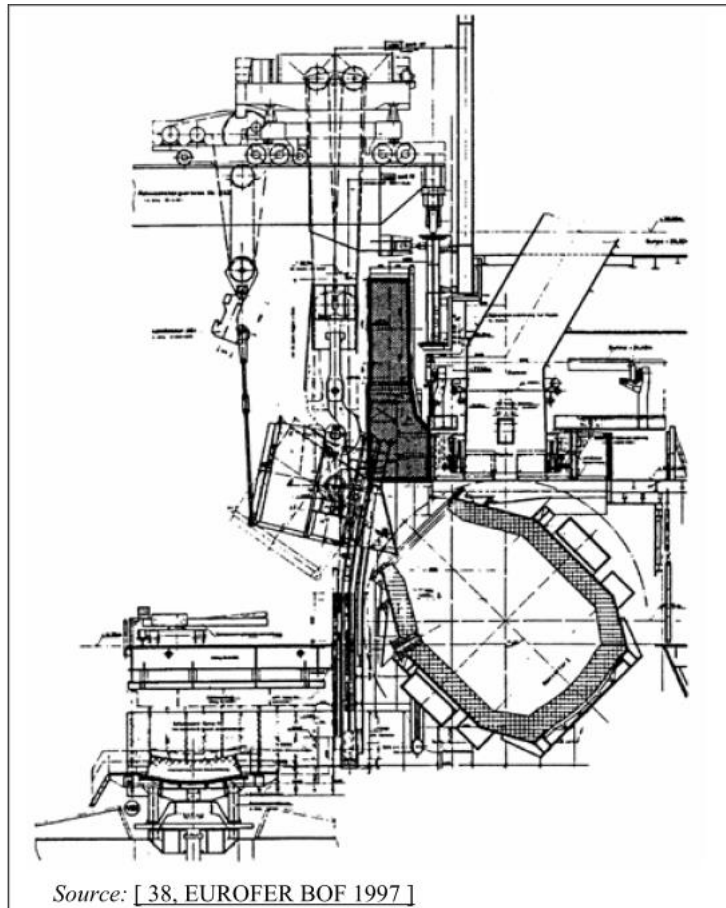
Na potrzeby procesu odzuzłania kadź do przenoszenia surówki jest przechylona do pozycji odzuzłania i wspiera ją dźwig lub łożo przechylne. Swobodny przekrój osłon jest ograniczony przez odpowiednie elementy wewnętrzne służące do osiągnięcia wyższych prędkości wlotowych. Okapy mogą być ruchome, tak by mogły się obsługiwać kilka stanowisk odzuzłania. Stanowiska odzuzłania są zwykle rozdzielone przez przegrody zapewniające wystarczająco dużo miejsca dla tej operacji. Otwory są zamknięte za pomocą osłon uszczelniających zamontowanych na wozie.

Załadunek konwertora BOF i spuszczenia surówki i żuźla z konwertorów i kadzi

Podczas ładowania surówki i złomu oraz spustu z konwertora BOF występują emisje pyłu. W zależności od jakości stosowanego złomu w emisjach z ładowania złomu mogą znaleźć się różne inne zanieczyszczenia organiczne, takie jak wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, polichlorowane bifenyle i polichlorowane dibenzo-p-dioksyny / dibenzofurany pochodzące z rozkładu termicznego substancji organicznych (oleje, farby, smary lub tworzywa sztuczne).

Podstawowy system wentylacji funkcjonuje w pełni jedynie podczas wdmuchiwania tlenu, kiedy to konwertor konwertor BOF jest w pozycji pionowej. Emisje generowane podczas ładowania i spuszczenia są przechwytywane przez system odpylania wtórnego. Załadunek i spust zajmują tylko kilka minut, co stanowi około 10% czasu między spustami.

System odciągu wtórnego, stanowiący operacje związane z konwertorem BOF, składa się zwykle z okapu odciągowego znajdującego się bezpośrednio nad konwertorem w pozycji przechylonej i osłony wokół pozostałych 3/4 konwertora (zob. Rysunek 7.16). Najlepiej, jeśli okap odciągowy znajduje się tak blisko BOF, jak to możliwe. W niektórych istniejących zakładach konstrukcja nie pozwala na umieszczenie okapu odciągowego blisko konwertora. W takim przypadku okap odciągowy można zainstalować w pobliżu dachu, co powoduje obniżenie wydajności w zależności od warunków, takich jak wielkość i okapu odciągowego oraz ilość wychwytywanych emisji lub lokalnych warunków przepływu w hali.



Rysunek 7.16: Wychwytywanie emisji wtórnych podczas załadunku surówki i złomu do konwertora BOF

Przepływ spalin z odpylania wtórnego mieści się w granicach od 300 000 do 3 441 000 Nm³/h, natomiast czyszczenie zazwyczaj przeprowadza się za pomocą filtra workowego, chociaż stosuje się również suche filtry elektrostatyczne. Niektóre dane ze stosowanych systemów odpylania wtórnego i cechy charakterystyczne emisji z załadunku i spustu podsumowano w tabeli 7.19.

Tabela 7.19: Dane ze stosowanych systemów odpylania wtórnego i cechy charakterystyczne emisji z załadunku i spustu

Zakład	Pojemność zbiornika	Liczba konwertoró w BOF	Liczba wytopów na miesiąc	Ilość gazów odlotowych (Nm ³ /h)
1	112	2	1 658	1 250 000
2	125	3	1 983	372 000
3	156	3	2 179	3 441 000 ⁽¹⁾
4	240	2	866	300 000
5	295	2	2 322	1 300 000
6	330	2	974	1 000 000
7	264	3	1 885	211 945,7
8	325	3	1 698	720 000
9	330	3	1 125	393 500

⁽¹⁾ W zakładzie tym są dwa niezależne systemy odpylania wtórnego a podana wartość stanowi sumę z obu systemów.
Uwaga: Tabela uporządkowana według pojemności zbiornika

(pojemność zbiornika x liczba konwertorów)
Zródło:[363, Eurofer 2007][365, Eurofer 2007].

Obróbka pozapiecowa

Do emisji z rafinacji pozapiecowej może dochodzić podczas następujących procesów:

- operacje związane ze spustem (tj. kadzie, piece kadziowe, konwertory lub pozostałe wyposażenie stosowane w rafinacji pozapiecowej),
- odgazowywanie,
- wstępne podgrzewanie elementów ogniotrwałych (kadź, kadź pośrednia, urządzenie do próżniowego odgazowania stali),
- transport dodatków.

W przypadku dwóch zakładów, w których emisje z obróbki pozapiecowej surówki wychwytuje się osobno i poddaje redukcji za pomocą filtrów workowych, zmierzone stężenia emisji pyłów są mniejsze niż 10 mg/Nm³/h [182, Infomil 2009][211, Remus, Rainer 2008].

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Na emisje wpływa głównie skuteczność, z jaką odprowadzany jest pył powstający podczas ładowania i spustu.

Dane dotyczące możliwego do osiągnięcia stopnia odpylania wtórnych gazów odlotowych w stalowniach konwertorowo-tlenowych, ukazany w tabeli 7.20, pochodzą z badań z hali produkcyjnej i z badań modelowych, obliczeń i obserwacji empirycznych i mogą się różnić w zależności od źródła badanym emisji i konkretnej techniki procesowej. Podane zakresy wskazują na fakt, iż w przypadku procedur dotyczących wstępnej obróbki surówki, takie jak przelewanie i odsiarczanie, oraz podczas wietrzenia konwertora wydajność może być bardzo wysoka, osiągając nawet poziom prawie całkowitego wychwytywania emisji. Natomiast wychwytywanie emisji w trakcie ładowania złomu i surówki oraz spustu ciekłej stali i żużła jest znacznie mniej skuteczne.

W niektórych zakładach (np. w Japonii) cały dach jest zamknięty, a emisje odprowadza się ze skutecznością całkowitą rzędu 100%.

Tabela 7.20: Możliwy do osiągnięcia stopień odpylania wtórnych gazów odlotowych w stalowniach konwertorowo-tlenowych

Wstępna obróbka surówki:		Operacje związane z konwertorem BOF			
Stanowisko do przelewania	Wstępna obróbka surówki:	Załadunek złomu	Załadunek surówki	Przedmuchiwanie stali	Spust ciekłej stali i żużła
94 - 99 %	94 - 99 %	24 - 64 %	89 - 94 %	89 - 99 %	49 - 55 %
Uwaga: Zakładając, że 100% stanowi całość pyłów uwalnianych podczas obróbki konwertorem BOF (co pod względem technicznym stanowi wynik możliwy do zrealizowania), wówczas dolna granica odnosi się do tego, co stanowi na ogół osiągalny odsetek, natomiast wyższa wartość do tego, co stanowi maksymalny możliwy do osiągnięcia odsetek.					
<i>Zródło:</i> [38, EUROFER BOF 1997].					

Dzięki filtrom elektrostatycznym i filtrom workowym można osiągnąć emisje punktowe ze źródła na poziomie poniżej 5 g/t ciekłej stali w przypadku każdego ww. poszczególnego rodzaju emisji do atmosfery. W tabeli 7.21 ukazano stężenie emisji rzędu 2-13 mg pyłów/Nm³.

Tabela 7.21: Poziomy emisji osiągnięte dzięki odpylaniu wtórnemu w zakładach produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową

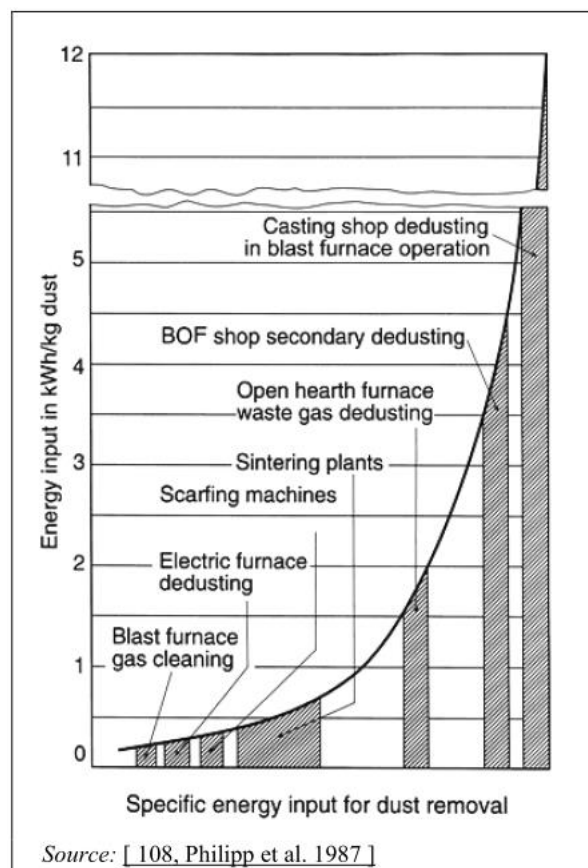
Parametr	Filtr elektrostatyczny	Filtr workowy
Pył	6	<2 - 13
Pb, Cr, Cu, Mn, V	0,1	
Polichlorowane dibenzodoksyny/ dibenzofurany (PCDD/F)	0,03	
Uwaga: Wartości podane w mg/Nm ³ poza PCDD/F, które podano w ng I- TEQ/m ³ . Wartości te to średnie roczne. Źródło: [182, Infomil 2009][244, Plickert 2007].		

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Podczas odpylania wtórnego powstaje 0,5 kg odpadów stałych na tonę ciekłej stali (do 1,2 kg/t ciekłej stali). Ponowne wykorzystanie tych bogatych w żelazo odpadów stałych zależy w dużej mierze od zawartości cynku. Niektóre zakłady mogą być w stanie ponownie go wykorzystać, a inne muszą go utylizować.

Do działania odciągu i urządzenia do odpylania potrzeba energii. Do wentylacji wtórnej potrzebna jest wydajność wychwytywania na poziomie około 300 000-3 441 000 Nm³/h. W jednym z przykładów rzeczywiste zużycie energii szacuje się na 13 MJ/t ciekłej stali, w przypadku gdy stosowana jest filtr workowy. Inne wartości wykazane w sprawozdaniach wynoszą 0,72-7,2 MJ na 1000 Nm³ poddanych obróbce. Zużycie energii zależy głównie od spadku ciśnienia i wydajności wentylatora towarzyszącego. Na rysunku 7.17 podano jednostkowe zużycie energii dla różnych operacji w ramach odpylania w zintegrowanych stalowniach. Widać tu, że jednostkowe zużycie energii na potrzeby odpylania wtórnego jest stosunkowo wysokie w porównaniu do innych operacji odpylania.

EN	PL
specific energy input for dust removal	jednostkowe zużycie energii na potrzeby odpylania wtórnego
energy input in kWh/kg dust	zużycie energii w kWh/kg pyłów
casting shop dedusting in blast furnace operation	odpylanie hali odlewniczej podczas działania wielkiego pieca
BOF shop secondary dedusting	odpylanie wtórne hali z konwertorem
open hearth furnace waste gas dedusting	odpylanie gazów odlotowych z pieca martenowskiego
sintering plants	spiekalnie
scarfing machines	maszyna do płomieniowego oczyszczania
furnace dedusting	odpylanie pieca
blast furnace gas cleaning	czyszczenie wielkiego pieca



Rysunek 7.17: Jednostkowe zużycie energii dla różnych operacji w ramach odpylania w zintegrowanych stalowniach

Ze względu na wysoki wskaźnik wychwytywania systemy odpylania wtórnego mogą w znaczącym stopniu przyczynić się do emisji hałasu. Tym samym konieczne mogą się okazać dodatkowe działania mające na celu ochronę przed hałasem, takie jak wentylatory, dodatkowa izolacja w filtrze i tłumik w kominie.

Dane operacyjne

Bez problemu można stosować zarówno filtry workowe, jak i filtry elektrostatyczne. Najtrudniejsze aspekty dotyczące odpylania wtórnego dotyczą wydajności, zapobiegania eksplozjom w przewodach i zwracania do procesu technologicznego generowanych odpadów stałych.

Możliwość zastosowania

Technikę odpylania wtórnego można stosować zarówno w nowopowstałych, jak i już istniejących zakładach. Konstrukcja istniejących instalacji może ograniczać możliwości odpowiedniego wyprowadzania emisji.

Aspekty ekonomiczne

W 2004 r. łączna wartość inwestycji w zakresie technik wychwytywania i ograniczania emisji wtórnych wyniosła 29 mln EUR, wliczając w to środki ochrony przed hałasem. Zużycie energii elektrycznej wynosi około 13 MJ/t ciekłej stali, w przypadku gdy stosowany jest filtr workowy. Tym samym pod uwagę wziąć trzeba koszty operacyjne, które w dużym stopniu zależą od cen energii elektrycznej. Konieczne są dodatkowe koszty utrzymania, np. filtra. Koszty oszacowano w 1996 roku na poziomie 0,8-4 EUR/t ciekłej stali.

Kosztów kapitałowe odpylania wtórnych gazów odlotowych: od 10 mln EUR do 30 mln. Realizacja pełnego odpylania wtórnych gazów odlotowych kosztuje do 30 mln EUR w istniejącym zakładzie produkcji stali przy produkcji rzędu 5 Mt ciekłej stali (zakład referencyjny: ArcelorMittal, Gent, Belgia).

Motywacja do wdrożenia techniki

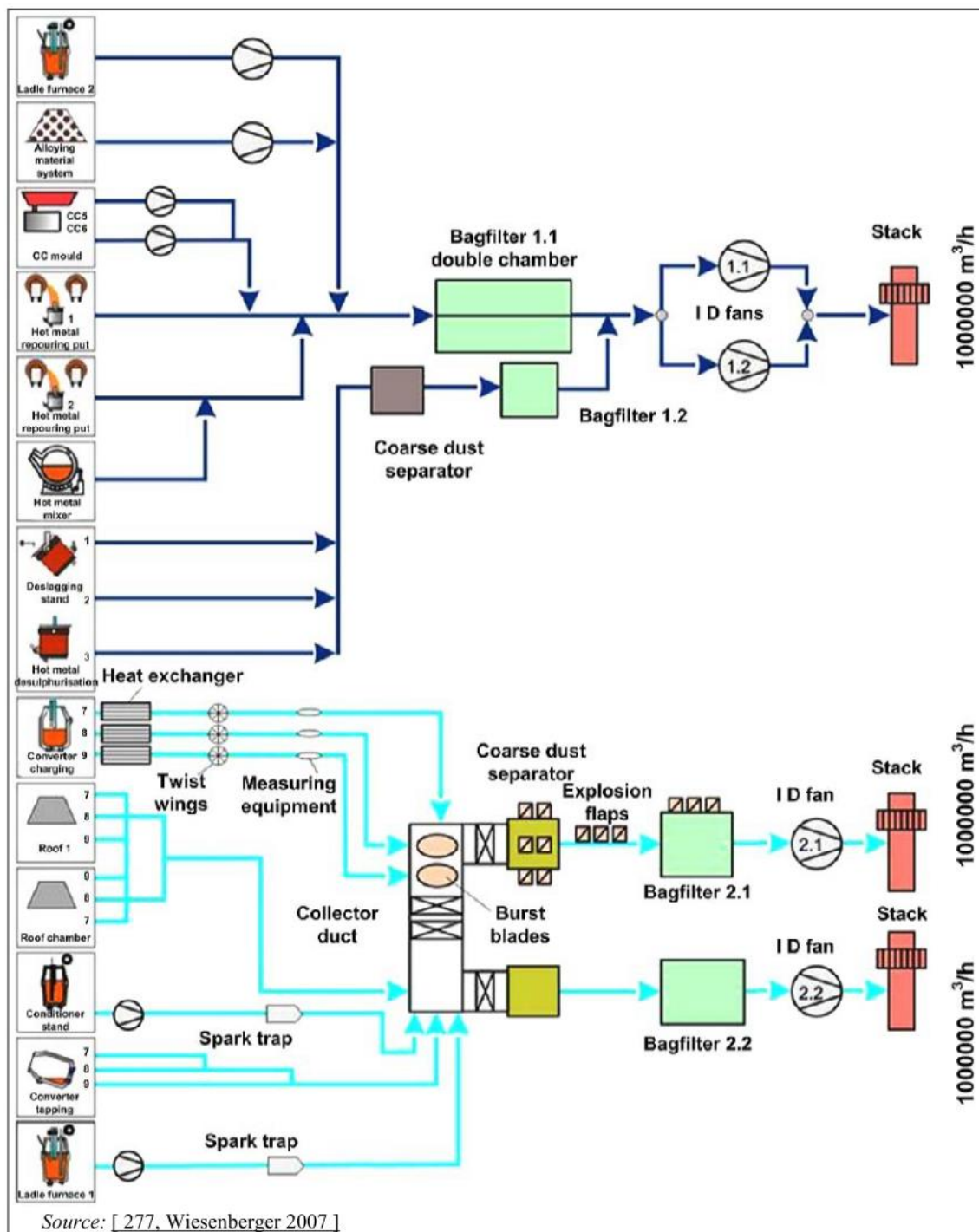
Główną motywacją było zapobieganie widzialnym emisjom podczas spustu i załadunku oraz lepsze warunki pracy w hali konwertorów, a dodatkową motywację stanowiła potrzeba wpłynięcia na poprawę niezawodności żurawi załadunkowych.

Przykładowe zakłady

Większość europejskich i światowych stalowni stosuje odpylanie wtórne.

Zakład z konwertorem BOF, Voestalpine Stahl GmbH, w Linzu w Austria, składa się z trzech konwertorów BOF, a każdy z nich ma pojemność na poziomie 158 ton płynnej stali. Całkowita wydajność instalacji konwertora wynosi 5,2 mln ton płynnej stali rocznie. Na początku 2006 roku istniejące moduły odpylania wtórnego 1 i 2,1 (ilość wychwytywania 1 mln Nm³/h) zostały rozbudowane o instalację modułu 2.2 (ilość wychwytywania maksymalnie 1 mln Nm³/h). System wtórnego odpylania składa się zatem z trzech oddzielnych dmuchaw i filtrów przenoszących powietrze pochodzące z różnych punktów wychwytywania, w tym z przelewania surówki, z obróbki wstępnej, odżuzłania, ładowania i spustu z konwertorów, nawy konwertora i hali załadunkowej (patrz rysunek 7.18). System gwarantuje, że nawet w przypadku awarii jednego systemu odpylania zapewniona jest oczyszczenie gazów odlotowych. Tym samym w przypadku awarii systemu odpowiednie emisje mogą być przechwytywane przez inny system odpylania wtórnego. W związku z tym można osiągnąć redukcję rzędu około 370 t/rocznie w emisjach pyłów i około 300 t/rocznie w emisjach PM10.

Rysunek 7.18: System wtórnego odpylania składający się z trzech oddzielnych dmuchaw i filtrów przenoszących powietrze pochodzące z różnych punktów wychwytywania



EN	PL
ladle furnace	piec kadziowy
alloying material system	system składników stopowych
CC mould	forma do odlewania ciągłego
hot metal repouring pit	hala odlewnicza surówki
hot metal mixer	mieszalnik surówki
deslagging stand	stanowisko odzuzłania

hot metal desulphurisation	odsiarczanie surówki
converter charging	załadunek konwertora
roof	dach
roof chamber	komora dachowa
conditioner stand	stanowisko do apretury
converter tapping	spust z konwertora
bagfilter double chamber	podwójna komora z filtrem workowym
course dust separator	separator pyłu gruboziarnistego
bagfilter	filtr workowy
fans	dmuchawy
stack	komin
heat exchanger	wymiennik ciepła
twist wings	skrzydło skrętne
measuring equipment	sprzęt pomiarowy
collector duct	przewód kolektora
spark trap	odiskrownik
burst blades	łopatki obrotowe przebijające
explosion flaps	klapowy zawór świecowy

W tabeli 7.22 podano kluczowe techniczne dane liczbowe dotyczące ww. systemu odpylania wtórnego.

Tabela 7.22: Techniczne kluczowe dane liczbowe dotyczące systemu odpylania wtórnego w module 1 i 2 w zasadowym konwertorze tlenowym w Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria

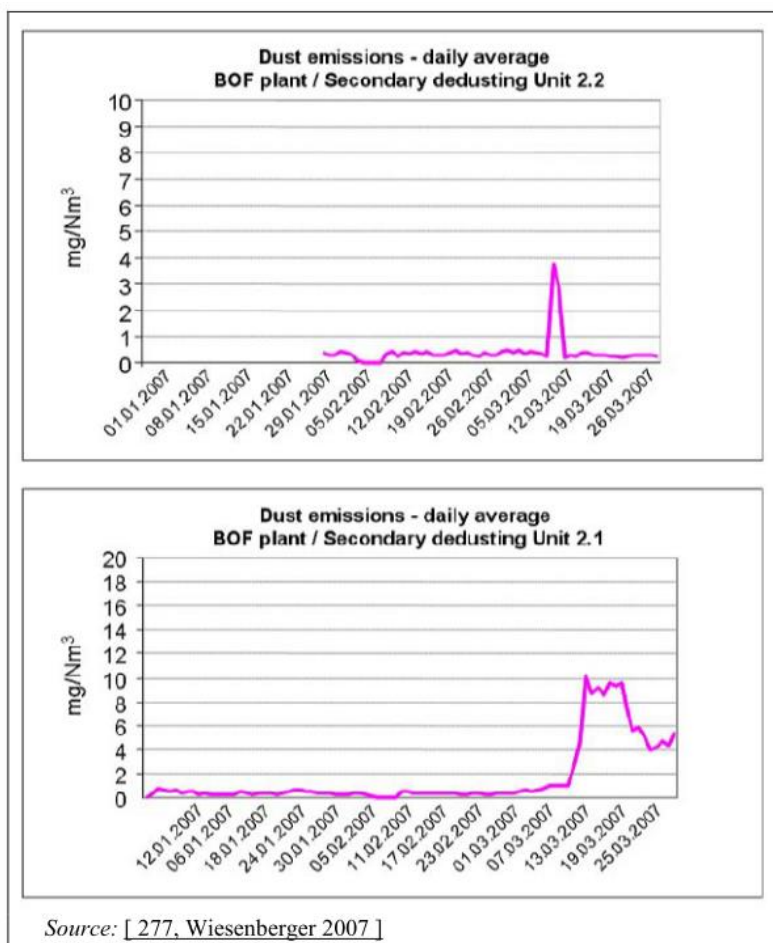
Zespół filtrów 2.1	Przepływ (w mln Nm³/h)	Zespół filtrów 2.2	Przepływ (w mln Nm³/h)
Ilość przepływów łącznie	1	Ilość przepływów łącznie	1
Załadunek surówki	1	Spust	0,2
Załadunek złomu	0,3	Pieca kadziowy	0,12
Wdmuchiwanie tlenu	0,18	Stanowisko do apretury	0,06
Odprowadzanie	0,35	Dachowy system odprowadzania spalin	0,6
Rozpryskiwanie żużla	0,15		
Moc wentylatorów	2680 kW		2680
Zespół filtrów Właściwości	9 komór 9770 m ²		10 komór 10 850 m ²
<i>Źródło:</i> [277, Wiesnerberger 2007][361, Sigmund 2007].			

Emisje pyłu z zespołów odpylania wtórnego 1, 2.1 i 2.2 mierzy się w sposób ciągły. W 2004 r. średnia roczna wartość emisji w przypadku zespołu 1 wynosiła 7,1 a w przypadku zespołu

2,1 osiągnęła 3,7 mg/Nm³, ale w przypadku zespołu 2,2 informacje na temat rocznych wartości średnich nie były dostępne.

Ostatnie dzienne średnie wartości emisji są w zakresie od 0,3-10 mg/Nm³ w przypadku zespołu 2,1 i około 0,5 mg/Nm³ w przypadku zespołu 2,2, natomiast pojedyncze wartości osiągają poziom do 4 mg/Nm³. Emisji metali ciężkich i PCDD/F mierzy się w sposób nieciągły.

Na rysunku 7.19 przedstawiono średnie wartości dzienne emisji w przypadku zespołu pomocniczego 2 w zasadowym konwertorze tlenowym w Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria na okres trzech miesięcy.



Rysunek 7.19: Średnie wartości dzienne emisji w przypadku zespołu pomocniczego 2 w zasadowym konwertorze tlenowym w Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria

Bibliografia

[19, EC BOF 1995][38, EUROFER BOF 1997][65, InfoMil 1997][244, Plickert 2007] [247, Holandia 2007][252, France 2007][277, Wiesenberger 2007][363, Eurofer 2007][365, Eurofer 2007]

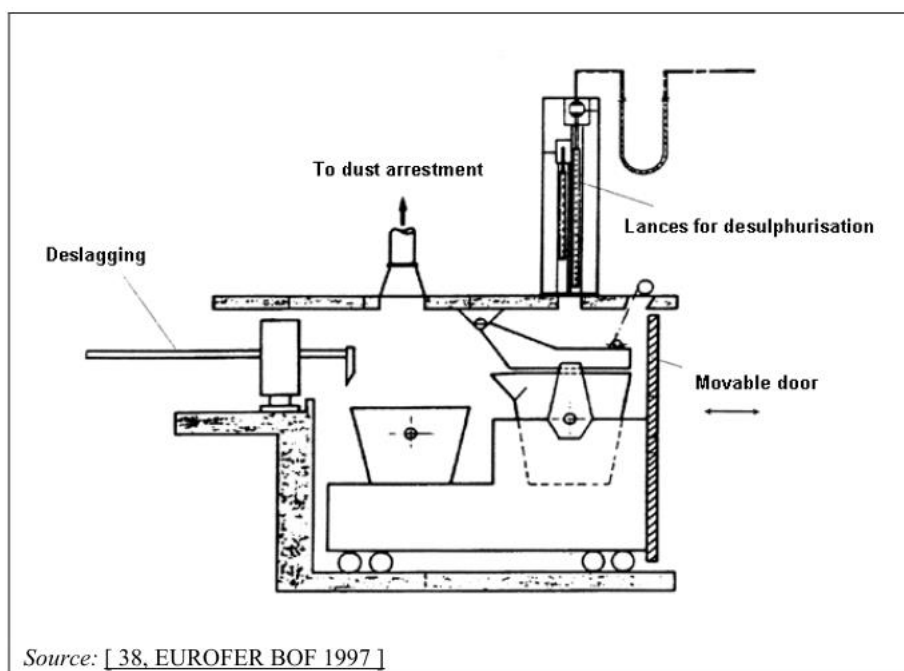
7.3.2.2 Obniżenie zawartości pyłu pochodzącego z procesu oczyszczania surówki

Opis

Podczas trój etapowego procesu wstępnego oczyszczania surówki (odsierczanie, oddzielanie żużla i transport gorącego metalu oraz ważenie) występują emisje pyłu. Jednostkowy współczynnik emisji pyłów (przed obniżeniem emisji) wynosi od 110 do 830 g/t płynnej stali

[38, EUROFER BOF 1997]. Emisje te zostają wychwycone (rysunek 7.20) i są zwykle oczyszczane za pomocą filtrów tkaninowych. Stanowiska odsiarczania są w większości stanowiskami typu zamkniętego. Główne działania w operacjach odzysku pyłów obejmują zastosowania pokryw kadzi, kontrolowanego wprowadzania środków odsiarczających, zintegrowanej operacji odzuzłania, jak również zastosowania zamknięcia układu odciągu i zainstalowania drzwi przesuwających się podczas trwania procesu (rysunek 7.20).

EN	PL
deslagging	odzuzłanie
to dust arrestment	do wychwytywania pyłu
lances for desulphurisation	lance do odsiarczania
movable door	przesuwane drzwi



Rysunek 7.20: Wychwytywanie pyłów na stanowisku odsiarczania surówki

Odciągane gazy zawierają do 10 000 mg/Nm³ pyłu. W niektórych przypadkach stosuje się suche filtry elektrostatyczne.

Ważnym czynnikiem jest skuteczność usuwania pyłów przez system odciągu. Położenie okapu odciągowego powinno zostać zoptymalizowane tak, aby możliwe było osiągnięcie dużej skuteczności odciągania gazów. Przepływ gazów odlotowych wynosi od 30 000 do 1 mln Nm³/godz. Dzięki zastosowaniu samodzielnych systemów odpylających można lepiej kontrolować wydajność odpylania i ponownie wykorzystywać różne rodzaje zebranych pyłów. Obecnie w niektórych zakładach odpylania urządzenia odsiarczania jest częścią centralnego systemu odpylania wtórnego i nie da się opisać osobno. Systemy te mają zdolność przepływu pomiędzy 300 000 i 2 200 000 Nm³/h. W niektórych przypadkach niezbędną wydajność odciągu można dostosować w zależności od różnych warunków procesu.

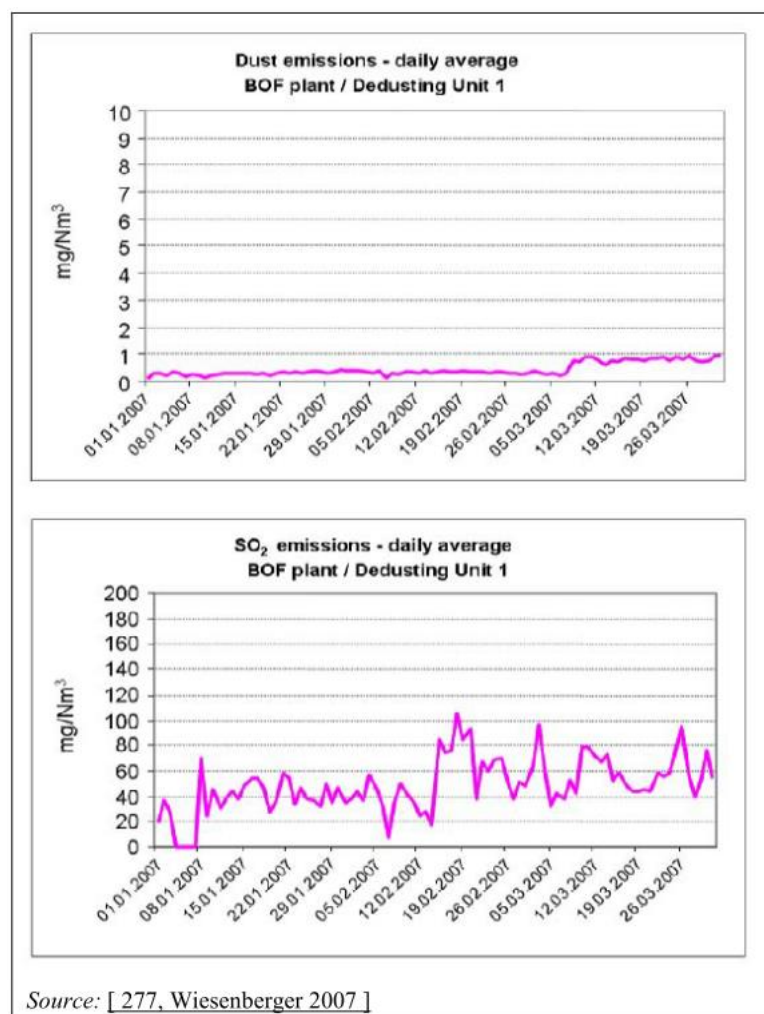
Osiągnięte korzyści dla środowiska

W przypadku gdy pył jest skutecznie wychwytywany, a następnie odprowadzany przez filtr workowy (lub filtr elektrostatyczny), możliwe jest osiągnięcie emisji na poziomie poniżej 1-10 mg/Nm³ (około 1 g/t ciekłej stali).

W zakładzie Corus, IJmuiden w Holandii odzuzłanie i odsiarczanie odbywa się w zamkniętym pomieszczeniu, w którym działa odciąg. Emisje odprowadzane są do filtra workowego. W 2001 r. wyniki pomiarów na miejscu w przypadku emisji pyłu wynosiły 2 mg/Nm³ a w 2004 r. wyniosły 1 mg/Nm³.

Moduł odpylania w Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria ma objętość odciągu na poziomie około 1 mln Nm³/h i obsługuje punkty odciągu z wstępnej obróbki surówki, odsiarczania surówki, oddzielenia żużła, transportu surówki i pieca jednokadziowego. Emisje pyłu mierzy się w sposób ciągły. W 2004 r. średnie roczne emisje pyłów kształtowały się na poziomie 7,1 mg/Nm³. Ostatnio średnie dzienne wartości emisji wahają się w przedziale 0,2-1 mg/Nm³. Od roku 2006 emisje SO₂ również są monitorowane w sposób ciągły. Średnie dzienne wartości emisji SO₂ mierzone w okresie 3 miesięcy w roku 2007 są w zakresie od 20 do 100 mg/Nm³. Dane z kontroli zarówno w przypadku emisji pyłu, jak i SO₂ w okresie trzech miesięcy pokazano na rysunku 7.21. Jednak pojedyncze średnie wartości półgodzinnych emisji sięgają 340 mg/Nm³.

EN	PL
dust emissions – daily average	emisje pyłów – średnie dzienne
BOF plants / dedusting unit 1	zakłady wykorzystujące konwertor BOF / moduł do odpylania 1
SO ₂ emissions – daily average	emisje SO ₂ – średnie dzienne



Rysunek 7.21: Średnie wartości dzienne emisji w przypadku zespołu pomocniczego 1 w zasadowym konwertorze tlenowym w Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Pompy ssące zużywają energię. Ponadto wytwarzane są odpady stałe. Mogą one być recyklowane do procesu spiekania (wysoka zawartość Fe). Niemniej jednak spowoduje to powstanie emisji o dużej zawartości siarki z procesu spiekania. Skład pyłu pochodzącego z zespołu odsiarczania surówki zależy głównie od zastosowanych środków odsiarczających. Ewentualnie wychwycone pyły można zawrócić do procesu technologicznego do konwertora po brykietowaniu na zimno (zob. pkt 2.5.4.4.4) lub wykorzystać w sektorze produkcji cementu.

Dane operacyjne

Bez problemu można stosować zarówno filtry workowe, jak i filtry elektrostatyczne.

Możliwość zastosowania

Obniżanie zawartości pyłu pochodzącego z wstępnej obróbki surówki można stosować zarówno w nowych, jak i istniejących zakładach.

Aspekty ekonomiczne

Inwestycje mające na celu zastosowanie tej techniki wynoszą w przybliżeniu 10 mln EUR. Na przykład w 1996 walutę przeliczano na ECU, a na potrzeby przeglądu na EUR.

Motywacja do wdrożenia techniki

Główną motywacją do wdrażania działań redukujących emisję pyłów z wstępnej obróbki surówki stanowią dopuszczalne wartości emisji lub wymogi prawne.

Przykładowe zakłady

Redukcję emisji pyłów podczas wstępnej obróbki surówki stosuje wiele zakładów na całym świecie.

Bibliografia

[19, EC BOF 1995][65, InfoMil 1997][247, Holandia 2007][277, Wiesenberger 2007][363, Eurofer 2007]

7.3.2.3 *Obniżanie zawartości pyłu w przypadku odlewania wlewków lub odlewania ciągłego*

Opis

Oslony stosowane podczas odlewania wlewków potrzebne są do zabezpieczania strumienia stopionego metalu przed zanieczyszczeniem powietrzem i do zmniejszenia ilości wytwarzanych spalin do znikomego poziomu. Jeśli znacznej ilości wytwarzanego dymu nie da się uniknąć, wówczas należy stosować wychwytywanie i redukcję emisji spalin. Podobnie jak w przypadku odlewania ciągłego, tak w przypadku stali ołowiowej niezbędne są przewidziane do tego celu urządzenia do odciążenia spalin i ich czyszczenia.

Tlenowo-gazowe urządzenia wykorzystywane do cięcia stali nierdzewnej zasila się proszkiem żelaza. Zapewnia to wystarczający brunatny dym uzasadniający dopasowanie zamontowanie wyposażenia do odprowadzania spalin i urządzeń redukujących, takich jak filtry workowe.

Podczas odlewania stali z dodatkiem ołowiu lub podczas przygotowywania dodatków ołowiu można przykryć kadź i kadź pośrednią. Aby zminimalizować ryzyko uwolnienia gazów z ołowiem, trzeba dokładnie rozważyć konstrukcję instalacji wtryskowej. Wokół formy odlewniczej i samego wtórnego zespołu produkcji stali należy zapewnić wychwytywanie oparów wraz z odciążeniem do filtra workowego przeznaczonego do oczyszczania spalin zawierających ołów.

Jeżeli świeżenie stali tlenem doprowadzonym lancą stosuje się do czyszczenia dyszy, należy ograniczyć spaliny i je odciągnąć wraz z innymi spalinami zawierającymi ołów. Wszystkie pyły z odlewania stali zawierającej ołów należy wychwytywać za pomocą przeznaczonych do tego celu systemów filtrów workowych.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

W tabeli 7.23 przedstawiono osiągnięte poziomy emisji w przypadku dwóch instalacji odlewania stali z wykorzystaniem filtrów workowych.

Tabela 7.23: Osiągnięte poziomy emisji w przypadku dwóch instalacji odlewania stali z wykorzystaniem filtrów workowych

Parametr	Odlewanie wlewków lub odlewanie ciągłe	Odlewanie ciągłe
Pył	0,5	0,5
Ni	<0,002 (¹)	0,014
Cr, Mn, V	<0,004 (¹)	0,016
Ni, Cr, Mn, V	<0,006 (¹)	0,03

Cr(VI)	<1 ⁽¹⁾	0,014
<p>(¹) Maksymalne wartości opierają się na średnich wartościach półgodzinnych. Uwaga: — Jednostki to mg/Nm³ i są to średnie roczne. — Dane dotyczą wyłącznie produkcji stali nierdzewnej. <i>Źródło:</i>[244, Plickert 2007].</p>		

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Podane osiągnięte wartości emisji pochodzą z instalacji do odlewania stali w zakładzie z elektrycznym piecem łukowym, w którym odbywa się wyłącznie produkcja stali nierdzewnej przy użyciu filtrów workowych. Zasadniczo technika ta stosowana jest w zakładach z konwertorami BOF na potrzeby produkcji stali nierdzewnej o porównywalnych warunkach.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Filtry workowe w instalacjach do odlewania stali stosuje się w dwóch niemieckich zakładach z elektrycznym piecem łukowym do produkcji stali nierdzewnej.

Technika ta stosowana jest w Wielkiej Brytanii.

Bibliografia

[240, UKEA 2004][244, Plickert 2007]

7.3.2.4 *Ogólne techniki zapobiegania emisjom rozproszonym i niezorganizowanym*

Opis

Do ogólnych technik zapobiegania emisjom rozproszonym i niezorganizowanym z wtórnych źródeł procesu konwertorowego tlenowego zalicza się:

1. niezależne wychwytywanie i stosowanie urządzeń odpylających w odniesieniu do każdego podprocesu w hali konwertorów;
2. poprawne zarządzanie instalacją odsiarczania w celu zapobiegania emisjom do powietrza;
3. całkowite obudowanie instalacji odsiarczania;
4. pozostawianie zamkniętej pokrywy, kiedy kadź surówkowa nie jest używana, czyszczenie kadzi surówkowych oraz regularne usuwanie skrzepów;
5. pozostawianie kadzi surówkowej naprzeciw konwertora przez około dwie minuty po umieszczeniu w nim surówki, jeżeli nie jest stosowany system wyciągu dachowego;
6. sterowanie komputerowe i optymalizacja procesu produkcji stali, np. aby zapobiec wyrzucaniu metalu i żużła z konwertora podczas świeżenia (tj. w sytuacji, w której żużel pieni się tak bardzo, że wycieka z pojemnika) lub je ograniczyć;
7. redukcja wyrzucania żużła w trakcie spustu w wyniku ograniczenia czynników powodujących ten proces oraz stosowanie środków zapobiegawczych;
8. zamykanie drzwi od hali konwertora w trakcie wdmuchiwania tlenu;

9. ciągle monitorowanie dachu za pomocą kamer w celu stwierdzenia ewentualnych widzialnych emisji;
10. stosowanie systemu wyciągu dachowego.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Technika 1: Technika ta może pomóc w optymalizacji wydajności wychwytywania i poszerzać możliwości ponownego wykorzystania. Z drugiej strony połączone systemy odpylania wtórnego stosowane przez większość stalowni mają identyczny poziom efektywności środowiskowe jak systemy oddzielne, co w jednym z krajów stanowi jedyne rozwiązanie. W przypadku zużycia energii systemy połączone mają zalety.

Technika 2: Stosowanie odczynników, tlenku wapnia zamiast węgla wapnia w procesie odsiarczania, co prowadzi do zmniejszenia emisji cząstek drobnych i emisji zapachu oraz innego (bardziej przydatny) składu wytworzonego żużla (patrz pkt 7.2.2.1.1).

Technika 3: Działanie to umożliwia pełne odprowadzenie powietrza poprzez system odpylania.

Technika 4: W technice tej kadzie chłodzą mniej i tym samym powstaje mniej skrzepów; zapobiega się dymieniu kadzi, co wpływa na obniżenie emisji cząstek drobnych.

Technika 5: Działanie to pozwala na wychwytywanie potencjalnie emitowanych dymów, w przypadku gdy nie stosuje się systemu odciągu.

Techniki 4, 5, 6 i 8: W jednym konkretnym przypadku dzięki zastosowaniu tych technik i odpowiedniej kontroli emisji, które mogą wydostawać się z kamienia młyńskiego (patrz punkt 7.3.1) można osiągnąć emisje dachowe z kadzi mieszalnikowej na poziomie poniżej 0,14 kg/HM, a w przypadku całego procesu z użyciem konwertora BOF – poniżej 10 g/t ciekłej [359, Holandia 2007].

Technika 9: Gdy dach jest pod stałą obserwacją pod kątem widocznych emisji, kamery obserwują i rejestrują zmiany lub nienormalne warunki działania, które mogą występować i spowodować wzrost emisji widocznych.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Technika 1: Brak dostępnych danych.

Technika 4: Działanie to jest stosowane, w sytuacji gdy nie stosuje się systemu odciągu dachowego.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Dzięki stałemu monitorowaniu możliwe jest przeprowadzenie wczesnych działań naprawczych, co może zapewnić także korzyści ekonomiczne.

Przykładowe zakłady

Techniki 4, 5, 6 i 8: Corus IJmuiden, Holandia,

Bibliografia

[208, Lindfors et al. 2006][241, Polska 2007][247, Holandia 2007][249, Holandia 2007][359, Holandia 2007][360, Sick-Maihak 2006][361, Sigmund 2007]

7.3.3 Oczyszczanie ścieków z procesu odpylania na mokro

Opis

W większości stalowni konwertorowo-tlenowych do redukcji emisji do powietrza z pierwotnego strumienia gazu (gazu konwertorowego) stosuje się płuczki (patrz pkt 7.3.7). Rozwiązanie to potencjalnie przenosi zanieczyszczenia z powietrza do wody, a wytwarzane ścieki są zwykle poddawane recyklingowi i oczyszczane przed ich odprowadzeniem.

Woda z płuczek zawiera głównie zawiesinę, a cynk i ołów są głównymi występującymi w niej metalami ciężkimi.

Większa część zawiesiny w układzie wody płuczkowej może być usunięta za pomocą hydrocyklonowania lub wytrącania. Po korekcie pH większość wody można zawrócić do obiegu.

Pozostały po zawiesinie roztwór można przed odprowadzeniem oczyścić za pomocą wytrącania lub filtrowania.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

W tabeli 7.24 podano przykłady jednostkowych emisji do wody z systemów odpylania na mokro w stalowniach konwertorowo tlenowych.

Tabela 7.24: Przykłady jednostkowych emisji do wody z systemów odpylania na mokro w stalowniach konwertorowo tlenowych

Parametr	Jednostki	spalanie tłumione.		
		Corus IJmuiden, NL (¹)	Stelco LEW, Ontario, Kanada	LTV Steel Cleveland Works, USA
Odprowadzany strumień	m ³ /t płynnej stali	0,52	1,1	0,002
Zawiesina	g/t płynnej stali	20	5,5	0,0083
Cynk (Zn)	mg/t płynnej stali	73	210	0,36
Ołów (Pb)	mg/t płynnej stali	31	110	0,057

(¹) Emisje w zakładzie Corus IJmuiden, w Holandii dotyczą wartości z roku 1994.
Źródło: [65, InfoMil 1997].

Najszybsze działania minimalizujące ilość odprowadzanych ścieków to:

1. Zwiększenie szybkości recyrkulacji wody płuczkowej; Wysoki stopień recyrkulacji można osiągnąć dzięki dwuetapowej sedymentacji w strumieniu wody płuczkowej za pomocą wtrysku dwutlenku węgla (CO₂) przed drugim etapem sedymentacji w celu wzmocnienia procesu wydzielania węglanów. Należy zwrócić uwagę, że wtrysk CO₂ jest możliwy tylko w systemach pracujących przy spalaniu tłumionym.
2. Oczyszczanie roztworu pozostałego po zawiesinie; Chociaż można osiągnąć skuteczną recyrkulację, odsączanie jest niezbędne, aby uniknąć gromadzenia się niektórych minerałów/soli. Taki roztwór zawiera zawiesinę (łącznie z cynkiem, ołowiem itp.), która jest najważniejszą substancją zanieczyszczającą środowisko. Roztwór po zawiesinie jest oczyszczany przez sedymentację i filtrowanie.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Podczas hydrocyklonowania i/lub sedymentacji zawiesiny w obwodzie wody płuczkowej wytwarzany jest szlam. Osad ten można w 100% poddawać recyklingowi w procesie żelaza i stali, jeśli za pomocą złomu ściśle ogranicza się ilość zastosowanego cynku, czyli kieruje go z powrotem do instalacji spiekania lub konwertora BOF po brykietowaniu na zimno (patrz punkt 2.5.4.4.4). Taki szlam można w 100% poddawać recyklingowi w procesie wytwarzania surówki i stali, pod warunkiem że wprowadzanie cynku poprzez złom jest ściśle ograniczone, czyli kieruje go z powrotem do instalacji spiekania lub konwertora BOF po brykietowaniu na zimno (patrz punkt 2.5.4.4.4).

W wielu innych zakładach produkcji stali na świecie osad nie można ponownie wykorzystać i albo znajduje zastosowanie zewnętrzne w sektorze cementowym, albo jest magazynowany lub utylizowany.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Zarówno w nowych, jak i istniejących zakładach można stosować wysoki stopień recykulacji i dalszą obróbkę.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Przykładowe zakłady, w których występuje wysoki stopień recykulacji i oczyszczania roztworu po wytrącaniu zawiesiny:

Corus, IJmuiden, Holandia; ArcelorMittal, Gent, Belgia; AlcelorMittal, Cleveland, Stany Zjednoczone.

Bibliografia

[65, InfoMil 1997][138, Theobald 1997][363, Eurofer 2007]

7.3.4 Oczyszczanie ścieków z odlewania ciągłego

Opis

W urządzeniach do ciągłego odlewania do bezpośredniego chłodzenia kęsów płaskich, kęsisk kwadratowych i kęsów stosowana jest woda, co prowadzi do wytworzenia strumienia zanieczyszczonej wody. W wielu przypadkach takie ścieki są oczyszczane razem ze strumieniami ścieków z walcowni. Po oczyszczeniu woda wprowadzana jest ponownie do obiegu.

Krystalizator do ciągłego odlewania i wewnętrzna część rolek są zwykle chłodzone wodą w obwodzie zamkniętym i nie są tutaj rozpatrywane.

Głównymi substancjami zanieczyszczającymi środowisko są zawiesina i olej. Główne działania podejmowane w celu zredukowania wielkości ich odprowadzania do wody to wysoki stopień recykulacji połączony z sedymentacją i/lub filtrowaniem roztworu powstałego z odsączania zawiesiny. Do usunięcia oleju można zastosować zbiorniki odtłuszczające.

Woda natryskowa jest zwykle filtrowana przez piasek przed lub po chłodzeniu w wyparnej chłodnicy kominowej. Filtrowanie przez piasek pozwala na zmniejszenie poziomu zanieczyszczenia cząsteczkami stałymi i olejem oraz zapewnienie zadowalająco długiej eksploatacji wtórnych dysz natryskowych maszyny do odlewania. Roztwór pozostały po zawiesinie z obiegu otwartego do kontroli poziomu rozpuszczonych ciał stałych należy pobierać z miejsca za zakładem filtrowania przez piasek w celu zminimalizowania wpływu

zawiesiny i zanieczyszczeń z oleju/tłuszczu. W celu zapobieżenia zapychania się filtra przed filtrem należy zamontować odtłuszczacz.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

W tabeli 7.25 podano przykłady jednostkowych emisji do wody z ciągłego odlewania.

Tabela 7.25: Emisje do wody z urządzeń do ciągłego odlewania stali wytwarzane są przez układ chłodzenia bezpośredniego.

Parametr		Corus IJmuiden, NL (¹)	Stelco LEW, Ontario, Kanada	ArcelorMittal, Indiana Harbour Works, Indiana, USA
Odprowadzany strumień	m ³ /t odlewanej stali	0,04	1,4	0,076
Stopień recyrkulacji	%	98	78	99
Zawiesina	g/t odlewanej stali	0,8 0,2 (²)	26	1,4
Cynk (Zn)	mg/t odlewanej stali	<1	-	8,0
Ołów (Pb)	mg/t odlewanej stali	<1	-	8,7
Olej	mg/t odlewanej stali	20	2000	160
(¹) Dane dotyczą roku 2004.				
(²) Dane za rok 2007 wskazują na tendencję zniżkową.				
Źródło: [65, InfoMil 1997][135, Busink, R. 2009].				

Przykłady stężenia zanieczyszczeń w ściekach z odlewania ciągłego po oczyszczeniu w zasadowym konwertorze tlenowym w zakładzie ArcelorMittal w Bremie w Niemczech podano w tabeli 7.26 [362, Niemcy 2007][363, Eurofer 2007].

Tabela 7.26: Przykłady stężenia zanieczyszczeń w ściekach z odlewania ciągłego po oczyszczeniu w zasadowym konwertorze tlenowym w zakładzie ArcelorMittal w Bremie w Niemczech

Parametr	Liczba pomiarów	Średnia wartość	Mediana	Maks.	Min.	Odchylenie standardowe
Pb (µg/l)	33	3,03	2,00	16,00	<2,00	3,11
Cr (µg/l)	33	2,99	2,00	13,00	<2,00	2,17
Cu (µg/l)	33	6,03	5,70	15,00	0,50	2,74
Zn (µg/l)	33	87,12	62,00	340,00	<20,00	73,89
Cd (µg/l)	33	0,20	0,20	0,27	<0,20	0,01
Fe (mg/l)	33	0,59	0,14	8,50	0,05	1,63
Ni (µg/l)	33	21,88	22,00	37,00	11,00	6,15
N _{mineralny} (mg/l)	31	5,09	5,07	7,16	3,29	1,21
AOX	33	41,06	40,00	66,00	21,00	11,00

(µg/l)						
Zawiesina (mg/l)	33	2,77	1,00	19,00	0,80	4,37
DOC (mg/l)	33	5,31	5,00	10,00	4,30	1,11
TOC (mg/l)	33	5,68	5,40	10,70	4,60	1,22
Węglowodory oleju mineralnego (mg/l)	31	0,16	0,18	0,40	<0,10	0,07
Poziomoci toksycy czystości	8	1,25	1,00	2,00	1,00	0,43
<p>Uwaga: Pomiary na podstawie próby losowej z okresu od lutego 2000 do listopada 2006. Dane liczbowe pisane kursywą wskazują na fakt, iż jako granicę wykrywalności obliczono wartości pomiarowe poniżej granicy wykrywalności.</p> <p>Źródło: [260, Niemcy 2007][362, Niemcy 2007].</p>						

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Z działań związanych z sedymentacją powstaje szlam zawierający żelazo, które można zawrócić do procesu technologicznego do spiekalni lub poprzez bezpośredni wtrysk za pośrednictwem dysz do wielkiego pieca.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Wysoki poziom recykulacji i oczyszczanie upuszczanej wody można stosować zarówno w nowych, jak i w istniejących zakładach.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

ArcelorMittal, Indiana Harbour Works, Indiana, Stany Zjednoczone

Corus IJmuiden, Holandia

ArcelorMittal, Gent, Belgia

Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria

Bibliografia

[65, InfoMil 1997][240, UKEA 2004][362, Niemcy 2007][363, Eurofer 2007]

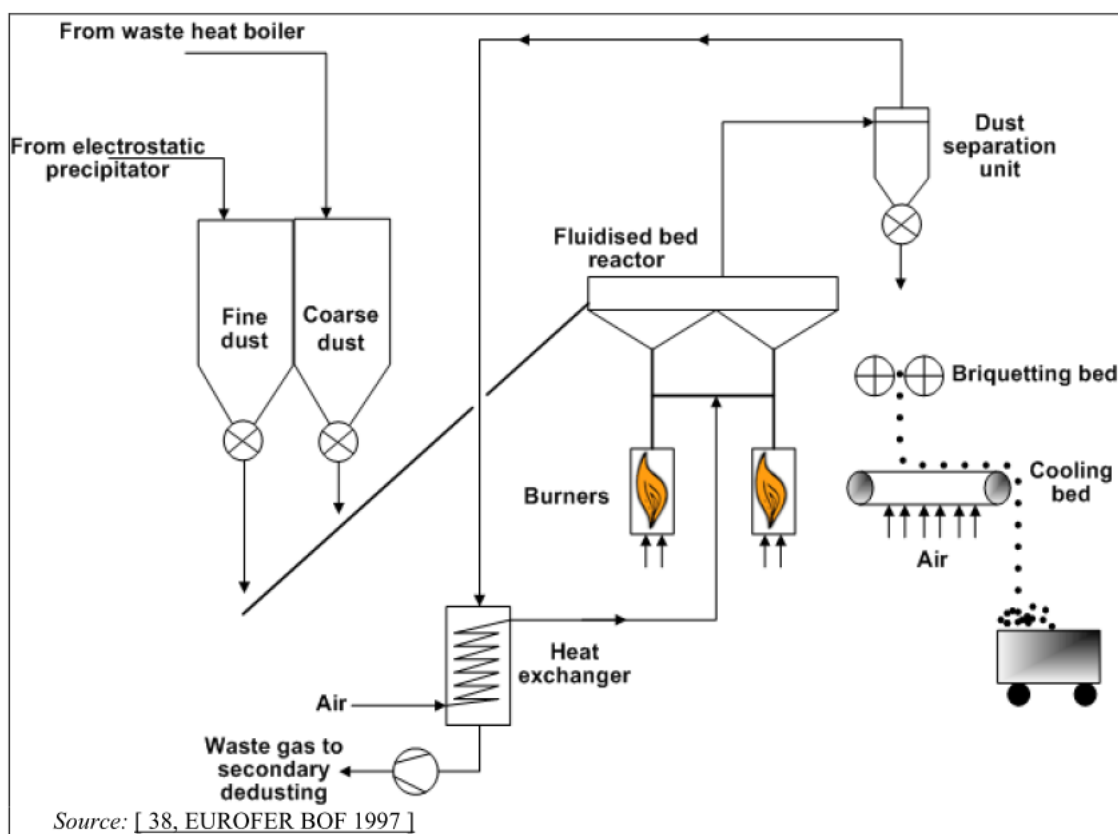
7.3.5 Brykietowanie pyłu na gorąco i recykling z odzyskiem grudek wzbogaconych wysoką zawartością cynku do zewnętrznego wykorzystania

Opis

W przypadku gdy stosuje się suche odpylanie elektrostatyczne jako środek oczyszczania gazu konwertorowego powstającego przy wdmuchiowaniu tlenu, wytwarzany jest pył. Pył ten cechuje się wysoką zawartością żelaza (40-65%) i może być stosowany jako wartościowy surowiec, w przypadku gdy pyły są prasowane na brykiety. Chociaż pył gruboziarnisty i pył drobnoziarnisty są brykietowane w tych samych zakładach, są one ładowane oddzielnie z

powodu ich różnych własności (patrz tabela 7.15). Brykiety z pyłu gruboziarnistego zawierają około 70% żelaza metalicznego i mogą być stosowane jako substytut złomu w konwertorze tlenowym. Brykiety z pyłu drobnoziarnistego zawierają około 7-20% żelaza metalicznego i mogą być stosowane jako uzupełnienie dla rudy chłodzącej [2, Auth i in. 1988]. Brykietowanie na gorąco przeprowadza się w zakładzie brykietowania na gorąco (brykietowni) (rysunek 7.22). Na pierwszym etapie pyły są podgrzewane przez gorące powietrze do temperatury 750°C na ruchomym łożu reaktora i przez reakcje adiabatyczne. Na etapie drugim brykiety są formowane w prasie cylindrycznej.

EN	PL
from waste heat boiler	z kotła odyzknicowego
from electrostatic precipitator	z filtra elektrostacyjnego
fine dust	pył drobnoziarnisty
coarse dust	pył gruboziarnisty
fluidised bed reactor	reaktor fluidyzacyjny
dust separation unit	zespół odpylania
briquetting bed	stół brykietujący
cooling bed	stół chłodzenia
air	powietrze
burners	palniki
heat exchanger	wymiennik ciepła
waste gas to secondary dedusting	spaliny do wtórnego odpylania



Rysunek 7.22: Urządzenia do brykietowania pyłu ze stalowni konwertorowo tlenowych

Zawracanie do procesu technologicznego pyłu stopniowo zwiększa stężenie cynku. Gdy brykiety pyłu osiągną średnią zawartość cynku na poziomie co najmniej 17% wagi, są one transportowane do zewnętrznych zakładów przetwórczych w celu przeprowadzenia operacji odzysku cynku. Ze względu na techniczne i ekonomiczne kryteria wykonalności na potrzeby odzysku cynku należy zapewnić jego zawartość na poziomie 20-24%, tj. poprzez mieszanie materiału wsadowego.

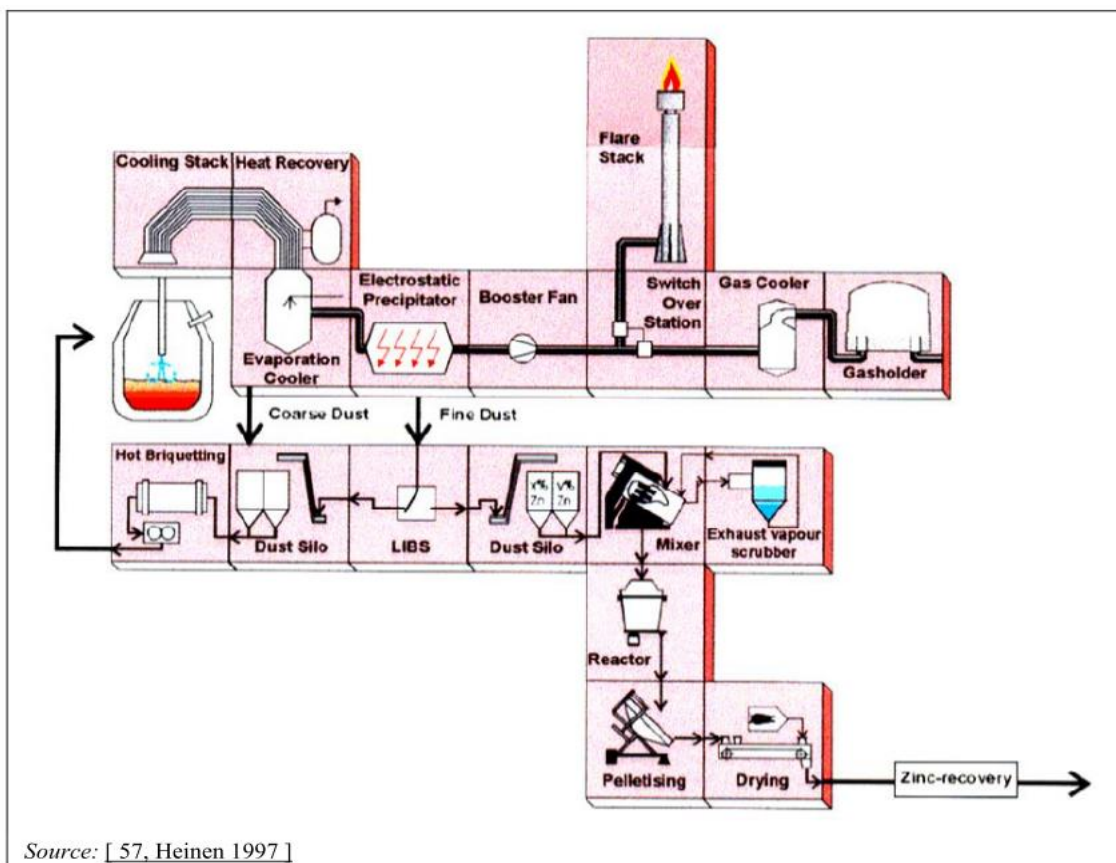
Ponieważ cynk zawarty w pyłe wewnątrz tego zamkniętego systemu jest nierównomiernie rozłożony, pyły z zawartością cynku powyżej 17% wagi również przedostają się do opisanego tutaj cyklu. Prowadzi to do niepotrzebnego przenoszenia w trakcie procesu

znacznych ilości cynku, który jest wielokrotnie redukowany, odparowywany, utleniany i brykietowany w każdym kolejnym cyklu.

Taka zasada krzywej cyklicznej kolejnego wzbogacania i zubażania pyłów prowadzi do dużych fluktuacji wsadu brykietowego w konwertorze tlenowym. To z kolei nie tylko wpływa na procesy metalurgiczne (tworzenie żużła, narastanie osadów pyłów w przewodzie spalinowym), lecz również ma znaczny wpływ na równowagę termiczną (gorący metal/złom). Konieczne jest prowadzenie regularnej kontroli analitycznej w celu zapewnienia, że jakość wyprodukowanej stali i żużła nie zostanie pogorszona przez żaden nadmierny wzrost zawartości cynku.

Aby zoptymalizować proces opracowano technikę bieżącego wyznaczania poziomu cynku w pyle w czasie rzeczywistym. Ta nowa technologia nazywana jest LIBS (wzbudzana laserowo spektroskopia rozpadu). Przyrząd mierzy w sposób ciągły zawartość cynku w pyle na przenośniku. Znając zawartość cynku w pyle można go w razie potrzeby selekcjonować na pył przeznaczony do usunięcia, peletyzacji lub transportu do powtórnego przetworzenia.

Na rysunku 7.23 przedstawiono schematyczny przegląd zoptymalizowanego cyklu obiegu pyłu w stalowni konwertorowo-tlenowej.



EN	PL
cooling stack	chłodnia kominowa
heat recovery	odzysk ciepła
evaporation cooler	chłodnica wyparna
electrostatic precipitator	filtr elektrostatyczny
booster fan	wentylator wspomagający
switch over-station	stanowisko przełączania
flare stack	komin z płomieniem
gas cooler	chłodnica gazu
gasholder	zbiornik gazu
hot briquetting	brykietowanie na gorąco
dust silo	silos na pył
ILGS	wzbudzana laserowo spektroskopia rozpadu
dust silo	silos na pył
mixer	mieszalnik
exhaust vapour scrubber	pluczka pary wylotowej
reactor	reaktor
pelletising	paletyzacja
drying	suszenie
zinc recovery	odzysk cynku

Rysunek 7.23: Schematyczny przegląd działań optymalizujących recykling pyłów z konwertora tlenowego

Powodem stosowania grudkowania drobnego pyłu jest fakt, że nawet przy zastosowaniu środków wiążących pyłu nie da się brykietować. Oprócz tego grudki (pelety) generalnie

lepiej spełniają wymagania klientów, takie jak badania, zachowanie trwałości przy magazynowaniu, brak zapylenia, łatwość transportu i łatwość w przenoszeniu. Poza tym grudki wykonane z pyłu można dalej ulepszać do dalszego przerobu przez dodanie środków redukujących lub innych dodatków.

Opisano brykietowanie pyłu na gorąco i wytwarzanie grudek wzbogaconych wysoką zawartością cynku do zewnętrznego wykorzystania. Z technicznego punktu widzenia możliwe jest wyodrębnianie ze szlamu i pyłów metali nieżelaznych, a następnie do procesu wytwarzania żelaza można odzyskać cenne oczyszczone substancje zawierające żelazo. Odzyskane metale nieżelazne można poddać dalszej obróbce w sektorze metali nieżelaznych.

Zastosowano następujące metody:

- procesy z wykorzystaniem pieca karuzelowego,
- procesy z wykorzystaniem złoża fluidalnego,
- reaktory ze złożem fluidalnym z użyciem płynu obiegowego,
- procesy z wykorzystaniem turbulizatora,
- procesy z wykorzystaniem plazmy,
- wielofunkcyjne żeliwiaki tlenowe.

Zewnętrzne procesy z wykorzystaniem szlamu/pyłów o wysokiej zawartości cynku stosowane są na skalę komercyjną. Technika ta staje się coraz bardziej popularna.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Dzięki zastosowaniu brykietowania na gorąco i recyklingu unika się składowania odpadów stałych na hałdach oraz odzyskuje się wartościowe surowce. Ilość przetwarzanego pyłu wynosi około 10 do 20 kg na tonę wyprodukowanej płynnej stali. Całkowity uzysk żelaza zwiększa się o około 1%. Można osiągnąć recykling pyłów na poziomie 100%.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Zakład brykietowania na gorąco zużywa energię, lecz pozwala na oszczędność surowców.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Metodę tę stosuje się tylko wtedy, gdy do oczyszczania gazu konwertorowego zastosowano suche odpylanie elektrostatyczne. Z doświadczenia wynika, że odzysk cynku drogą brykietowania nie może być stosowany w systemach odpylania na mokro z powodu niestabilnego procesu sedymentacji w osadnikach, powodowanego powstawaniem wodoru (w reakcji cynku metalicznego i wody). Z uwagi na powyższe względy bezpieczeństwa zawartość cynku w szlamie należy ograniczyć do 8-10%.

W przyszłości możliwe będzie również oczyszczanie szlamu z płuczek zwężkowych, jednakże będzie to wymagało dodatkowej energii potrzebnej do odparowania wody.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Główną przyczyną wdrażania tej techniki są ograniczone możliwości i wysokie koszty usuwania pyłów.

Przykładowe zakłady

- zakład produkcji stali LD 3, Voestalpine Stahl GmbH, Linz, Austria (w zakładzie tym praktykuje się odzysk cynku w postaci grudek w celu jego ponownego wykorzystania na zewnątrz),
- stalownia Gwangyang Works, POSCO Iron and Steel Company, Korea,

- stalownia Baoshan, Iron and Steel Company, Chińska Republika Ludowa,
- dniewprowskie zakłady hutnicze (DK), Ukraina,
- stalownie LD 1, LD 2, Thyssen Krupp Stahl AG, Duisburg, Niemcy,
- BHP, Newcastle, Australia.

Bibliografia

[2, Auth i in. 1988][57, Heinen 1997][116, Rentz i in. 1996][154, UN-ECE 1996][363, Eurofer 2007]

7.3.6 Obniżanie zawartości cynku w złomie

Opis

Wysoka zawartość cynku w wielkim piecu ma niekorzystny wpływ na jego prawidłową pracę. Dlatego też recykling tworzyw o wysokiej zawartości cynku jest ograniczony. Pyły i szlamy zebrane z urządzeń odpylających gaz konwertorowy mogą zawierać względnie wysokie stężenia metali ciężkich, a w szczególności cynku (Zn) (patrz tabela 7.15). Ten cynk pochodzi głównie ze złomu ładowanego do konwertora tlenowego. W zależności od typu ładowanego złomu pochodzącego z zewnątrz i warunków wdmuchiwanie wydzielanie cynku może się znacznie różnić w poszczególnych spustach. Ten sam problem, chociaż w mniejszym zakresie dotyczy ołowiu (Pb) i kadmu (Cd).

Aby spełnić wymagania recyklingu pyłów, można stosować złom z niską zawartością Zn. Wyklucza to stosowanie złomu zawierającego wyroby ocynkowane.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

W niektórych zakładach praktykowana jest rygorystyczna polityka stosowania złomu o niskiej zawartości Zn. Szlam z procesu odpylania gazu konwertorowego zawiera około 0,1-0,3% cynku, co pozwala na 100% recykling pyłu w spiekalni.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Rozwiązanie to należy traktować jako rozwiązanie lokalne. Całkowite oddziaływanie będzie prawdopodobnie równe zero, ponieważ duże ilości stali ocynkowanej są produkowane na całym świecie, co będzie prowadziło do wytwarzania szlamów o względnie wysokiej zawartości cynku, gdy stal stanie się dostępna jako złom w procesie wytwarzania stali. W większości konwertorów tlenowych cynk jest emitowany z konwertora głównie w kilku pierwszych minutach wdmuchiwanie tlenu.

Dane operacyjne

Technika ta działa bez problemów.

Możliwość zastosowania

Możliwe jest zastosowanie takiej techniki zarówno w nowych, jak i istniejących zakładach. Jednakże zależy to w dużym stopniu od dostępności złomu o niskiej zawartości Zn, Pb i Cd oraz od efektywności ekonomicznej stosowania tego rodzaju złomu. Dlatego też technika ta nie jest stosowana we wszystkich przypadkach i w dużej mierze zależy od rynku złomu. W powyższym przykładzie dotyczącym zakładu Corus, Ijmuiden w Holandii proces ten opiera się na niskiej zawartości cynku w złomie. Ze względu na recykling pyłów z konwertora w wielkim piecu nie stosuje się złomu pokrytego warstwą cynku. Najlepiej stosować go w zakładach, w których nie występują systemy recyklingu pyłów, opisane w pkt 7.3.5.

Aspekty ekonomiczne

Złom o niskiej zawartości Zn jest droższy i zwiększa koszt przypadający na tonę wyprodukowanej stali płynnej. Należy się spodziewać, że złom o niskiej zawartości cynku będzie coraz trudniejszy do zdobycia. Z drugiej strony, zastosowanie złomu o niskiej

zawartości cynku umożliwi recykling oczyszczonych szlamów i pyłów z gazu konwertorowego.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Corus, IJmuiden, Holandia; British Steel, Scunthorpe, Wielka Brytania.

Bibliografia

[13, Deckers et al. 1995][65, InfoMil 1997][105, Pazdej et al. 1995][247, Holandia 2007][363, Eurofer 2007]

7.3.7 Odzysk energii z gazu konwertorowego

Opis

Odzyskiwanie energii z gazu konwertorowego wiąże się z efektywnym wykorzystaniem zarówno ciepła jawnego, jak i energii chemicznej gazu konwertorowego. Wcześniej większość energii chemicznej była rozpraszana przez spalanie gazu.

Gaz wielkopiecowy wyprodukowany podczas wdmuchiwania tlenu wydostaje się z konwertora przez jego wylot, a następnie wychwytywany jest przez wentylację wstępną. Gaz ten ma temperaturę około 1200°C i a szybkość jego przepływu wynosi około 50-100 Nm³/t stali. Podczas opuszczania konwertora gaz zawiera około 70-80 % tlenku węgla (CO) i ma wartość opałową na poziomie około 8,8 MJ/Nm³.

Zazwyczaj do odzyskiwania energii z gazu konwertorowego można stosować dwa systemy :

1. *spalania gazu konwertorowego w kanale gazu z konwertora, a następnie odzyskiwanie ciepła jawnego w kotle odzysknicowym w celu wytwarzania pary*

Gaz konwertorowy można w całości lub częściowo spalić, wpuszczając powietrze do przewodu gazowego z głównego systemu odciągu. Tym samym wzrasta ciepło jawne i całkowity przepływ gazu w systemie odciągu, a w w kotle odzysknicowym można wytworzyć więcej pary. Ilość powietrza domieszana do gazu konwertorowego decyduje o ilości wytworzonej pary.

W pełnym cyklu produkcji stali (około 30-40 minut) wdmuchiwanie tlenu trwa około 15 minut. Produkcja pary związanej bezpośrednio z wdmuchiowaniem tlenu jest zatem procesem nieciągłym.

2. *Tłumienie spalania gazu konwertorowego i magazynowanie gazu konwertorowego w zbiorniku na gaz do późniejszego wykorzystania*

Spalanie gazu konwertorowego w systemie odciągu głównego można tłumić, uniemożliwiając dopływ powietrza do systemu. Odbywa się to zazwyczaj poprzez opuszczanie chłodzonej wodą osłony nad gardziel konwertora. W ten sposób zachowuje się tlenek węgla a gaz konwertorowy można stosować jako źródło energii w innych miejscach. Gaz oczyszcza się w celu spełnienia wymogów sieci gazowej i można go przechowywać w zbiorniku. Na potrzeby odzysku ciepła jawnego obecnego w nie spalonym gazie konwertorowym można zamontować kocioł odzysknicowy. Należy zwrócić uwagę na fakt, iż ze względu na niską zawartość CO gaz konwertorowy nie jest wychwytywany na początkowym etapie wdmuchiwania tlenu i na jego zakończenia. W czasie tym, trwającym kilka minut, jest on natomiast spalany na wylocie (patrz rysunek 7.11).

Istnieje tendencja w kierunku spalania tłumionego, a następnie odzysku gazu konwertorowego. Są tego dwie główne przyczyny:

- przez spalanie tłumione zmniejsza się ilość spalin, a tym samym obniża się też koszty pracy wentylatorów i koszt odpylania. Niższy poziom przepływu gazów odlotowych, typowy dla spalania tłumionego, powoduje powstanie gazu surowego o wyższym stężeniu masowym. Tym samym, aby uzyskać identyczne stężenie pyłu w

oczyszczonym gazie, trzeba stosować bardziej wydajny system odzyskiwania pyłu (patrz również punkt 7.3.1);

- z systemów pełnego spalania uzyskiwane są duże ilości pary wodnej. Jednakże, ponieważ para wytwarzana jest w sposób nieciągły, nie zawsze można ją w pełni wykorzystać. Wykorzystanie gazu konwertorowego odzyskanego za pomocą spalania tłumionego zapewnia znacznie większą elastyczność. Wykorzystanie gazu konwertorowego w połączeniu z gazem wielkopieczowym i gazem koksowniczym przynosi znaczne korzyści, jeżeli umożliwia zastąpienie znacznych ilości pierwotnych źródeł energii, takich jak gaz ziemny. W niektórych zakładach gaz konwertorowy wykorzystuje się przede wszystkim do podnoszenia jakości gazu wielkopieczowego [66, Joksch 1995]. Gaz koksowniczy i gaz ziemny są dodawane jako domieszki na stacji mieszania gazów jedynie w drugiej lub trzeciej kolejności (sterowanie kaskadowe) [66, Joksch 1995].

W tabeli 7.27 przedstawiono zalety i wady spalania tłumionego ze szczególnym uwzględnieniem wykorzystania gazu konwertorowego.

Tabela 7.27: Zalety i wady spalania tłumionego ze szczególnym uwzględnieniem wykorzystania gazu konwertorowego

Zalety	<ul style="list-style-type: none"> • Zmniejszony poziom przepływu objętościowego gazów odlotowych • Większe wymiary elementów do przesyłu gazu w celu osiągnięcia bardziej jednolitych prędkości w okapach odciągowych • Redukcja zużycia energii przez wentylator gazów odlotowych • Zmniejszone zapotrzebowanie na wodę do chłodzenia gazów odlotowych • Konstrukcja systemów odzyskiwania pyłu w celu zapewnienia mniejszego przepływu objętościowego gazów odlotowych • możliwość wykorzystania gazów odlotowych • Zmniejszony poziom uwalniania gazu w burzliwych warunkach topnienia ze względu na układ osłon uszczelniających o różnych konstrukcjach
Wady	<ul style="list-style-type: none"> • Skomplikowanych technologii urządzeń w odniesieniu do technicznych standardów bezpieczeństwa • Potrzeba zamontowania dodatkowych elementów • Potrzebne dodatkowe działania w zakresie technik bezpieczeństwa pracy
Źródło: [38, EUROFER BOF 1997].	

W tabeli 7.6 przedstawiono skład gazu konwertorowego w przypadku spalania tłumionego. W przypadku gdy stosuje się spalanie pełne, zawartość CO jest znacznie niższa a zawartość CO₂ odpowiednio wyższa.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

W tabeli 7.28 podano przykłady wytwarzania pary w kotłach odzysknicowych w stalowniach konwertorowo tlenowych Thyssen Stahl AG w Niemczech.

Tabela 7.28: Wytwarzanie pary w kotłach odzysknicowych w stalowniach konwertorowo tlenowej Thyssen Stahl AG

Parametr	Jednostka	Ruhrort	Beeckerwerth	Bruckhausen
Wydajność	(t płynnej stali/stop)	4 × 140	3 × 250	2 × 380
Współczynnik wprowadzonego powietrza (*)	-	>2.0	0.4	0.15
Przepływ gazów spalinowych	(Nm ³ /t płynnej stali)	250	115	87
Wytwarzanie pary	(kg pary/t płynnej stali)	380	130	80
(*) Współczynnik wprowadzenia powietrza wskazuje, ile powietrza jest wprowadzane do kanału gazów odlotowych, czyli wskaźnik na poziomie 2 oznacza, że ilość wprowadzonego powietrza jest dwa razy większa niż ilość pierwotnego gazu konwertorowego. Źródło:[66, Joksch 1995].				

Odzysk energii z układu pełnego spalania z pomocą kotła odzysknicowego ocenia się na 80% całkowitego ciepła wychodzącego. W przypadku stosowania spalania tłumionego w kotle odzysknicowym udaje się odzyskać jedynie 10-30% (0,1-0,3 GJ/t płynnej stali) całkowitej wytwarzanej energii [66, Joksch 1995]. Dodatkowe 50-80% udaje się odzyskać w postaci energii chemicznej (CO) w gazie konwertorowym, w zależności od współczynnika wprowadzania powietrza. Podczas spalania gazu na wylocie, a tym samym braku jego odzysku, energia ta jest tracona.

Przy zastosowaniu spalania tłumionego, odzysku gazu konwertorowego i kotła odzysknicowego do wykorzystania ciepła jawnego całkowity odzysk energii może wynosić nawet 90% [1, Arimitsu 1995] [66, Joksch 1995].

Podczas odzysku gazu konwertorowego oszczędności energii wynoszą 0,35-0,7 GJ/t płynnej stali w porównaniu do spalania gazu na wylocie. Dzięki zastosowaniu szczelnego systemu, opracowanego przez Nippon Steel Corporation, możliwe są oszczędności energii rzędu 0,98-1,08 GJ/t płynnej stali i zwiększenie produkcji stali o 0,4% w porównaniu do spalania w płomieniu.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Odzyskiwanie gazu konwertorowego wymaga odpowiedniego oczyszczania surowego gazu w celu spełnienia wymagań sieci gazowej. W przypadku stosowania spalania pełnego gazy odlotowe emitowane są bezpośrednio do atmosfery. Łączne emisje do atmosfery są mniejsze w przypadku stosowania spalania tłumionego. Ponadto (znacznie) większy przepływ gazów odlotowych z systemów spalania pełnego oznacza droższe i relatywnie mniej efektywne ograniczanie emisji pyłów.

Odzysk energii może przynieść oszczędności przede wszystkim w odniesieniu do źródeł energii.

Odzyskiwanie gazu konwertorowego jest potencjalnie niebezpieczne i wymaga rygorystycznych środków bezpieczeństwa (eksplozje, wycieki tlenku węgla, itp.).

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Zarówno odzysk ciepła odpadowego, jak i odzysku gazu konwertorowego przez spalanie tłumione można stosować i w nowych, i w istniejących zakładach. W niektórych przypadkach odzysk gazu konwertorowego poprzez tłumione spalanie może okazać się ekonomicznie nieopłacalny bądź niewykonalny z punktu widzenia odpowiedniego gospodarowania energią. W takich przypadkach gaz konwertorowy może być spalany w połączeniu z wytwarzaniem pary wodnej. Rodzaj procesu spalania zależy od gospodarowania energią na szczeblu lokalnym.

Aspekty ekonomiczne

Inwestycje konieczne w 2007 r. kształtowały się na poziomie 30,5 mln euro w przypadku bieżącego projektu obejmującego zbiornik na gaz o objętości 80 000 m³, dmuchawy, przewody na gaz, zawory trójdrożne w systemach gazów odlotowych, środki bezpieczeństwa, budowę i prace konstrukcyjno-wykonawcze, itp. Około 80% gazu konwertorowego uda się odzyskać w wyniku corocznej oszczędności energii rzędu 2600 TJ/rok = około 12 EUR/GJ inwestycji. Zwrot z inwestycji to około pięć lat, biorąc pod uwagę oszczędności w odniesieniu do zakupu gazu ziemnego, kosztów eksploatacji, emisji CO₂, obniżonych strat ze spalania w pochodni, sprzedaży gazu producentowi energii elektrycznej i zmniejszenia wytwarzania pary.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Odzysk energii za pomocą systemów pełnego spalania lub systemów spalania tłumionego znajduje szerokie zastosowanie w stalowniach tlenowo-konwertorowych na całym świecie. Jest tendencja w kierunku stosowania systemów spalania tłumionego, głównie ze względu na korzyści logistyczne w porównaniu do systemów spalania pełnego.

Bibliografia

[1, Arimitsu 1995][65, InfoMil 1997][66, Joksch 1995][363, Eurofer 2007]

7.3.8 Pobieranie próbek i wykonywanie analiz stali podczas pracy konwertora

Opis

Proces wytwarzania stali metodą konwertorowo tlenową jest procesem okresowym. Każdy wsad gorącego metalu musi być rafinowany, aż zostanie osiągnięta wymagana jakość stali. W celu monitorowania przebiegu procesu z kąpieli stalowej pobierane są próbki do analizy. Wynik analizy wykorzystywany jest do określenia dodatkowego czasu wdmuchiwanie tlenu, potrzebnego do osiągnięcia wymaganej jakości stali.

Najnowsze systemy dynamicznego modelowania i monitoringu osiągają precyzję, która czyni zbędnym pobieranie próbek podczas wdmuchiwanie. Próbka kontrolna jest wtedy pobierana w czasie odlewania. Technologia ta zmniejsza emisje powstające podczas pobierania próbek do zera.

Dawniej, aby pobrać próbkę, konieczne było przerywanie operacji wdmuchiwanie tlenu i przechylenie konwertora. Była to operacja czasochłonna i zwiększała emisje z konwertora tlenowego. W nowoczesnych stalowniach próbki pobierane są podczas wdmuchiwanie tlenu za pomocą specjalnej lancy lub analogicznego urządzenia. Pozwala to na kontynuowanie procesu rafinacji podczas wykonywania analiz pobranych próbek. Skraca to czas cyklu produkcyjnego i zwiększa wydajność. W porównaniu z poprzednimi metodami pobierania próbek emisje są niższe, ponieważ nie zmienia się położenie konwertora.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Czas produkcji przypadający na wytop został zmniejszony, co pozwala na osiągnięcie lepszej wydajności. Emisje do atmosfery zostały zmniejszone, ponieważ przechylenie konwertora nie jest już konieczne.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Nieznane są wzajemne powiązania pomiędzy różnymi komponentami środowiska.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Technikę tę można stosować we wszystkich nowych zakładach. Zakłady istniejące trzeba zmodernizować, aby możliwe było zainstalowanie takiego systemu pobierania próbek.

Aspekty ekonomiczne

Ze względu na wyższą wydajność koszty prawdopodobnie są niższe.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Większość europejskich zakładów stosuje się pobieranie próbek podczas procesu technologicznego oraz modelowanie dynamiczne.

Bibliografia

[65, InfoMil 1997][363, Eurofer 2007]

7.3.9 Większa wydajność energetyczna stalowni dzięki automatyzacji

Opis

W niniejszym rozdziale omówiono dwie możliwości automatyzacji stalowni:

- a) zautomatyzowany system zamykania/otwierania pokrywy kadzi,
- b) zautomatyzowany system spustu z konwertora BOF.

Technika a) Zautomatyzowany system zamykania pokrywy kadzi

Kadzie wykorzystywane są do obróbki wtórnej i do przenoszenia ciekłej stali z konwertorów do ciągłego odlewania. W normalnej praktyce kadzie nie są przykrywane w trakcie obróbki w kadzi i podczas przenoszenia, jednak pokrywa jest powszechnie stosowana do zapobiegania dodatkowym stratom ciepła w czasie ciągłego odlewania. Po odlewaniu i konserwacji kadzi, kadzie podczas ich pracy są ogrzewane palnikami, zazwyczaj na gaz koksowniczy lub gaz ziemny, aby utrzymać ich temperaturę do momentu obróbki kolejnego wytopu.

W zakładach Raabe Steel Works jednocześnie działa 8-9 kadzi. Kadzie wyposażone są w pokrywy, które są otwierane wyłącznie podczas spustu z konwertora BOF i podczas obróbki kadzi. Do utrzymania wysokiej temperatury kadzi po konserwacji kadzi nie potrzeba palników. Stanowiska konwertorów i obróbki pozapiecowej wyposażone są w pokrywę, przy czym pokrywa opuszczana i otwierana jest automatycznie w zależności od etapu procesu.

Jest to system składający się z „pokrywy na zawiasach”, dzięki któremu możliwe jest naciśnięcie spustu żużla po odlewaniu bez zdejmowania pokrywy.



Source: [208, Lindfors et al. 2006]

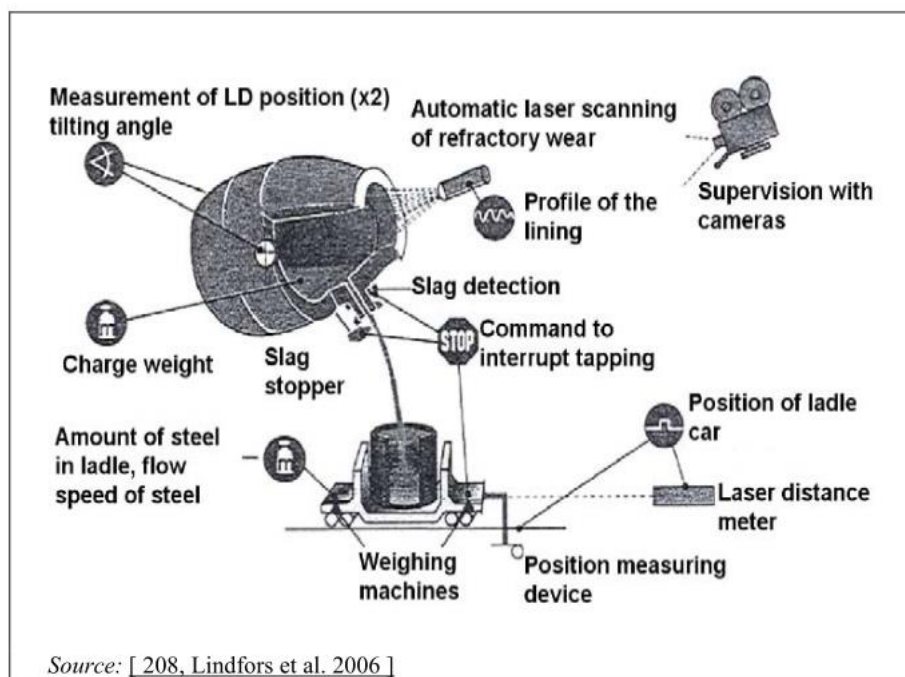
Rysunek 7.24: Zautomatyzowany system zamykania/otwierania pokrywy kadzi

Technika b) Zautomatyzowany system spustu z konwertora tlenowego

Wykorzystując dostępny system sublanc, można uzyskać szacunkowe informacje na temat temperatury stali i zawartości węgla bez konieczności przechylenia konwertora do pozycji poziomej. Tym samym spust można rozpocząć w ciągu 2-3 minut po zakończeniu przedmuchiwania, w zależności od czasu po mieszaniu. W roku 2004 około 75% wytopów spuszczano w ciągu trzech minut. Sekwencja spustu, inicjowana przez operatora, składa się z następujących zautomatyzowanych etapów:

- spust stali,
- nakładanie powłoki na żużel, a w razie potrzeby również rozpryskiwanie żużla,
- spust żużla.

Kamera na podczerwień, stosowana do odróżniania stali od żużla, pokazuje, kiedy żużel trafia do strumienia spustowego i kiedy automatycznie zakończyć spust stali. Na rysunku 7.25 zaprezentowano system automatycznego spustu.



Source: [208, Lindfors et al. 2006]

EN	PL
measurement of LD position tilting angle	pomiar kąta przechylenia pozycji LD
automatic laser scanning of refractory wear profile of the lining	automatyczne skanowanie laserowe zużycia materiałów ogniotrwałych profil okładziny
supervision with cameras	nadzór za pomocą kamer
slag detection	wykrywanie żużła
charge weight	waga materiału wsadowego
slag stopper	zamknięcie otworu spustowego żużła
command to interrupt tapping	komenda do przerywania spustu
amount of steel in ladle, flow speed of steel	ilość stali w kadzi, prędkość przepływu stali
weighing machines	urządzenia do ważenia
position of ladle car	pozycja wozu do przewozu kadzi odlewniczych
laser distance meter	laserowy miernik odległości
position measuring device	pozycja urządzenia pomiarowego

Rysunek 7.25: Schemat systemu automatycznego spustu

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Poprawiona jest wydajność energetyczna (lepsz regulacja temperatury) i powstaje też mniej pyłów.

Technika a) Zautomatyzowany system zamykania pokrywy kadzi

Ponieważ w trakcie cyklu kadzi straty ciepła są mniejsze, średnia temperatura spustu spadła o 10 C. Niższa temperatura spustu umożliwia o 8 kg/t wyższy współczynnik złomu w konwertorze bez konieczności dodawania paliwa, a tym samym zapewnia też wyższą wydajność. Inną możliwością jest produkowanie stali zawierającej o 8 kg/t surówki mniej, co oznacza 15 kg/t redukcji emisji CO₂. Odchylenie temperatury spustu jest o 4°C niższe, co ma duże znaczenie dla stabilnej regulacji procesu. Temperatura stali jest w trakcie całego procesu produkcji stali stabilniejsza, co zmniejsza liczbę przypadków przerywania odlewów w trakcie ciągłego odlewania. Kadzie są praktycznie wolne od skrzepów stali i żużła. W obszarach obsługi kadzi nie potrzeba dodatkowej energii, co pozwala na korzystanie z gazu koksowniczego przy innych zastosowaniach w stalowni. Pokrywy ograniczają emisji pyłu i bezpośredniego promieniowania cieplnego z kadzi stalowych podczas transportu. Zużycie materiałów ogniotrwałych konwertorów i kadzi ulega jest nieznacznej poprawie.

Technika a) Zautomatyzowany system spustu z konwertora

Technika ta wykazuje kilka istotnych korzyści dla środowiska:

- dzięki niej o około 15°C obniża się planowana temperatura spustu stali. Pozwala to na zwiększenie współczynnika złomu, a tym samym na zmniejszenie wskaźnika surówki w materiale wsadowym. Dzięki temperaturze spustu niższej o 15°C możliwe jest obniżenie współczynnika surówki o mniej więcej 9 kg na tonę surowej stali, co odpowiada całkowitej możliwej redukcji produkcji CO₂ w zakładzie o około 16 kg CO₂ na tonę surowej stali;
- unikając przechylenia konwertora do pozycji poziomej w celu pobierania próbek po zakończeniu wdmuchiwanie emisja gorących gazów i pyłów są mniejsze;

- dzięki dokładnemu określeniu czasu zakończenia spustu stali w konwertorze pozostaje mniej stali i mniej trafia do spustu wraz z żużłem do skrzyni żużlowej. Dzięki mniejszej ilości stali w skrzyni żużlowej nie tylko można zapewnić stabilizację procesu produkcji, lecz także mniejszą ilość emisji pyłu podczas opróżniania naczyń;
- wyższy stopień pokrycia powłoką żużła zapewnia dłuższą trwałość okładziny i mniejsze zapotrzebowanie na materiały ceramiczne. W przybliżeniu szacuje się, że zautomatyzowany spust sama w sobie doprowadził do 20% wzrostu trwałości okładziny.

Wydajność energetyczna jest nie tylko lepsza dzięki ogólnemu wzrostowi wydajności ze względu na krótszy czas między spustami stali, ale również przez obniżenie temperatury spustu, co można wykorzystać do zwiększenia recyrkulacji złomu, jak i przez poprawę wydajności produkcji stali.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Nie odnotowano negatywnego oddziaływania na środowisko ze strony tej praktyki.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Technika a)

Automatyczny system zamykania/otwierania pokryw kadzi jest w zasadzie stosowany we wszystkich stalowniach, biorąc po uwagę szczególne cechy istniejących obiektów. Pokrywy mogą być bardzo ciężkie, ponieważ są wykonane z ogniotrwałych cegieł. Udźwig żurawi i konstrukcji całego budynku ogranicza zastosowanie w istniejących zakładach. Istnieją różne rozwiązania techniczne w odniesieniu do budowania pokryw w warunkach poszczególnych stalowni.

Technika b)

Automatyczny spust z konwertora można stosować w każdym zakładzie z takim konwertorem, jeśli wyposażony jest on w systemy do szybkiego i dokładnego rejestrowania temperatury i zawartości węgla w stali na końcu wdmuchiwanie, a także do wykrywania żużła podczas spustu.

Aspekty ekonomiczne

Technika a)

Automatyczny system zamykania/otwierania pokrywy kadzi zapewnia producentowi stali znaczne obniżenie kosztów produkcji.

Technika b)

Zautomatyzowany spust z konwertora wiąże się przede wszystkim z wzrostem produktywności, obniżeniem kosztów eksploatacji i zmniejszeniem zużycia materiałów ogniotrwałych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Technika a)

Uzasadnieniem dla wdrażania tej techniki jest większa produkcja, lepsza regulacja procesu o zwiększonej wydajności, zwiększenie efektywności energetycznej i oszczędności.

Technika b)

Większa wydajność i większe zużycie złomu pociągają za sobą wprowadzenie zautomatyzowanego spustu z konwertora BOF. Do przyczyn większego stopnia automatyzacji procesu spustu zalicza się:

- stabilizacja i zwiększenie produkcji stali oraz wydłużenie czasu eksploatacji,
- lepsza regulacja procesów,
- lepsze warunki pracy,

- lepsza żywotność okładziny.

Przykładowe zakłady

Przykładowym zakładem, w którym stosuje się technikę a) i b) jest Ruuki w Finlandii. Technikę b) zautomatyzowanego spustu w konwertorze BOF w zakładzie SSAB Tunnpilat AB's w Lulei w Szwecji wprowadzono stopniowo w latach dziewięćdziesiątych. Pierwszym etapem było wdrożenie spustu szybkiego i bezpośredniego (QDT), a następnie automatyzacja całej sekwencji spustu, w tym spustu żużła.

Bibliografia

[208, Lindfors i in. 2006]

7.3.10 Spust bezpośredni z konwertora

Opis

Spust bezpośredni normalnie wymaga stosowania kosztownych urządzeń, takich jak systemy sublanc lub układy czujników zrzutowych, umożliwiających spust bez oczekiwania na analizę chemiczną pobranych próbek (spust bezpośredni). W zakładzie Ovako w Koverhar w Finlandii opracowano nową technikę umożliwiającą spust bezpośredni bez takich urządzeń. W praktyce węgiel jest wdmuchiwany bezpośrednio do poziomu 0,04 % przy jednoczesnym spadku temperatury kąpielii do odpowiednio niskiego poziomu docelowego. Przed spustem dokonuje się pomiaru temperatury i aktywności tlenu do celów dalszych czynności.

Wskaźnik doświeżania w zakładzie Ovako w Koverhar w Finlandii wynosi dziś około 5%.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Poprzez spust bezpośredni zapewniona jest większa efektywność energetyczna i widoczne jest pozytywne oddziaływanie na środowisko.

Zaletą spustu bezpośredniego jest przede wszystkim do większa efektywność energetyczna. Temperatura chłodzenia kąpielii po wietrzeniu spadła o 20 °C. Jednocześnie zawór odstępy czasu między spustami skrócono o 20%. Oznacza to znaczny wzrost wydajności. Dzięki lepszej gospodarce cieplnej objętość złomu wzrosła o 5% w stosunku do spustu innego niż bezpośredni. Oznacza to zmniejszenie emisji CO₂ o około 15 kg/t.

Wytrzymałość okładziny wzrosła o około 10%. Ze względu na zwiększoną żywotność okładziny i większą ilość materiału (złomu) zawracanego do procesu technologicznego udało się zapewnić także mniejsze oddziaływanie na środowisko.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Technika ta zasadniczo stosowana jest w zakładach z konwertorami spełniających pewne konieczne warunki. Wdrożenie jej bez dodatkowych urządzeń oznacza kilka lat prac projektowych.

Aby przeprowadzić udany spust bezpośredni, trzeba spełnić pewne niezbędne warunki, takie jak odpowiedni analizator surówki i urządzenia do zatrzymywania żużła. Dostępność pieca kadziowego sprawia, że technika ta jest łatwiejsza do wdrożenia.

Aspekty ekonomiczne

Korzyści ekonomiczne związane są ze zwiększoną wydajnością, mniejszym zużyciem energii i mniejszym zużyciem materiałów ogniotrwałych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Uzasadnieniem dla wdrażania tej techniki jest większa efektywność energetyczna. Argumentem za jej wprowadzeniem jest również wydajność, oszczędności i mniejsze oddziaływanie na środowisko.

Przykładowe zakłady

Spust bezpośredni stosowany jest w zakładzie Ovako w Koverhar w Finlandii od roku 2001 niemalże w przypadku wszystkich gatunków stali i niemalże wszystkich poziomów jakości stali poza niektórymi jej specjalnymi rodzajami. Udział spustu bezpośredniego dotyczy obecnie 99% wszystkich stopów.

Bibliografia

[208, Lindfors i in. 2006]

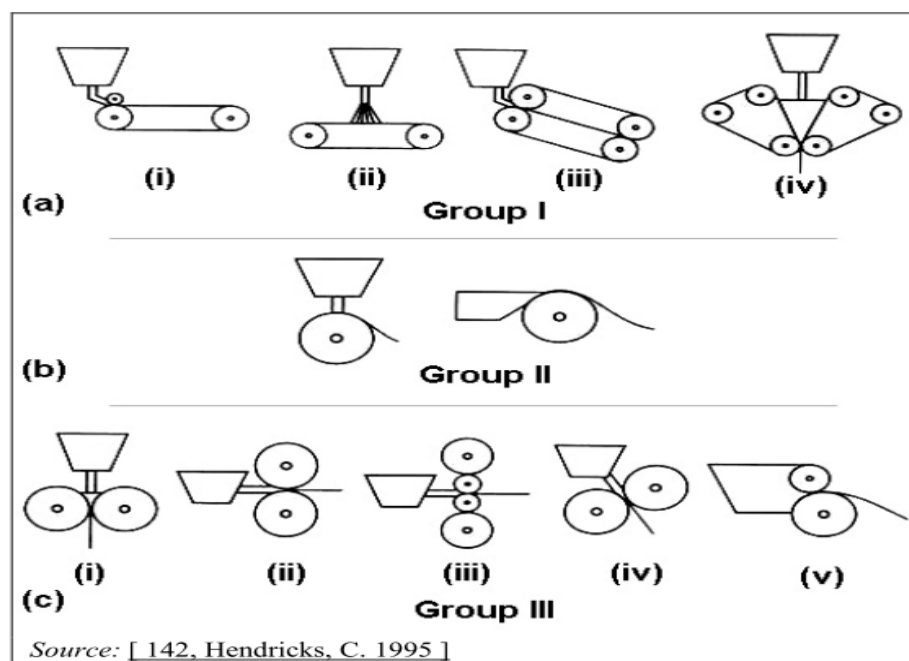
7.3.11 Odlewanie pasm o kształcie zbliżonym do kształtu wyrobu gotowego

Opis

Odlewanie pasm o kształcie zbliżonym do kształtu wyrobu gotowego oznacza proces ciągłego odlewania stali, w wyniku którego otrzymuje się pasma o grubości mniejszej niż 15 mm. Proces odlewania jest połączony z bezpośrednim walcowaniem na gorąco, chłodzeniem i zwijaniem blach z pominięciem pośredniego pieca grzewczego, który stosuje się w przypadku tradycyjnych technik odlewniczych, np. ciągłego odlewania kęsisk lub cienkich kęsisk. W związku z tym technika odlewania bezpośredniego blach jest techniką produkcji płaskich wyrobów stalowych o różnej szerokości i grubości mniejszej niż 2 mm.

Proces odlewania można podzielić ze względu na różne techniki. Wszystkie z nich cechują się ruchomymi formami odlewniczymi niewymagającymi zastosowania proszku do odlewania. Dwuwalcowe odlewanie pasm jako technika odlewania pionowego i bezpośredniego poziomego odlewania pasm (wcześniej określanego jako bezpośrednie odlewanie taśm) budzą największe zainteresowanie branży.

Przegląd procesu dwuwalcowego odlewania pasm i bezpośredniego odlewania poziomego oraz innych technik omówiono w [141, Ferry, M. 2006] (patrz Rysunek 7.26).

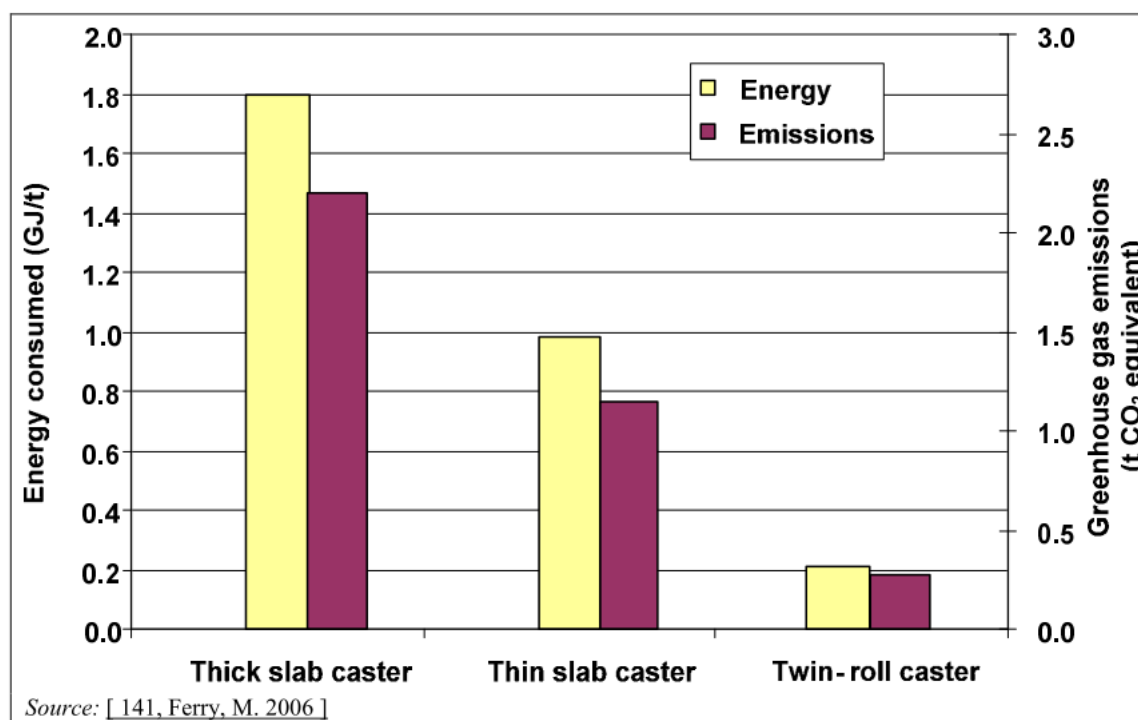


Rysunek 7.26: Schemat z potencjalną klasyfikacją procesu odlewania pasm

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Możliwe do osiągnięcia korzyści w zakresie oszczędności energii zasadniczo opierają się na fakcie, że nie ma konieczności ponownego podgrzewania, jak i na mniejszym zakresie prac związanych z walcowaniem na gorąco. W porównaniu do konwencjonalnego odlewania wlewków płaskich potrzeba więcej energii, aby osiągnąć temperaturę potrzebną do odlewania na gorąco. W przeszłości przeprowadzono już wyliczenia w zakresie zużycia energii. Związek między podstawowym zużyciem energii a emisjami CO₂ w przypadku różnych technik odlewania stali podano na Rysunek 7.27 [141, Ferry, M. 2006] wraz z głównymi etapami w ramach procesu. Ponowne oszacowanie zapotrzebowania na energię w przypadku odlewania pasm stanowi część toczącego się projektu BMBF (federalnego ministerstwa ds. edukacji i badań) [146, Schaperkotter, M. i in. 2009].

EN	PL
energy	energia
emissions	emisje
energy consumption	zużycie energii
greenhouse gas emissions (t CO ₂ equivalent)	emisje gazów cieplarnianych (t ekwiwalentu CO ₂)
thick slab caster	urządzenie do odlewania wlewków grubych
thin slab caster	urządzenie do odlewania wlewków płaskich
twin-roll caster	dwuwalcowe urządzenie do odlewania



Rysunek 7.27: Związek między podstawowym zużyciem energii a emisjami CO₂ (porównanie zakładów działających na skalę przemysłową) w przypadku różnych technik odlewania stali

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Nie występują żadne efekty wzajemnych powiązań.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych dotyczących zużycia energii.

Możliwość zastosowania

Technikę tę można stosować tak w nowych, jak i w istniejących zakładach produkcji stali. Stosunkowo niewielka wymagana przestrzeń (około 100 m długości) daje możliwość wbudowania urządzenia do odlewania pasm podczas modernizacji.

Proces odlewania można stosować w obu rodzajach zakładów stalowych: z zasadowym konwertorem tlenowym i elektrycznym piecem łukowym. Pozostałe techniki hutnicze związane są z gatunkami stali, ale nie w procesie odlewania taśm.

Możliwość ich zastosowania zależy od produkowanych gatunków stali (np. proces ten nie pozwala wytwarzać ciężkich blach) oraz od portfolio (asortymentu) produktów danej stalowni.

Aspekty ekonomiczne

Występują trzy główne bodźce ekonomiczne do ustalania techniki odlewania taśm: koszty inwestycyjne, oszczędności energii i wymagane miejsce. Ponadto technika ta jest przydatna w przypadku szerokiego zakresu gatunków stali, a zdolności produkcyjne jednoliniowej prostownicy rolkowej do odlewania wynoszą około 1,5 mln ton rocznie.

Motywacja do wdrożenia techniki

Argumentów za wdrażaniem tej techniki jest wiele:

- czynniki materialne: poziome odlewanie pasm zapobiega oddziaływaniu ze względu na wyginanie i wyrównywanie produktu. W szczególności korzystne jest wytwarzanie gatunków stali o krytycznych właściwościach w zakresie ciągłości w wysokiej temperaturze przy zastosowaniu tej techniki. Można wytwarzać wysokostopowe gatunki stali (szczególnie te o wysokiej zawartości Al), ponieważ nie ma interakcji z proszkiem odlewniczym,
- czynniki ekonomiczne i środowiskowe. Główne przyczyny ekonomiczne to ładowanie pasm na gorąco bez podgrzewania i zredukowane walcowanie na gorąco. Obie pozycje prowadzą do obniżenia emisji.

Przykładowe zakłady

Urządzenia do odlewania pasm (dwuwalcowe urządzenie do odlewania) działają w zakładach ThyssenKrupp Nirosta w Bochum w Niemczech (400 000 t/rocznie); w Nucor Crawfordsville w Indianie w USA (400 000 t/rocznie) i w Nippon Steel w Japonii. Nadchodzące projekty znajdują się w Nucor Castrip Blytheville w Arkansas w USA (500 000 t/rocznie) i w Posco Postrip Pohang w Korei (600 000 t/rocznie) [149, Kemper, G. 2008].

Rozruch przemysłowego urządzenia do poziomego odlewania pasm o wydajności rzędu 500 000 t/rocznie planowany jest na rok 2010.

Bibliografia

[141, Ferry, M. 2006][142, Hendricks, C. 1995][146, Schaperkotter, M. i in. 2009][149, Kemper, G. 2008]

8 PRODUKCJA STALI ZA POMOCĄ ELEKTRYCZNYCH PIECÓW ŁUKOWYCH I ODLEWANIE

8.1 Stosowane procesy i techniki

Bezpośrednie wytapianie materiałów zawierających żelazo, takich jak złom, jest zwykle wykonywane w elektrycznych piecach łukowych, które odgrywają coraz większą rolę w hutach stali, w których stosuje się nowoczesne rozwiązania (patrz rysunek 1.2). Obecnie procentowy udział stali produkowanej w elektrycznych piecach łukowych w całkowitej produkcji stali w krajach UE-27 wynosi 41,8% [286, Stahl 2008]. We Włoszech (61%) i Hiszpanii (77%) produkcja stali w elektrycznych piecach łukowych jest znacznie większa niż produkcja stali wytwarzanej za pomocą wielkich pieców i zasadowych konwertorów tlenowych (nie uwzględniając państw członkowskich, w których produkuje się wyłącznie stal elektryczną).

Głównym tworzywem wsadowym dla elektrycznych pieców łukowych jest złom żelazny, który może obejmować złom z samej huty, skrawki od producentów wyrobów stalowych (np. producentów pojazdów) i złom zwrotny lub złom od użytkowników (np. wyroby wycofane z eksploatacji). Bezpośrednio redukowane żelazo jest również w coraz większym stopniu wykorzystywane jako tworzywo wsadowe zarówno z powodu niskiej zawartości skały płonnej, jak i zmiennych cen złomu oraz niskiej zawartości niepożądanych metali (np. Cu). Żelazostopy można wykorzystać w większych lub mniejszych ilościach jako dodatkowy materiał wsadowy w celu dostosowania poziomu pożądanych stężeń metali nieżelaznych w gotowej stali.

Tak jak w zasadowym konwertorze tlenowym, żużel wytwarzany jest z wapna w celu zebrania niepożądanych związków w stali [260, Germany 2007] [373, Eurofer 2007]. W elektrycznym piecu łukowym żużel z produkcji stali węglowej wytwarza się podczas procesu wytapiania złomu stalowego poprzez dodanie wapna lub dolomitu jako topników przy temperaturze około 1600°C. Produkcja stali wysokostopowej obejmuje różne procesy, podczas których wytwarza się kilka typów żużlu jako produkty uboczne [177, Eurofer 2009]. Rysunek 8.1 przedstawia elektrostalownię z piecem łukowym. W tym przypadku budynek zawierający elektryczny piec łukowy z układem dwukadłubowym jest całkowicie zamknięty, aby zminimalizować emisję pyłu, gazów i hałasu.



Rysunek 8.1: Elektrostalownia z piecem łukowym

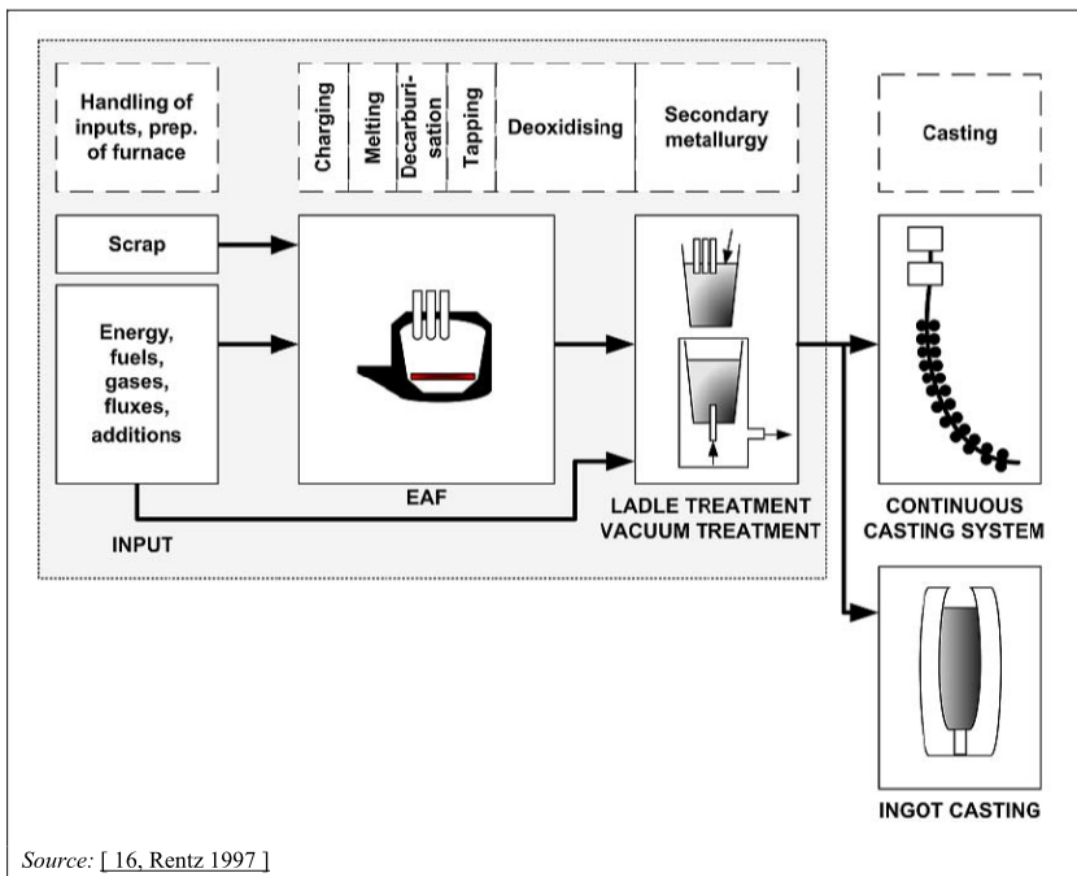
Elektryczny piec łukowy jest zwykle załadowywany złomem za pomocą metalowych koszy (kosze zasypowe) wiszących ponad otwartym pojemnikiem pieca, jak widać to na rysunku 8.2.



Source: [200, Commission 2001] [260, Germany 2007]

Rysunek 8.2: Ładowanie elektrycznego pieca łukowego

Przeгляд procesu wytwarzania stali elektrycznej przedstawiono na rysunku 8.3.



EN	PL
Handlings of inputs, prep. of furnace	Transport materiałów wejściowych, przygotowanie pieca
Charging	Ładowanie
Melting	Wytapianie
Decarburisation	Odwęglanie
Tapping	Spust
Deoxidising	Odtlenianie
Secondary metallurgy	Obróbka pozapiecowa
Casting	Odlewanie
Scrap	Złom
Energy, fuels, gases, fluxes, additions	Energia, paliwa, gazy, topniki, dodatki
INPUT	MATERIAŁY WEJŚCIOWE
EAF	ELEKTRYCZNY PIEC ŁUKOWY
LADLE TREATMENT	OBRÓBKA W KADZI
VACUUM TREATMENT	OBRÓBKA PRÓŻNIOWA
CONTINUOUS CASTING SYSTEM	SYSTEM CIĄGŁEGO ODLEWANIA STALI
INGOT CASTING	ODLEWANIE STALI ZA POMOCĄ BLOKÓW
Source: [16, Rentz 1997]	Źródło: [16, Rentz 1997]

Rysunek 8.3: Przegląd procesów związanych z wytwarzaniem stali w elektrostalowni z piecem łukowym

W przypadku wyrobów końcowych należy odróżnić produkcję zwykłej stali węglowej od produkcji stali niskostopowej i stali wysokostopowych/nierdzewnych. W Unii Europejskiej około 88% produkcji stali stanowi stal węglowa lub niskostopowa [373, Eurofer 2007].

W przypadku produkcji stali węglowej i stali niskostopowej wykonywane są następujące operacje:

- transport i składowanie surowców, wstępna obróbka (jeśli znajduje zastosowanie) [373, Eurofer 2007],
- ładowanie pieca,
- stapianie złomu w elektrycznym piecu łukowym,
- spust stali i żużłu,
- obróbka cieplna w piecokadzi w celu otrzymania odpowiedniej jakości stali,
- transport żużłu,
- odlewanie stali.

W przypadku stali wysokostopowych i stali specjalnych sekwencja technologiczna jest bardziej złożona i dostosowana do wyrobów gotowych. Proces dzieli się na dwa etapy: wytapianie w elektrycznym piecu łukowym i odwęglanie za pomocą procesu odwęglania w argonie i tlenie (AOD) lub odwęglania próżniowo-tlenowego (VOD).

Po etapie odwęglania stosuje się różne procesy obróbki cieplnej piecokadzi (rafinacja pozapiecowa), takie jak:

- odsiarczanie,
- usuwanie rozpuszczonych gazów takich, jak azot i wodór.

8.1.1 Transport i składowanie surowców

Główne obszary składowania złomu są zwykle otwartymi składowiskami o nieutwardzonej powierzchni usytuowanymi na zewnątrz. Żelazny złom ładuje się do koszy za pomocą magnesów lub chwytaków. Złom kupuje się w oparciu o szczegółowe międzynarodowe specyfikacje, które mają na celu zminimalizowanie wtrąceń niemetalicznych. Taki proces składowania minimalizuje ryzyko włączenia do procesu wszelkich niepożądanych niemagnetycznych tworzyw, takich jak kamienie, drewno czy metale nieżelazne. Niektóre rodzaje i jakość złomu podczas składowania i transportu metalu mogą wiązać się z odkładaniem się pozostałości na ziemi, a także odkładaniem się metali ciężkich i węglowodorów.

W zależności od rodzajów i jakości poddawanego obróbce złomu czynności związane z jego transportem mogą także, w pewnych warunkach pogodowych, prowadzić do nieorganicznych (pył) i organicznych emisji. Niektóre rodzaje złomu mogą również prowadzić do emisji hałasu podczas transportu [220, Eurofer 2008].

Aby obniżyć ryzyko związane z występowaniem niebezpiecznych zanieczyszczeń, wykonuje się segregację złomu. Złom, który powstaje w samym zakładzie może być docinany za pomocą lancy tlenowej na wymiar wygodny do transportu. Złom może być ładowany do koszy zasypowych na składowisku złomu lub może być transportowany do tymczasowych hali przygotowania złomu na stalowni. W niektórych przypadkach złom jest podgrzewany w szybie lub na przenośniku (zob. podgrzewanie złomu). W niektórych przypadkach problemem może być promieniotwórczość przywożonego złomu. Zob. część 2.3.1 [260, Germany 2007].

Pozostałe surowce takie, jak topniki w formie kawałkowej i sproszkowanej, wapno sproszkowane i węgiel, dodatki stopowe, środki odtleniające i tworzywa ogniotrwałe, są zwykle składowane pod przykryciem. Po dostarczeniu, transport ogranicza się do minimum i tam, gdzie jest to możliwe, mogą być wykorzystywane urządzenia odciągowe pyłu. Sproszkowane tworzywa mogą być składowane w szczelnych silosach (wapno powinno być

składowane w stanie suchym) oraz transportowane pneumatycznie lub magazynowane i transportowane w szczelnych workach.

8.1.2 Podgrzewanie złomu

W minionych latach coraz więcej istniejących i nowych elektrycznych pieców łukowych wyposaża się w układ do podgrzewania złomu wykorzystujący gaz odlotowy w celu odzyskiwania energii. Podgrzewanie złomu z powodzeniem stosuje się w ponad 40 krajach, w których koszty elektryczności są wysokie, na przykład w Japonii. Takie podgrzewanie przeprowadza się w koszach zasypowych do złomu lub w szybie zasypowym (szyb pieca) dodanym do elektrycznego pieca łukowego lub w specjalnie zaprojektowanych systemach do podawania złomu, które pozwalają na ciągłe ładowanie podczas procesu wytapiania (np. procesy CONSTEEL lub ESC). W niektórych przypadkach proces podgrzewania wiąże się nawet z dodatkową energią ze źródeł kopalnych [373, Eurofer 2007].

Technologia szybowa została opracowana w kilku etapach. W 1988 roku Fuchs System Technik GmbH, obecnie SIMETAL, rozpoczął modernizację w celu rozwiązania problemu braku podgrzewaczy złomu w formie koszy i wybrał rozwiązanie polegające na bezpośrednim ładowaniu złomu do szybu, który umieszczono na dachu elektrycznego pieca łukowego. W ramach pieca z pojedynczym szybem co najmniej 50% złomu można podgrzać [125, Smith 1992].

Kolejną modyfikacją jest piec z podwójnym szybem, który składa się z dwóch identycznych pieców z szybami (układ dwukadłubowy), które znajdują się przy sobie i obsługiwane są przez jeden zestaw ramion elektrod. Złom jest częściowo podgrzewany za pomocą gazu odlotowego i częściowo przez boczne przyścienne palniki.

Bardzo efektywnym modelem pieca z szybem jest piec z szybem palcowym. Model pieca z szybem palcowym wykorzystuje unikalny system zabezpieczania złomu z dźwigniami, które umożliwiają podgrzanie 100% ilości złomu [162, Voss-Spilker i in 1996]. Pierwszy kosz jest podgrzewany podczas rafinacji poprzedniego wytopu, a drugi podczas spustu pierwszego wytopu. W 1994 roku pierwszy piec z szybem palcowym zaczął funkcjonować w Hylsa w Monterrey, w Meksyku. Poprzez wykorzystanie gazów odlotowych z pieca podczas cyklu grzania, złom może zostać podgrzany do temperatury około 800°C przed ostatecznym etapem wytapiania w kadzi pieca. Oznacza to istotne oszczędności pod względem energii i kosztów, przy znacznym zmniejszeniu okresu „od spustu do spustu” (ang. *tap-to-tap*).

Najnowsza modernizacja procesu podgrzewania złomu to technologia COSS, która łączy w sobie korzyści płynące z systemów SHAFT – wstępnego podgrzewania złomu do wysokiej temperatury – z korzyściami płynącymi z procesu CONSTEEL – ciągłego ładowania złomu. [364, Fuchs, G. 2008]

8.1.3 Ładowanie pieca

Złom jest zwykle ładowany do koszy razem z wapnem lub dolomitem, który jest stosowany jako topnik w celu wytworzenia żużlu. Materiały zawierające węgiel są także ładowane na potrzeby procesów metalurgicznych, jakie mają zajść w piecu. W niektórych zakładach ładuje się także węgiel kawałkowy w celu dostosowania zawartości węgla. Choć jak dotąd nie zostało to potwierdzone pomiarami emisji, może to prowadzić do znaczących emisji benzenu (jak również toluenu i ksylenów). Elektrody pieca są podnoszone do górnego położenia, a sklepienie jest następnie odsuwane od pieca w celu jego załadowania. Zwykle przy pierwszym koszu złomowym ładuje się na początku około 50-60% złomu. Następnie sklepienie jest zamykane, a elektrody obniżane są do poziomu złomu. W odległości 200-300 mm powyżej złomu elektrody wywołują łuk elektryczny. Po wykonaniu pierwszego wytopu pozostały złom jest dodawany z drugiego lub trzeciego kosza [260, Germany 2007][273, Eurofer 2007][373, Eurofer 2007].

Ilość złomu ładowanego do elektrycznego pieca łukowego jest wprost proporcjonalna do rozmiarów pieca. Przykładowo do elektrycznego pieca łukowego o średnicy 6,7 m ładuje się około 60 ton złomu [260, Germany 2007][273, Eurofer 2007].

Dostępny układ jest znany jako piec szybowy, który pozwala na wstępne podgrzanie części złomu poprzez jego ładowanie za pomocą pionowego szybu połączonego ze sklepieniem pieca i w ten sposób uniknięcie otwierania się sklepienia pieca w trakcie procesu wytapiania. Złom znajdujący się w szybie jest podgrzewany przez gorące gazy z pieca [373, Eurofer 2007].

Inny nowy system ładowania przyjęty przez niektórych operatorów to proces Consteel, w ramach którego złom jest ładowany w sposób ciągły poprzez układ poziomego przenośnika do elektrycznego pieca łukowego. Pozwala to na podgrzewanie złomu przez gazy odlotowe z pieca unoszące się w przeciwnym kierunku.

8.1.4 Wytapianie i rafinacja w elektrycznym piecu łukowym

Podczas wstępnego okresu wytapiania doprowadzana moc jest utrzymywana na niskim poziomie, co zapobiega uszkodzeniu ścian pieca w wyniku promieniowania, a równocześnie pozwala, by elektrody zagłębiały się w złom. Gdy elektrody zostaną osłonięte przez otaczający złom, energia może być zwiększona w celu dokończenia procesu wytapiania. W początkowych stadiach wytapiania coraz częściej stosowane są wspomagające lance tlenowe lub palniki tlenowo-paliwowe. Paliwa obejmują gaz ziemny i olej opałowy. Ponadto tlen może być doprowadzany do stali ciekłej przez specjalne dysze w górnej lub bocznej ścianie elektrycznego pieca łukowego.

W ciągu ostatnich 30 lat tlen znajdował coraz szersze uznanie w wytwarzaniu stali elektrycznej nie tylko z przyczyn metalurgicznych, ale również z powodu wzrastających wymagań dotyczących zdolności produkcyjnych. Tlen wykorzystuje się do licznych celów:

- połączone wprowadzanie tlenu i granulowanego węgla pozwala na wytworzenie spienionego żużłu dzięki wytworzeniu pęcherzyków z CO. Technika „spienionego żużłu”, która jest obecnie powszechnie stosowana w węglowym wytapianiu stali, zwiększa ochronę ścian pieca przed promieniowaniem łuku i pozwala na lepszy transfer energii z łuku do kąpielii stalowniczej [260, Germany 2007].
- w kontekście procesów metalurgicznych tlen wykorzystuje się do odwęglania roztopionego materiału lub usuwania innych niepożądanych elementów, na przykład fosforu i krzemu.
- tlen jest również wprowadzany do górnej części pieca po procesie spalania w celu doprowadzenia do reakcji z CO i węglowodorami, zanim gazy odlotowe opuszczą piec, aby zatrzymać możliwie jak najwięcej ciepła wygenerowanego w ramach reakcji egzotermicznych w piecu [373, Eurofer 2007].

Wprowadzanie tlenu skutkuje większą ilością gazów i spalin wydostających się z pieca. Tworzą się gazy w postaci CO i CO₂, niezwykle drobne cząstki tlenku żelaza oraz inne produkty w postaci dymu. W przypadku etapu po spalaniu zawartość CO jest poniżej 0,5 -% obj.[373, Eurofer 2007].

Do materiału stopionego można wprowadzać argon lub inne gazy obojętne, aby zapewnić wymieszanie roztworów i odpowiednią temperaturę. Dzięki tej technice zachowuje się również lepszą równowagę stosunku żużłu do metalu.

Dym i gazy wytworzone na skutek procesu wytapiania przetwarza się w zakładzie oczyszczania gazów odlotowych, na który składają się urządzenia do gromadzenia i oczyszczania gazów w celu zredukowania emisji substancji zanieczyszczających.

8.1.5 Spust stali i żużłu

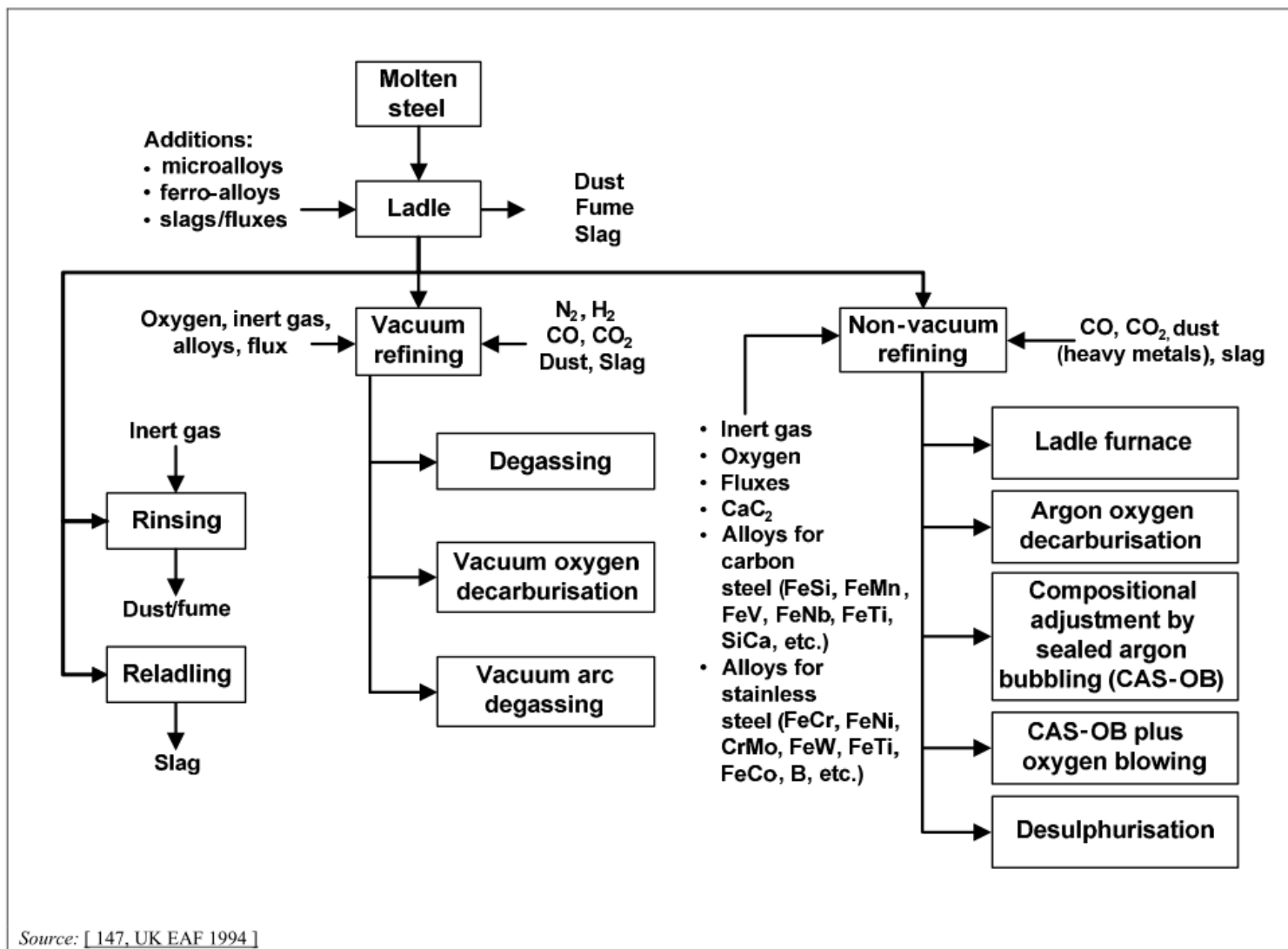
Konieczne może być usuwanie żużłu podczas nagrzewania i utleniania w końcowym etapie wytopu przed spustem. Piec jest obracany w kierunku okna żużlowego, przez który żużel

odpływa lub jest zgarniany do kadzi żuźlowych lub spuszczaany na ziemię poniżej pieca, co powoduje powstawanie pyłu i dymu. W przypadku stali specjalnej, głównie stali stopowej, ze względów metalurgicznych, żużel jest wprowadzany wraz ze stalą ciekłą do piecokadzi. Większość żużlu oddziela się od stali na etapie odżuźlowania, przenosząc żużel do specjalnego pojemnika. Dym wytwarzany w takim pojemniku powinien zostać wyłapany przez system wyciągowy.

8.1.6 Rafinacja pozapiecowa

Stal węglowa

Rafinacja pozapiecowa dotyczy stopionej stali po spuszczeniu pierwotnej stali wytwarzanej w piecu do punktu odlewania. Procesy te następują zwykle w stanowiskach obróbki cieplnej w kadzi, a stopiona stal pozostaje wtedy w kadzi. Stanowiska te zwykle składają się z zespołu nagrzewania łukowego (piecokadzi), który pozwala na dostosowanie ostatecznej temperatury stali ciekłej przed odlewaniem. Proces ten obejmuje dodawanie czynników odtleniających oraz pierwiastków stopowych w celu dostosowania składu chemicznego końcowej stali. W niektórych przypadkach stosuje się systemy próżniowe w celu osiągnięcia specjalnych wymogów dotyczących stężeń takich pierwiastków jak wodór, azot i tlen w stali gotowej. W celu osiągnięcia dobrej homogenizacji gazy obojętne (Ar lub N₂) wprowadza się do kadzi na potrzeby wymieszania. Pozostałe mniejsze stacje opierają się na gazie obojętnym lub urządzeniu do wtryskiwania proszku. Rysunek 8.4 przedstawia schemat blokowy z uwzględnieniem różnych możliwych obróbek w ramach rafinacji pozapiecowej. W zależności od rodzaju produkowanej stali stosuje się jeden lub więcej rodzajów takich procesów. Niektóre z tych procesów stosuje się w odniesieniu do stali, kiedy stal znajduje się w kadzi, inne wymagają oddzielnego zbiornika procesowego. Niektóre procesy przeprowadza się w warunkach próżni, inne za pomocą gazów obojętnych [373, Eurofer 2007].



EN	PL
Additions	Dodatki

Microalloys	Mikrostopy
Ferro-alloys	Żelazostopy
Slag/fluxes	Żużel/topniki
Molten steel	Stal stopiona
Ladle	Kadź
Dust	Pył
Fume	Dym
Slag	Żużel
Oxygen, inert gas, alloys, flux	Tlen, gaz obojętny, stopy, topnik
Vacuum refining	Rafinacja próżniowa
N ₂ , H ₂ , CO, CO ₂ , Dust, Slag	N ₂ , H ₂ , CO, CO ₂ , pył, żużel
Non-vacuum refining	Rafinacja niepróżniowa
CO, CO ₂ , dust (heavy metals), slag	CO, CO ₂ , pył (metale ciężkie), żużel
Inert gas	Gaz obojętny
Rinsing	Płukanie
Dust/Fume	Pył/Dym
Reladling	Przelewanie ponownie do kadzi
Slag	Żużel
Degassing	Odgazowanie
Vacuum oxygen decarburisation	Odwęglanie tlenowo-próżniowe
Vacuum arc degassing	Próżniowe usuwanie gazów z zastosowaniem nagrzewania łukiem elektrycznym
Inert gas	Gaz obojętny
Oxygen	Tlen
Fluxes	Topniki
CaC ₂	CaC ₂
Alloys for carbon steel (FeSi, FeMn, FeV, FeNb, FeTi, SiCa, etc.)	Stopy do stali węglowej (FeSi, FeMn, FeV, FeNb, FeTi, SiCa itp.)
Alloys for stainless steel (FeCr, FeNi, CrMo, FeW, FeTi, FeCo, B, etc.)	Stopy do stali nierdzewnej (FeCr, FeNi, CrMo, FeW, FeTi, FeCo, B itp.)
Ladle furnace	Piecokadź

Argon oxygen decarburisation	Odwęglanie w argonie i tlenie
Compositional adjustment by sealed argon bubbling (CAS-OB)	Metoda regulacji składu poprzez mieszanie argonowe w układzie zamkniętym (CAS-OB)
CAS-OB plus oxygen blowing	CAS-OB plus odświeżanie tlenem
Desulphurisation	Odsiarczanie
Source: [147 UK EAF 1994]	Źródło: [147, UK EAF 1994]

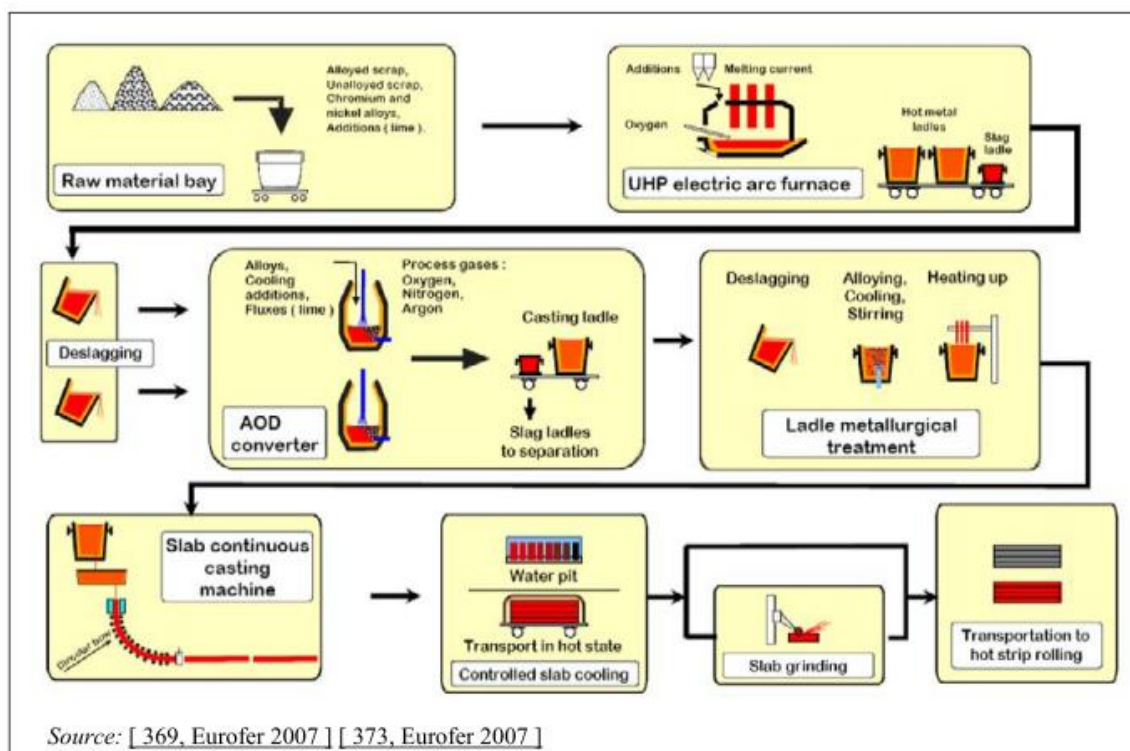
Rysunek 8.4: Schemat blokowy możliwych procesów w ramach rafinacji pozapiecowej/w kadzi dla różnych rodzajów stali (stal węglowa, stal nierdzewna, stal wysokostopowa)

W przypadku produkcji stali ołowiowej, gazy odlotowe zawierające ołów muszą zostać poddane specjalnej obróbce (zob. informacje dotyczące rafinacji pozapiecowej w ramach produkcji stali za pomocą zasadowego konwertera tlenowego, część 7.3.2.3).

Stal nierdzewna

Rafinacja pozapiecowa stali nierdzewnej może zostać przeprowadzona w warunkach próżni w kadzi (proces VOD – odwęglanie próżniowo-tlenowe) lub w osobnym zbiorniku metalurgicznym nazywanym konwerterem AOD (odwęglanie w argonie i tlenie), a następnie poddana obróbce w kadzi. W zależności od klasy stali, jaka ma zostać wyprodukowana, niektórzy producenci stosują połączenie procesów odwęglania próżniowo-tlenowego i odwęglania w argonie i tlenie [373, Eurofer 2007].

Na rysunku 8.5 przedstawiono schemat procesów w zakładzie wytapiania stali nierdzewnej z konwerterem AOD.



EN	PL
Raw material bay	Miejsce składowania surowców
Deslagging	Oddzielanie żużłu
Alloyed scrap, unalloyed scrap, chromium and nickel alloys, Additions (lime)	Złom stopowy, złom bez domieszek, stopy chromu i niklu, dodatki (wapno)
Additions	Dodatki
Melting current	Prąd wytapiania
Oxygen	Tlen
UHP Electric arc furnace	Elektryczny piec łukowy o bardzo dużej mocy pracy
Hot metal ladles	Kadzie do gorących metali
Slag ladle	Kadź z żużłem
Alloys, cooling additions, fluxes (lime)	Stopy, czynniki chłodzące, topniki (wapno)
Process gases: oxygen, nitrogen, argon	Gazy procesowe: tlen, azot, argon
Casting ladle	Kadź do odlewania
AOD converter	Konwerter AOD
Slag ladles to separation	Kadzie do oddzielania żużłu

Deslagging	Oddzielanie żużłu
Alloying, Cooling, Stirring	Stapianie, chłodzenie, mieszanie
Heating up	Podgrzewanie
Ladle metallurgical treatment	Obróbka metalurgiczna w kadzi
Slab continuous casting machine	Urządzenie do odlewania ciągłego kęsisk
Water pit	Zbiornik z wodą
Transport in hot state	Transport w stanie gorącym
Controlled slab cooling	Kontrolowane chłodzenie kęsisk
Slab grinding	Mielenie kęsisk
Transportation to hot strip cooling	Transport do miejsca chłodzenia gorących blach
Circular bow	Łuk zaokrąglony
Source: [369, Eurofer 2007] [373, Eurofer 2007]	Źródło: [369, Eurofer 2007] [373, Eurofer 2007]

Rysunek 8.5: Przepływ materiałów w zakładzie wytopiania stali nierdzewnej z konwerterem do odwęglania w argonie i w tlenie

Stal stopowa

Rafinacja pozapiecowa stali stopowej, która zawiera (oprócz węgla) znaczne ilości pierwiastków stopowych, ale nie zalicza się do kategorii stali nierdzewnej, obejmuje głównie obróbkę w piecokadzi oraz, jeśli jest to wymagane, w warunkach próżniowych, w zależności od klasy produkowanej stali.

Podczas większości procesów w ramach rafinacji pozapiecowej żużel wykorzystuje się do wychwytywania związków niemetalicznych wytwarzanych podczas obróbki [373, Eurofer 2007].

8.1.7 Transport i obróbka żużłu

Jeśli w elektrycznym piecu łukowym (lub też w zakładach rafinacji pozapiecowej, stosujących takie techniki jak AOD lub VOD) żużel zbiera się w zbiorniku żużlowym, konieczne jest przeniesienie żużłu poza zbiornik w celu jego zestalenia. Proces chłodzenia żużłu można usprawnić za pomocą zraszaczy z wodą. W niektórych zakładach obróbkę żużłu przeprowadza się podczas etapu płynnego w celu poprawienia jakości żużłu oraz jego stabilności wymiarowej, poprzez dodawanie krzemionki, tlenku glinu, boru (kolemanitu lub boran sodu) oraz sprawdzanie czasu chłodzenia. W innych zakładach żużel pochodzący z różnych procesów miesza się w ramach etapu płynnego, aby był bardziej odpowiedni do dalszej obróbki.

Jeśli żużel jest wylewany na podłoże, jest wstępnie kruszony po zestaleniu za pomocą koparek lub ładowarek, a następnie przewożony na składowisko poza zakładem.

Po pewnym okresie czasu żużel jest poddawany obróbce za pomocą urządzeń do kruszenia i przesiewania, aby nadać mu pożądaną konsystencję konieczną do jego dalszego wykorzystania w budownictwie. W czasie tej czynności wszelkie metaliczne cząstki zawarte w żużlu oddziela się magnetycznie, ręcznie lub poprzez przekopywanie, kruszenie i przesiewanie, aby później wykorzystać je ponownie w procesie produkcji stali. Odzyskiwanie metali z żużłu jest szczególnie skrupulatnym procesem w przypadku metali o wysokiej wartości handlowej. Łamanie żużłu i odzyskiwanie metalu może powodować emisję pyłu [373, Eurofer 2007].

Czasami do ochłodzenia żużłu podczas spustu żużłu stosuje się wodę, co poprawia mikrostrukturę i przyczynia się do osiągnięcia lepszych właściwości mechanicznych. „Czarny żużel z pieców elektrycznych” przetwarza się w celu uzyskania materiału do

budowy ulic i dróg, a „biały żużel” z otwartych zbiorników może zostać wykorzystany jako nawóz wapniowy [260, Germany 2007][273, Eurofer 2007].

8.1.8 Odlewanie stali

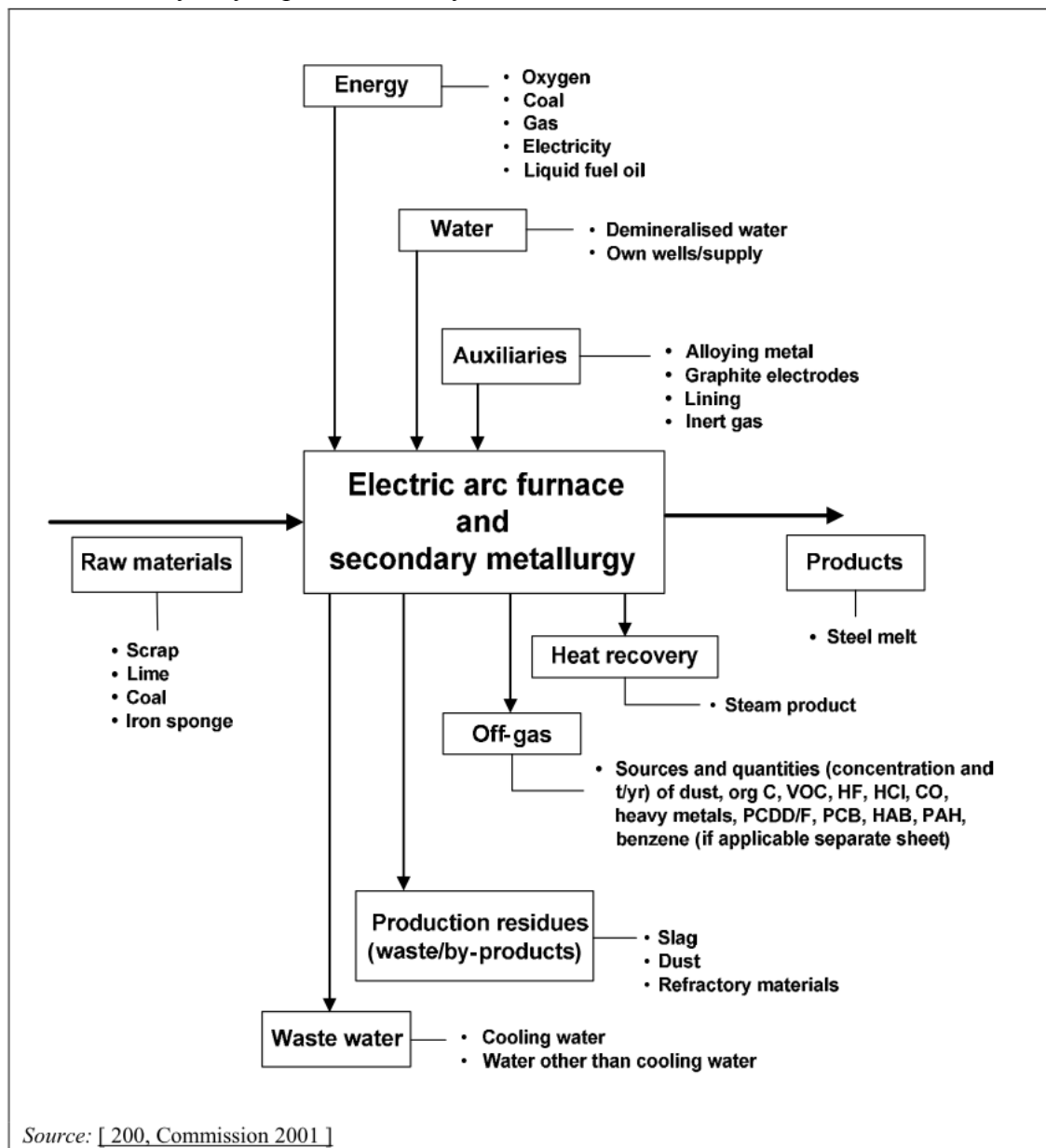
Na potrzeby kontrolowanego utwardzenia stali z elektrycznego pieca łukowego stosuje się zasadniczo te same techniki co w przypadku stali z zasadowego konwertora tlenowego. Zastosowanie znajdują tu opisy zawarte w części 7.1.5.

Choć istnieje ogólna tendencja do zastępowania odlewania z użyciem bloków stali poprzez odlewanie ciągłe, odlewanie za pomocą bloków stali nadal stosuje się w przypadku niektórych rodzajów stali produkowanych w zakładach produkcji stali z użyciem elektrycznego pieca łukowego.

8.2 Aktualne zużycie i wielkości emisji

8.2.1 Przegląd przepływu masy oraz dane wejściowe/wyjściowe

Rysunek 8.6 przedstawia przegląd wejściowego i wyjściowego strumienia masy elektrycznego pieca łukowego. Schemat ten może być wykorzystany przy zbieraniu danych na temat elektrycznych pieców łukowych.



EN	PL
Energy	Energia
Water	Woda
Auxiliaries	Dodatki
Oxygen	Tlen
Coal	Węgiel
Gas	Gaz
Electricity	Energia elektryczna
Liquid fuel oil	Ciekły olej opałowy

Demineralised water	Woda demineralizowana
Own wells/supply	Własna studnia/zasilanie
Alloying metal	Metal stopowy
Graphite electrodes	Elektrody grafitowe
Lining	Wymurówka
Inert gas	Gaz obojętny
Electric arc furnace and secondary metallurgy	Elektryczny piec łukowy i rafinacja poza piecowa
Raw materials	Surowce
Products	Produkty
Steel melt	Stal stopiona
Scrap	Złom
Lime	Wapno
Coal	Węgiel
Iron sponge	Żelazo gąbczaste
Heat recovery	Odzysk ciepła
Off-gas	Gazy odlotowe
Steam product	Produkcja pary
Sources and quantities (concentration and t/yr), of dust, org C, VOC, HF, HCl, CO, heavy metals, PCDD/F, PCB, PAH, HAB, benzen (if applicable separate sheet)	Źródła i ilości (koncentracja i t/rok) pyłu, węgla organicznego, LZO, HF, HCl, CO, metali ciężkich, PCDD/F, PCB, WWA, HAB, benzenu (w stosownych przypadkach, osobna karta)
Production residues (waste/by-products)	Pozostałości produkcyjne (odpady/produkty uboczne)
Slag	Żużel
Dust	Pył
Refractory materials	Materiały ogniotrwałe
Waste water	Woda odpadowa
Cooling water	Woda chłodząca
Water other than cooling water	Woda inna niż woda chłodząca
Source: [200, Commission 2001]	Źródło: [200, Commission 2001]

Rysunek 8.6: Przegląd strumienia masy elektrycznego pieca łukowego

Obliczono jednostkowe współczynniki wejściowe oraz jednostkowe współczynniki emisji dla elektrycznych pieców łukowych. Takie współczynniki przedstawiono w tabeli 8.1. Dane otrzymano ze źródeł wskazanych w przypisach do tabeli.

Tabela 8.1: Dane wejściowe/wyjściowe dotyczące elektrycznych pieców łukowych działających na terenie UE

Wejście			Wyjście		
Surowce			Produkty		
Metale: Złom Surówka Płynny gorący metal ⁽¹⁾ Żelazo bezpośredni o redukowane (gorący brykiet żelaza)	kg/t LS kg/t LS kg/t LS kg/t LS	1039 – 1232 0-153 0-215	stal ciekła (LS)	kg	1 000
			Emisje do powietrza		
			Przepływ gazów odlotowych	milion Nm ³ /h	1 - 2
				Nm ³ /t LS	8 000 – 10 000
			Pył	g/t LS	4 - 300
				mg/m ³	0,35 - 52
Wapień / dolomit ⁽²⁾	kg/t LS	25 - 140	Hg	mg/t LS	2 - 200
Węgiel (w tym antracyt i koks)	kg/t LS	3 - 28	Pb	mg/t LS	75 - 2 850
Elektrody grafitowe	kg/t LS	2 - 6	Cr	mg/t LS	12 - 2 800
Wymurówk a ognioodpor na	kg/t LS	4 - 60	Ni	mg/t LS	3 - 2 000
Stopy: Stal węglowa Stal wysokostop owa i stal nierdzewna	kg/t LS	11 – 40	Zn	mg/t LS	200 – 24 000
	kg/t LS	23 - 363	Cd	mg/t LS	1 - 148
			Cu	mg/t LS	11 - 510
			HF	mg/t LS	0,04 - 15 000
			HCl	mg/t LS	800 – 35 250
			SO ₂	g/t LS	5 - 210
			NO _x	g/t LS	13 - 460
			CO	g/t LS	50 – 4 500
			CO ₂	kg/t LS	72 - 180
			całkowity węgiel organiczny	g C/t LS	35 - 260
			benzen	mg/t LS	30 – 4 400
			Chlorobenzen y	mg/t LS	0,2 - 12
			wielopierście niowe węglowodory aromatyczne ⁽⁴⁾	mg/t LS	9 - 970
Gazy					
tlen	m ³ /t LS	5 - 65			
argon	m ³ /t LS	0,3 – 1,45			
azot	m ³ /t LS	0,8 - 12			
para wodna ³⁾ :	kg/t LS	33 - 360			

			polichlorowane bifenyle ⁽⁵⁾	mg/t LS	0,01 - 5
Energia			polichlorowane dibenzo-p-dioksyny / dibenzofurany	µg I-TEQ/t LS	0,04 - 6
Energia elektryczna	kWh/t LS MJ/t LS	404 – 748 1 454 – 2 693	Pozostałości produkcyjne (odpady/produkty uboczne)		
Paliwa (gaz ziemny i paliwa ciekłe)	MJ/t LS	50 – 1 500	Żużel z pieca	kg/t LS	60 - 270
			Żużel z kadzi	kg/t LS	10 - 80
			Pyły	kg/t LS	10 - 30
Woda	m ³ /t LS	1 – 42,8	Odpady ogniodopusne	kg/t LS	1,6 – 22,8
			Hałas	dB (A)	90 - 133
<p>(1) Gorący metal jest wykorzystywany jedynie w kilku szczególnych przypadkach (około 275 kg/t stali ciekłej), a wtedy ilość złomu jest mniejsza.</p> <p>(2) Zazwyczaj stosuje się wapień, oprócz kilku przypadków, w których stosuje się dolomit lub połączenie dolomitu i wapienia (np. przy stosunku wagowym 63/37).</p> <p>(3) Zasadniczo w produkcji stali w elektrycznych piecach łukowych nie stosuje się pary wodnej, oprócz zakładów, w których stosuje się rafinację pozapieczową w warunkach próżniowych.</p> <p>(4) Brak spójnej bazy danych, niektóre wyniki dotyczą wszystkich 16 EPA WWA, inne tylko części z nich.</p> <p>(5) Brak spójnej bazy danych, wartości dotyczą różnych polichlorowanych bifenyli (2 z nich dotyczą wymienionego powyżej Ballschmitter PCB, 3 odnoszą się do równoważnika toksyczności WHO-TEQ, a kolejne 2 nie zostały oznaczone).</p> <p>Uwaga: — Niektóre metodologie pomiarowe mogą różnić się znacznie w zależności od kraju i zakładu. Nie wszystkie emitowane substancje były mierzone we wszystkich zakładach. Programy pomiarowe różnią się między sobą znacznie w zależności od wymogów związanych z pozwoleniami.</p> <p>— Dane zebrano na podstawie informacji przedstawionych przez przedsiębiorstwa prowadzące zakłady wytopiania z elektrycznym piecem łukowym (stal węglowa, stal stopowa i stal nierdzewna) produkujące 37,4 Mt stali. Stanowi to niemal 50% całkowitej produkcji stali z wykorzystaniem elektrycznych pieców łukowych w UE w 2004 roku w 11 różnych krajach UE.</p> <p>— LS = stal ciekła (<i>liquid steel</i>).</p> <p>Źródło: [140, Eurofer 2009] [200, Commission 2001] [220, Eurofer 2008] [234, Poland 2007] [367, Prüm i in. 2005] [371, Eurofer 2007] [372, Czech TWG member 2008].</p>					

Zdecydowanie najwięcej żelaza wykorzystywanego w elektrycznych piecach łukowych pochodzi ze złomu. Surówka i żelazo bezpośrednio redukowane stosuje raczej niewielka liczba przedsiębiorstw, zazwyczaj w raczej sporadyczny sposób. W związku z tym trudno jest wskazać reprezentatywne przedziały. Surówka i żelazo bezpośrednio redukowane można wykorzystywać do dostosowania składu pewnych poszczególnych klas stali. W niektórych przypadkach surówka i żelazo bezpośrednio redukowane mogą być stosowane także ze względów ekonomicznych. Gorący brykiet żelaza to zasadniczo gorący brykiet żelaza bezpośrednio redukowanego. Taki gorący brykiet żelaza jest wygodniejszy w transporcie i składowaniu, a także w mniejszym stopniu narażony na utlenianie tlenem atmosferycznym.

Wskaźniki emisji wskazane w tabeli 8.1 przedstawiają wyniki badania. Szerokie przedziały zaobserwowane w przypadku niektórych wskaźników emisji mogą być związane z:

- różnic w efektywności urządzeń związanych z ochroną środowiska,
- różnic w dopuszczalnych wielkości emisji wskazanych przez krajowe lub lokalne organy,
- różnic w jakości pomiarów – ich częstotliwości, precyzji, pobierania próbek, metod laboratoryjnych itp.,
- różnic w materiale wejściowym,
- różnic we właściwościach zakładu,
- rodzaju produkowanej stali (emisje metali),
- efektywności zakładu.

[220, Eurofer 2008] [373, Eurofer 2007]

8.2.2 Kwestie związane z ochroną środowiska w przypadku procesu produkcji stali z użyciem elektrycznych pieców łukowych

Proces produkcji stali za pomocą elektrycznego pieca łukowego jest źródłem przede wszystkim pyłu oraz odpadów/produktów ubocznych w formie stałej. Istotną rolę w tym procesie odgrywa także zużycie energii. W przypadku stosowania technik ograniczania zanieczyszczeń w celu zredukowania emisji występują wzajemne powiązania pomiędzy różnymi komponentami środowiska. Zasadniczo w częściach od 8.2.2.1 do 8.2.2.6 poniżej opisano najważniejsze istotne kwestie związane z procesem produkcji stali z użyciem elektrycznego pieca łukowego.

8.2.2.1 *Emisje do powietrza*

8.2.2.1.1 Zbieranie emisji podstawowych

Główne gazy odlotowe stanowią około 95% całkowitych emisji z elektrycznego pieca łukowego [22, EC EAF 1994]. W większości istniejących zakładów odciąg głównych emisji jest dokonywany poprzez czwarty otwór (w przypadku trzech elektrod, w piecach z prądem zmiennym) (rysunek 8.7) lub poprzez drugi otwór (w przypadku jednej elektrody, w piecach z prądem stałym). Stąd 85-90% całkowitej emisji podczas pełnego cyklu „od spustu do spustu” może być przechwycona [22, EC EAF 1994]. Nadal istnieje kilkanaście zakładów, które nie mają czwartego otworu, a jedynie osłonę; pełną osłonę pieca z odpowiednim systemem odciągu gazów [373, Eurofer 2007].

8.2.2.1.2 Zbieranie emisji wtórnych

Gazy odlotowe są generowane podczas transportu i składowania złomu, ładowania i spustu pieca. Jak również uwalniania gazów następuje z otworów pieca (tj. otworów elektrod i spustów). Są one wychwytywane przez okap odciągowy zazwyczaj umiejscowiony ponad piecem. Takie gazy mogą zawierać wszystkie substancje zanieczyszczające opisane w podstawowych emisjach.

Najnowsze piece często instaluje się wewnątrz budynków z zamkniętą górną częścią oraz wydajnym systemem odciągowym na dachu.

W zależności od rozmiaru budynku i wydajności pieca wskaźnik przepływu w ramach systemu odciągowego może przekraczać 1 mln m³/h [373, Eurofer 2007].

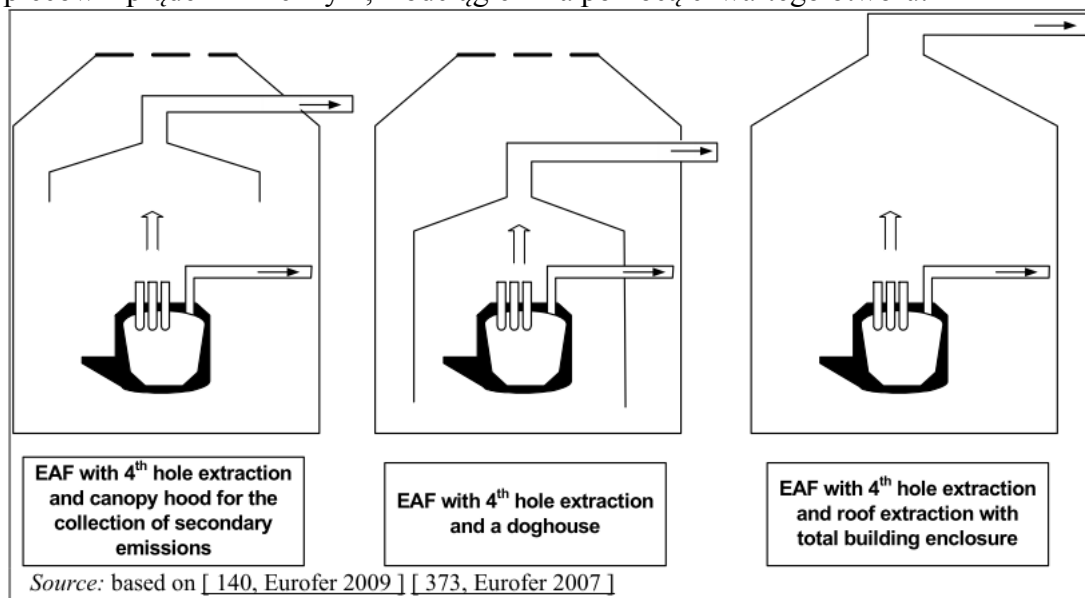
Stosuje się następujące konfiguracje dotyczące wychwytywania gazów:

- elektryczny piec łukowy z systemem odciągowym podstawowych gazów odlotowych w piecu (drugi i czwarty otwór) oraz okap odciągowy do wychwytywania przepływu gazów pobocznych, zainstalowany w budynku z częściowo otwartym dachem,
- elektryczny piec łukowy z systemem odciągowym podstawowych gazów odlotowych w piecu (drugi i czwarty otwór) z osłoną wychwytyjącą wszystkie gazy odlotowe z pieca

w ramach jednego systemu wylotowego, zainstalowany w budynku z częściowo otwartym dachem,

- elektryczny piec łukowy z systemem odciągowym podstawowych gazów odlotowych w piecu (drugi i czwarty otwór), zainstalowany w budynku z pełnym dachem, który wychwytuje przepływ gazów pobocznych,
- w niektórych instalacjach, wyłącznie odciąg przez drugi i czwarty otwór.

Na rysunku 8.7 przedstawiono trzy rodzaje systemów wychwytywania gazów odlotowych dla pieców z prądem zmiennym, z odciąganiem za pomocą czwartego otworu.



EN	PL
EAF with 4th hole extraction and canopy hood for the collection of secondary emissions	elektryczny piec łukowy z 4-tym otworem i okapem do zbierania emisji wtórnych
EAF with 4th hole extraction and a doghouse	elektryczny piec łukowy z 4-tym otworem i systemem odciągowym
EAF with 4th hole extraction and roof extraction with total building enclosure	elektryczny piec łukowy z 4-tym otworem i systemem dachowym w pełni osłoniętym budynku
<ul style="list-style-type: none"> • Source: based on [140, Eurofer, 2009] [373, Eurofer, 2007] 	<ul style="list-style-type: none"> • Źródło: na podstawie [140, Eurofer, 2009] [373, Eurofer, 2007]

Rysunek 8.7: Systemy wychwytywania w elektrycznych piecach łukowych

Osłona może zostać uwzględniona w różnych projektach. Istnieją duże osłony, gdzie ramię ładujące wchodzi pod (lub prawie pod) górną część osłony, którą zamyka się podczas ładowania i która działa jak okap. Innego rodzaju osłony są niewielkie i całkowicie otwarte podczas ładowania. W takim przypadku dodatkowy okap jest konieczny, by wychwycić chmury ulatniające się podczas ładowania.

Jeżeli obróbka pozapiecowa jest wykonywana w tym samym budynku, w którym znajduje się elektryczny piec łukowy, mogą być zbierane również emisje pochodzące z tej obróbki, za pomocą okapów odciągowych i systemów dachowych [373, Eurofer 2007].

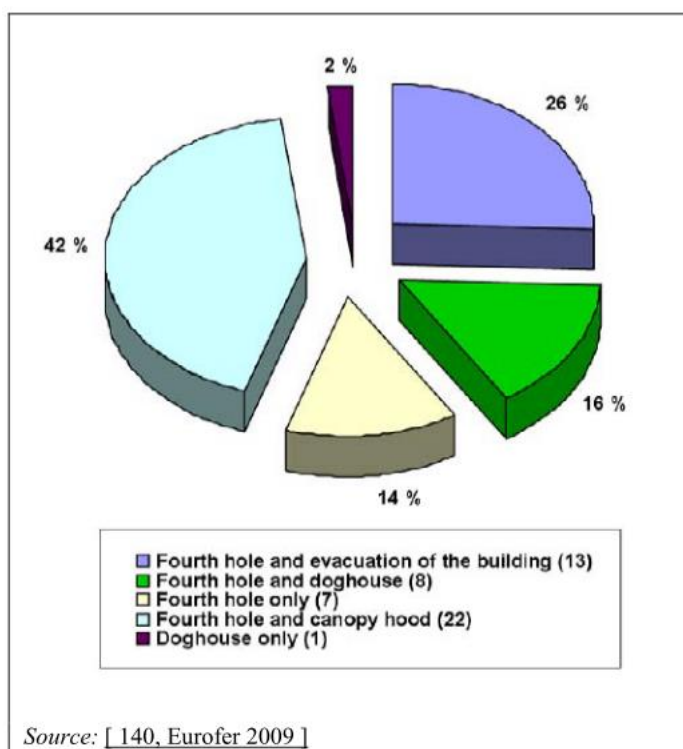
Tabela 8.2 przedstawia zbiorczo jakościowe wyznaczniki skuteczności odbierania emisji przy głównych operacjach wytwarzania stali w elektrycznych piecach łukowych.

Tabela 8.2: Systemy odbioru emisji z elektrostalowni pracujących na bazie elektrycznych pieców łukowych

Źródła emisji	Ładowanie	Wytapianie (w elektrycznym piecu łukowym)	Spust	Obróbka pozapiecowa ⁽¹⁾	Ciągle odlewanie ⁽¹⁾
czwarty otwór	Nie	Tak	Nie	tak, gdy jest również wyposażony w takie urządzenie	b.d.
Okap	Tak, częściowo	Tak	Tak, częściowo	tak, gdy jest również wyposażony w takie urządzenie	tak, gdy jest również wyposażony w takie urządzenie
Oślona	jedynie, gdy jest zamknięty ⁽²⁾	Tak	Tak	tak, gdy jest również wyposażony w takie urządzenie	b.d.
Całkowite oczyszczanie powietrza z budynku	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak

⁽¹⁾ gdy znajduje się w tym samym budynku
⁽²⁾ Zazwyczaj osłony nie są zamykane podczas ładowania, ponieważ utrudniają dostęp do elektrycznego pieca łukowego.
 Uwaga: b.d. = brak danych
 Źródło: [22, EC EAF 1994][373, Eurofer 2007].

Rysunek 8.8 przedstawia procentowy udział układów odbioru emisji stosowanych w próbie 51 elektrycznych pieców łukowych działających w UE. Odbiór emisji podstawowych za pomocą czwartego otworu na sklepieniu pieca jest właściwie powszechny. Spora część zakładów posiada albo okapy, albo całkowite zamknięcie budynku. Niektóre zakłady nadal działają, stosując wyłącznie odciąg za pomocą czwartego otworu.



EN	PL
Fourth hole and evacuation of the building (13)	Czwarty otwór i całkowite oczyszczanie powietrza z budynku (13)
Fourth hole and doghouse (8)	Czwarty otwór i osłona (8)
Fourth hole only (7)	Wyłącznie czwarty otwór (7)
Fourth hole and canopy hood (22)	Czwarty otwór i okap (22)
Doghouse only (1)	Wyłącznie osłona (1)
Source: [140, Eurofer, 2009]	Źródło: [140, Eurofer, 2009]

Rysunek 8.8: Procentowy udział systemów odbioru pyłu w 51 elektrycznych piecach łukowych działających w UE

W odniesieniu do mikrozanieczyszczeń, takich jak związki chloroorganiczne, zwłaszcza polichlorowane dibenzo-p-dioksyny / dibenzofurany, zanieczyszczenie gazów pobocznych (głównie wycieki z elektrycznego pieca łukowego) wlicza się do ogólnych wielkości emisji. Aby zminimalizować całkowite emisje polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn / dibenzofuranów, należy uwzględnić również emisje wtórne, tym samym podkreślając zapotrzebowanie na całkowite oczyszczanie powietrza z budynku.

8.2.2.1.3 Emisje podstawowe i emisje wtórne oraz ich oczyszczanie

Gazy odlotowe zbierane w ramach głównych i dodatkowych systemów elektrycznego pieca łukowego zawierają pył, metale, azot i tlenki siarki, a także materię organiczną (np. lotne związki organiczne, polichlorowane bifenylole, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne oraz polichlorowane dibenzo-p-dioksyny / dibenzofurany). Emisje materii organicznej zależą głównie od jakości złomu. Złom może zawierać farby, oleje i inne substancje organiczne [367, Prüm i in. 2005].

Informacje dotyczące emisji wtórnych są ograniczone. Podczas ładowania elektrycznego pieca łukowego zazwyczaj emitowane jest 0,3-1 kg pyłu/t płynnej stali, a podczas spustu 0,2-0,3 kg pyłu/t płynnej stali (emisje przed procesem ograniczania zanieczyszczenia) [22, EC EAF 1994]. W odniesieniu do wycieków chmur podczas działania elektrycznego pieca

łukowego odnotowuje się wskaźniki emisji pomiędzy 0,5 a 2 kg pyłu/t stali ciekłej [30, Roederer i in. 1996].

Wskaźniki emisji, przedstawione jako suma wymienionych powyżej trzech źródeł (ładowanie, spust, wyciek chmur), wahają się pomiędzy 1,4 a 3 kg pyłu/t stali ciekłej przed zastosowaniem procesu ograniczenia zanieczyszczenia [30, Roederer i in. 1996]. Można to potraktować jako potwierdzenie, że emisje główne są około dziesięć razy większe niż emisje wtórne.

Oczyszczanie różnych przepływów gazów odlotowych (tj. emisji głównych i wtórnych) zasadniczo wykonuje się w tym samym urządzeniu, zazwyczaj w filtrach workowych [373, Eurofer 2007]. Jedynie w kilku przypadkach stosuje się filtry elektrostatyczne i płuczki.

W tabeli 8.3 pokazano przykłady osiągniętych koncentracji emisji do powietrza z procesów zachodzących w elektrycznym piecu łukowym, po przeprowadzeniu ograniczenia zanieczyszczenia za pomocą filtrów workowych lub filtru elektrostatycznego.

Tabela 8.3: Koncentracje emisji do powietrza z procesów zachodzących w elektrycznym piecu łukowym po przeprowadzeniu ograniczenia zanieczyszczenia

Parametr		Filtr workowy	Filtr elektrostatyczny ⁽¹⁾	Jednostka
Pył		0,35 – 3,4	1,8	mg/Nm ³
CO		88 - 256		mg/Nm ³
NO _x		0,97 - 70		mg/Nm ³
SO _x		8-17		mg/Nm ³
Metale:	Hg	0,016 – 0,019	<0,0003	mg/Nm ³
	Całkowite (w tym: Sb, Pb, Cr, CN, F, Cu, Mn, V, Se, Te, Ni, Co, Sn)	0,006 – 0,022	0,01 – 0,07	mg/Nm ³
	Cr (z wyjątkiem Cr (VI))	0,013		
	Mn	0,036		
	Ni	0,003		
WWA		<0,00001	<0,001	mg/Nm ³
polichlorowane dibenzo-p-dioksyny / dibenzofurany		0,0015 – 0,1 ⁽²⁾		ng/Nm ³
HF		0,085 – 0,2		mg/Nm ³
HCl		3 – 5,4		mg/Nm ³
Cl ₂		<3		mg/Nm ³
⁽¹⁾ Wartości dotyczą jednego niemieckiego zakładu produkcji stali nierdzewnej. ⁽²⁾ Górne granice zakresów dotyczą pomiarów przeprowadzonych w 1997 r. Uwaga: — Wartości przedstawiają średnie wartości roczne i dotyczą centralnego systemu odpylania. — WWA zawierają benzo(a)piren oraz dibenzo(a,h)antracen.				
Źródło: [244, Plickert 2007][277, Wiesenberger 2007].				

Pył

Gazy odlotowe zawierają 10-30 kg pyłu/t ciekłej stali węglowej lub stali niskostopowej oraz 10-18 kg pyłu/t w przypadku stali wysokostopowej. W przypadku stali nierdzewnej produkowanej z wykorzystaniem elektrycznych pieców łukowych, maksymalna wartość dla wytwarzania pyłu to 30 kg/t. Przy zastosowaniu konwertera na bazie odwęglania w argonie i

tlenie, gazy odlotowe (i z pieca, i z konwertera) zawierają 10-46 kg/t ciekłej stali stopowej. Skład pyłu można określić na podstawie analizy pyłu oddzielonego z gazu odlotowego w filtrach workowych lub filtrach elektrostatycznych (zob. tabela 8.10). Większość metali ciężkich jest zasadniczo powiązana z pyłem i jest w dużej mierze usuwana z gazu odlotowego wraz z procesem ograniczania zanieczyszczeń. Te metale ciężkie, które występują w fazie gazowej, np. rtęć, nie zostają wyeliminowane poprzez filtrowanie lub filtr elektrostatyczny [373, Eurofer 2007].

Zakres wskaźników emisji pyłu po obniżeniu zanieczyszczeń można zaobserwować w tabeli 8.1. Około 96% pyłu to cząstki stałe PM₁₀ [83, Ehrlich, C. et al 2007][288, IA 2006]. Zakres jest wyjątkowo szeroki (trzy skale wielkości), co wskazuje na dużą różnicę w skuteczności przechwytywania i obniżania emisji. W kategoriach stężeń, emisje wynoszą pomiędzy 0,5-50 mg pyłu/Nm³ (w większości instalacji mieszczą się w dolnym zakresie tego przedziału). Zwykle te wskaźniki lub stężenia emisji uwzględniają wtórne emisje pyłu, ponieważ główne i wtórne emisje są bardzo często oczyszczane za pomocą tych samych urządzeń [366, Dornseiffer i in. 2007][373, Eurofer 2007].

Metale ciężkie

Niektóre emisje metali ciężkich w tabeli 8.1 wykazują szerokie zakresy. Wyższe wartości mogą mieć duże znaczenie dla środowiska. Cynk jest metalem o najwyższych wskaźnikach emisji. Emisje chromu i niklu są, z oczywistych powodów, zazwyczaj wyższe w przypadku produkcji stali nierdzewnej [373, Eurofer 2007]. Część chromu może stanowić chrom sześciowartościowy. Ma to ogromne znaczenie, ponieważ taki chrom jest wysoce rakotwórczy przy jego wdychaniu.

W trzech zakładach z elektrycznymi piecami łukowymi działającymi w UE dokonano pomiarów wykazujących wskaźniki emisji dla arsenu pomiędzy 0,025 a 14 g/t [288, IA 2006][234, Poland 2007].

Emisje rtęci może znacznie się różnić w przypadku różnych wytopów, w zależności od składu/jakości złomu [137, Theobald 1995][144, UBA-BSW 1996]. Zakłada się, że emisje rtęci w tym sektorze będą coraz mniejsze z racji stopniowego wycofywania rtęci po pełnym wdrożeniu kilku przyjętych już dyrektyw, takich jak dyrektywa dotycząca pojazdów wycofanych z eksploatacji, dyrektywa w sprawie zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego oraz dyrektywa w sprawie ograniczenia stosowania niektórych niebezpiecznych substancji w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym oraz dyrektywa dotycząca baterii [273, Eurofer 2007]. Niemniej jednak zaobserwowano istotne przekroczenia dopuszczalnych wielkości emisji rtęci, wskazujące na to, że w złomie nadal zdarzają się elementy zawierające rtęć, które, jak widać, nie zawsze są usuwane z materiału wejściowego do rozdrabniarki. Co roku obserwuje się wskaźniki emisji dla rtęci na poziomie 170 mg/t stali ciekłej, pomimo starań mających na celu ograniczenie rtęci w nabywanym złomie, i wartości te zdają się stosunkowo podobne w przypadku stali, na podstawie złomu pochodzącego ze źródeł krajowych i z importu [81, Norwegian TWG member 2008].

Tlenki siarki i azotu

Emisje SO₂ zależą głównie od ilości węgla i wprowadzanego oleju, ale nie są istotne. Również emisje NO_x nie wymagają specjalnej uwagi.

Pozostałe związki nieorganiczne

[288, IA 2006]

Fluorki, chlorki i inne istotne nieorganiczne substancje zanieczyszczające, jednak nie przedstawiono bardziej szczegółowych informacji.

Lotne związki nieorganiczne

Emisje LZO mogą wynikać z substancji organicznych znajdujących się na surowcach (np. rozpuszczalnikach, farbach), które ładuje się do pieca. W przypadku zastosowania węgla naturalnego (antracytu) takie związki jak benzen mogą odgazowywać się przed wypalaniem [373, Eurofer 2007].

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA)

Wskaźniki emisji dla WWA są również stosunkowo wysokie (9-970 mg/t stali ciekłej – zob. Tabela 8.1), ale nie odnotowano wielu przypadków ich pomiarów. WWA znajdują się również we wprowadzanym złomie [120, Schiemann 1995], ale mogą tworzyć się także podczas działania elektrycznego pieca łukowego. Założenie, że WWA są w dużej mierze adsorbowane przez pył z filtra (również w zależności od temperatury gazów odlotowych) nie mogło zostać potwierdzone przez badania przeprowadzone w Luksemburgu, gdzie emisje WWA pozostały niezmienione przed i po zastosowaniu procesów ograniczenia zanieczyszczeń w filtrze workowym, który wykazał niską zawartość pyłu resztkowego (<5 mg/Nm³) w odniesieniu do średniej dziennej wartości [167, Werner 1997]. W profilu WWA dominują dwa lub trzy bardziej lotne pierścienie WWA, takie jak naftalen, acenaften, antracen i fenantren [388, Fisher i in. 2005].

Trwale zanieczyszczenia organiczne (POPs)

Od lat dziewięćdziesiątych coraz większą uwagę przykładają się do trwałych zanieczyszczeń organicznych. Dostępne są wyniki analiz jedynie ograniczonej liczby związków. Dokonano pomiarów związków chloroorganicznych, takich jak chlorobenzeny, polichlorowane bifenyle oraz polichlorowane dibenzo-p-dioksyny / dibenzofurany.

Istnieje silny związek pomiędzy koncentracjami polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn / dibenzofuranów a polichlorowanymi bifenylami WHO-12, gdzie międzynarodowy równoważnik toksyczności polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn / dibenzofuranów jest około 16,5 razy wyższy niż w przypadku polichlorowanych bifenyli WHO-12. Sugeruje to, że mechanizmy tworzenia się polichlorowanych bifenyli oraz polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn / dibenzofuranów są powiązane [388, Fisher i in. 2005].

Chlorobenzeny określono dla kilku operacji w ramach elektrycznego pieca łukowego (0,2 - 12 mg/t ciekłej stali– zob. tabela 8.1). Z pomiarów w jednej z elektrostalowni z piecem łukowym wynika, że heksachlorobenzen jest obecny w emitowanych gazach odlotowych [373, Eurofer 2007].

Polichlorowane bifenyle (PCB)

Polichlorowane bifenyle to klasa chlorowanych półlotnych związków organicznych składających się z 209 kongenerów. Grupa 12 polichlorowanych bifenyli, które zachowują się podobnie do dioksyn, została określona przez Światową Organizację Zdrowia. Głównym czynnikiem odpowiedzialnym za równoważnik toksyczności WHO-12 był PCB 126.

Inne stwierdzone kongenery polichlorowanych bifenyli to PCB 28, 52, 101, 138, 153 i 180, które są znane pod nazwą sześciu kongenerów Ballschmitera [388, Fisher i in. 2005]. Toksykologiczne powody dla określania dwóch zestawów polichlorowanych bifenyli są różne. Powszechna metoda mająca na celu prawidłowe oszacowanie „sumy polichlorowanych bifenyli” (209) zakłada przemnożenie sumy 6 kongenerów Ballschmitera/DIN PCB przez pięć.

W niektórych elektrycznych piecach łukowych wykryto emisje polichlorowanych bifenyli i dokonano ich pomiarów. Pomiary pokazują, że różne wykryto różne kongenery. Odnotowano wartości tak niskie jak 0,01 mg/t stali ciekłej oraz tak wysokie jak 5 mg/t stali ciekłej. Jeszcze nie wiadomo, czy polichlorowane bifenyle mogą powstawać *de novo* podczas procesu lub w obrębie urządzeń związanych z gazami odlotowymi. Brak takiej pewności pokazuje, że

sformułowanie ogólnych wniosków dotyczących procesów powstawania i rozkładu polichlorowanych bifenyle w gazach odlotowych z elektrycznego pieca łukowego jest trudne, jeśli nie niemożliwe.

Polichlorowane bifenyle mogą być obecne w wejściowym złomie, który mógłby być dominującym źródłem dla zmierzonych emisji [Schiemann, 1995]. Przepisy, na przykład te dotyczące gospodarowania urządzeniami elektrycznymi po ich wycofaniu z eksploatacji, znacznie przyczyniły się do zapobiegania wprowadzaniu przedmiotów, które zawierają polichlorowane bifenyle (do takich należą, na przykład, małe kondensatory z niektórych urządzeń technicznych, takich jak: pralki, suszarki do włosów, odciągowe okapy kuchenne, palniki olejowe, lampy fluorescencyjne itp.). Jedno z badań wykazało, że polichlorowane bifenyle właściwie nie w ogóle nie są ograniczane przez filtry workowe [167, Werner 1997]. Przeprowadzone niedawno w Szwecji badanie pokazało związek pomiędzy podobnymi do dioksyn polichlorowanymi bifenylami a polichlorowanymi dibenzo-p-dioksynami / dibenzofuranami, ale wykazało także, że emisje polichlorowanych bifenyle pod względem równoważnika toksyczności WHO-TEQ są znacznie mniej istotne niż emisje polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn / dibenzofuranów (PCDD/F) [373, Eurofer 2007].

Wyciągnięto ogólny wniosek stwierdzający, że typowe systemy oczyszczania gazów odlotowych (np. filtry, ESP, płuczki) są bardziej wydajne w kontekście usuwania emisji polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów niż polichlorowanych bifenyle. Te różnice można wyjaśnić różnicami w lotności kongenerów tych trzech grup związków. Różna efektywność może także wynikać z różnic w wydajności w odseparowywaniu pyłu, temperaturze gazu i właściwościach adsorpcyjnych pyłu [370, Oberg 2007].

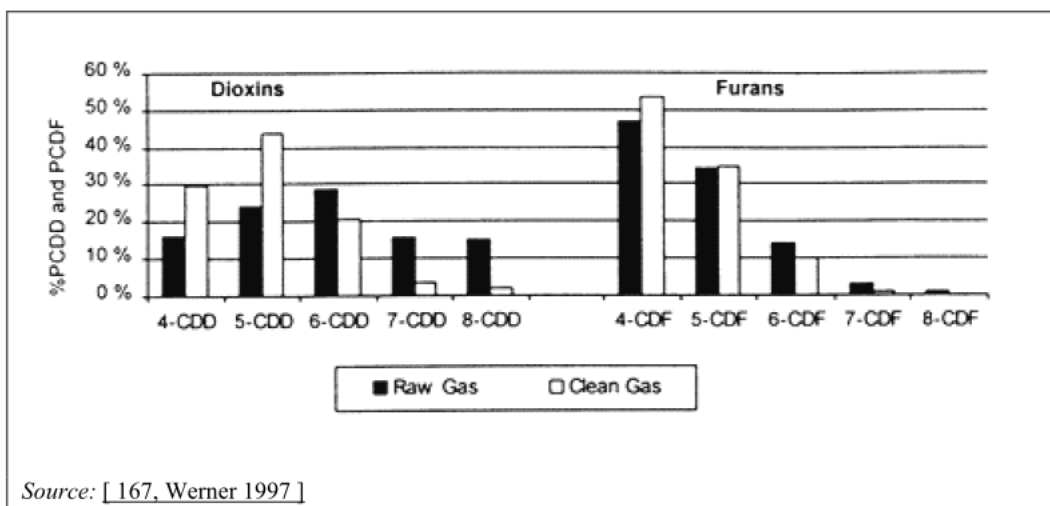
Polichlorowane dibenzo-p-dioksyny/dibenzofurany (PCDD/F)

Podczas termicznej obróbki złomu, który zawiera farby, oleje (np. oleje chłodząco-smarujące), PCV (polichlorek winylu) lub inne substancje organiczne, polichlorowane dibenzo-p-dioksyny / dibenzofurany są uwalniane lub wytwarzane podczas obróbki gazów odlotowych oraz emitowane do powietrza wraz ze spalinami z pieca [367, Prüm i in. 2005]. Takie emisje są szczególnie istotne na początku etapu wytapiania złomu w elektrycznym piecu łukowym, kiedy temperatura jest nadal niska.

Jeśli temperatury, w których zachodzą dalsze procesy, są wystarczająco wysokie, aby zniszczyć polichlorowane dibenzo-p-dioksyny/dibenzofurany, wtedy polichlorowane dibenzo-p-dioksyny/dibenzofurany wytworzone podczas tego początkowego etapu będzie miało wpływ na proces wytwarzania podczas dalszych procesów [375, IISI 1998] [388, Fisher i in. 2005]. 2005].

Polichlorowane dibenzo-p-dioksyny/dibenzofurany są wytwarzane również w wyniku spalania, w niskich temperaturach (250 - 500°C), związków chloroorganicznych, które mogą być obecne w ładowanym tworzywie, a także w wyniku syntezy *de novo*, z metalami w charakterze katalizatorów (np. Cu oraz, w mniejszym stopniu, Fe). Badania pokazują, że dla określenia koncentracji polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów w gazach odlotowych bardziej niż średnia temperatura istotny jest profil temperatury [388, Fisher i in. 2005]. W odniesieniu do polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów istnieje wiele dostępnych pomiarów, które pokazują wskaźniki emisji pomiędzy 0,04-6 µg I-TEQ/t stali ciekłej [220, Eurofer 2008] (zob. Tabela 8.1). Wykryto koncentracje pomiędzy 0,02 a 9,2 ng równoważnika toksyczności /Nm³ [367, Prüm i in. 2005]. Na rysunku 8.9 przedstawiono przykład rozkładu homologów polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów w surowych i oczyszczonych gazach odlotowych z dwukadłubowego elektrycznego pieca łukowego ze wstępną obróbką złomu.

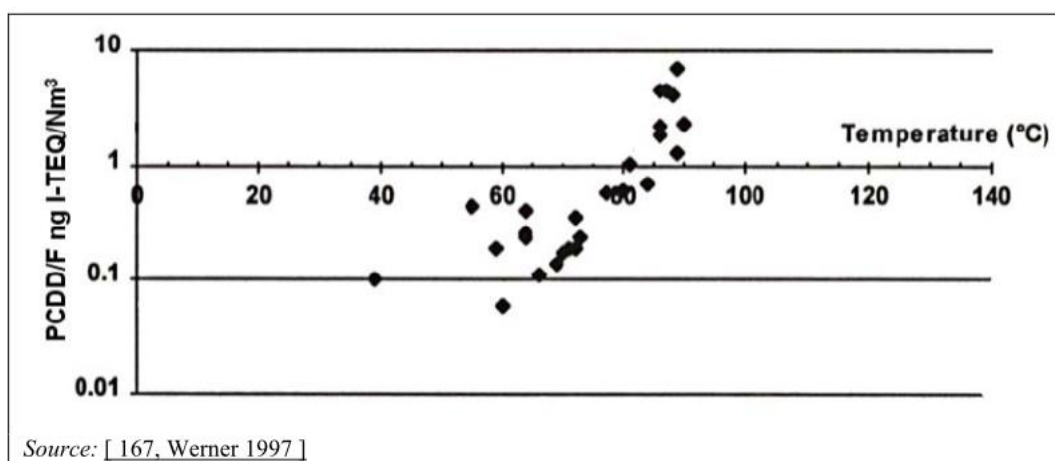
Dominują homologi polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn / dibenzofuranów z czterema lub pięcioma atomami.



EN	PL
Dioxins	Dioksyny
Furans	Furany
% PCDD and PCDF	% PCDD i PCDF
Raw gas	Gaz surowy
Clean gas	Gaz czysty
Source: [167, Werner 1997]	Źródło: [167, Werner 1997]

Rysunek 8.9: Rozkładu homologów polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów w surowych i oczyszczonych gazach odlotowych z dwukadłubowego elektrycznego pieca łukowego ze wstępną obróbką złomu.

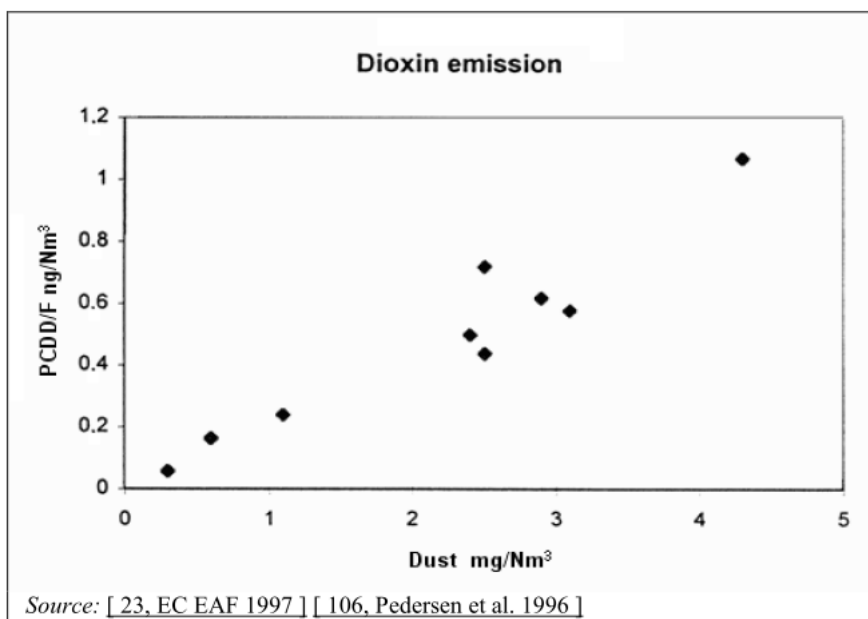
W odniesieniu do rzeczywistej emisji polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów występuje korelacja pomiędzy temperaturą gazu odlotowego (rysunek 8.10) a zawartością pyłu (rysunek 8.11) [366, Dornseiffer et al. 2007] [375.IISI 1998].



Rysunek 8.10: Korelacja pomiędzy emisjami polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów a temperaturą gazów odlotowych po ich oczyszczeniu za pomocą filtra workowego w ramach elektrycznego pieca łukowego

Na rysunku 8.10 pokazano, że tak długo jak temperatura czystego gazu pozostaje poniżej 75°C, emisje polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów pozostają poniżej 1 ng równoważnika toksyczności/Nm³. Fizyczne wyjaśnienie tego zjawiska sprowadza się do

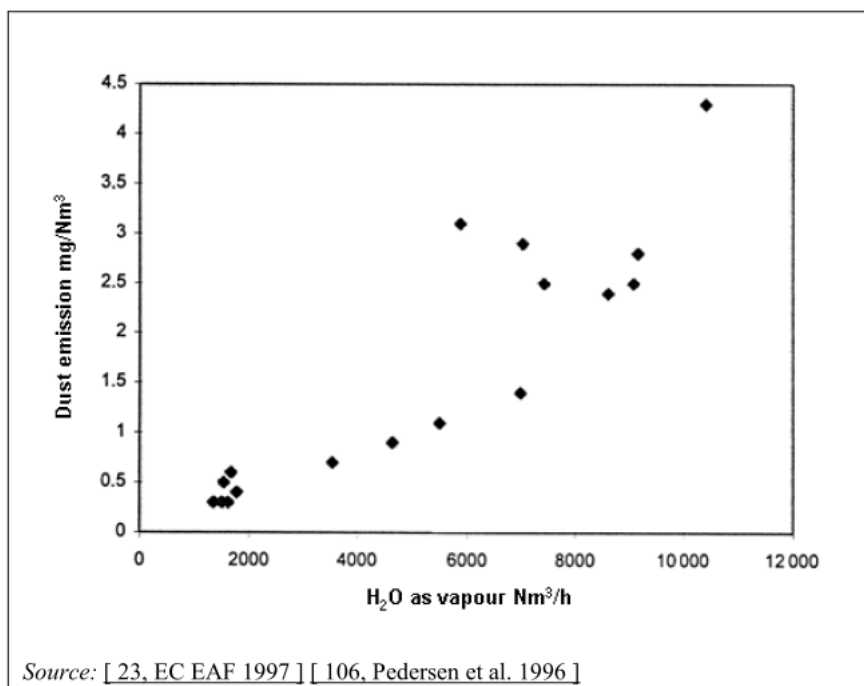
spadku lotności polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów w miarę obniżania się temperatury [126 Spencer, i in. 1992]. W niskich temperaturach polichlorowane dibenzo-p-dioksyny/dibenzofurany mają coraz większą tendencję do adsorbowania do pyłu na filtrze.



EN	PL
Dioxin emission	Emisje dioksyn
Dust mg/Nm ³	Pył mg/Nm ³
Source: [23, EC EAF 1997] [106, Pedersen et al. 1996]	Źródło: [23, EC EAF 1997] [106, Pedersen i in. 1996]

Rysunek 8.11: Korelacja szczątkowej zawartości pyłu i koncentracji polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów po ograniczeniu zanieczyszczeń w filtrze workowym, w gazie odlotowym z elektrycznego pieca łukowego w temperaturach poniżej 85°C

Stwierdzono silną zależność pomiędzy pyłem a emisją polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów, która przypuszczalnie jest związana z temperaturą gazu odlotowego. Sama zawartość pyłu zależy głównie od wymiarów i jakości filtra workowego, ale również od wilgotności względnej w gazie odlotowym, która może być wysoka w przypadku gaszenia gazu odlotowego lub gdy zakład położony jest blisko morza (zob. rysunek 8.12).

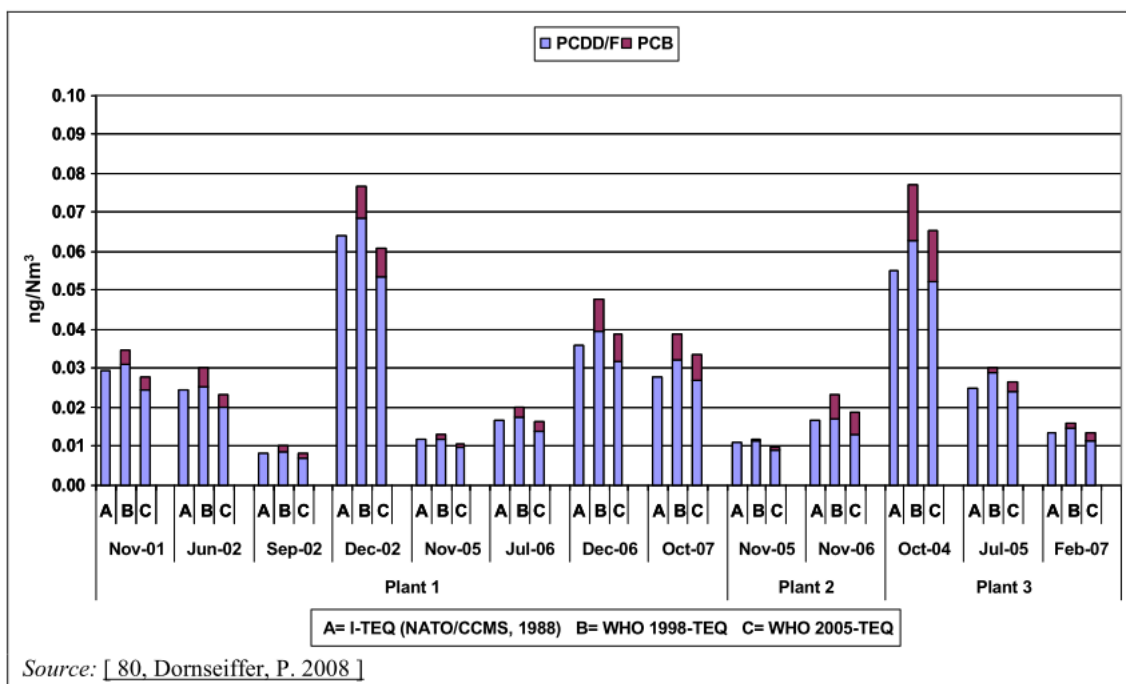


EN	PL
Dust emission mg/Nm ³	Emisje pyłu mg/Nm ³
H ₂ O as vapour Nm ³ /h	H ₂ O jako para Nm ³ /h
Source: [23, EC EAF 1997] [106, Pedersen et al. 1996]	Źródło: [23, EC EAF 1997] [106, Pedersen i in. 1996]

Rysunek 8.12: Korelacja parowania wody i szczątkowej zawartości pyłu po ograniczeniu zanieczyszczeń w filtrze workowym, w gazie odlotowym z elektrycznego pieca łukowego

Polichlorowane dibenzo-p-dioksyny/dibenzofurany zazwyczaj wyraża się za pomocą międzynarodowych równoważników toksyczności (I-TEQ), zgodnie z NATO/CCMS, 1988. Dzieje się tak również w kontekście obowiązujących przepisów i aktualnych pozwoleń. Zmienione pozwolenia IPPC dla zakładów IS w Regionie Walońskim w Belgii są sformułowane z zastosowaniem równoważnika toksyczności WHO dla polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów oraz polichlorowanych bifenyli podobnych do dioksyn, wraz z jednostkowym limitem wartości dla „całkowitych polichlorowanych bifenyli” szacowanym poprzez przemnożenie przez 5 sumy 6 kongenerów Ballschmiter/DIN PCB (w stężeniu masowym).

W 1998 roku Światowa Organizacja Zdrowia opracowała równoważniki toksyczności dla polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów (WHO-TEQ). W ramach tego narzędzia oceny uwzględnia się również polichlorowane bifenyly podobne do dioksyn [219, Van den Berg i in. 1998].



EN	PL
Plant 1	Zakład 1
Plant 2	Zakład 2
Plant 3	Zakład 3
Nov-01	Lis-01
Jun-02	Cze-02
Sep-02	Wrz-02
Dec-02	Gru-02
Nov-05	Lis-05
Jul-06	Lip-06
Dec-06	Gru-06
Oct-07	Paź-07
Nov-05	Lis-05
Nov-06	Lis-06
Oct-04	Paź-04
Jul-05	Lip-05
Feb-07	Lut-07
Source: [80, Dornseiffer, P. 2008]	Źródło: [80, Dornseiffer, P. 2008]

Rysunek 8.13: Emisje polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów z elektrycznego pieca łukowego wyrażone jako równoważniki toksyczności WHO-TEQ, z uwzględnieniem polichlorowanych bifenyli podobnych do dioksyn

W 2005 roku przedstawiono zaktualizowane równoważniki toksyczności (WHO 2005-TEQ), które zostały zatwierdzone przez Światową Organizację Zdrowia [366, Dornseiffer i in. 2007 || 315, Van den Berg., i in., 2006]. Na rysunku 8.13 przedstawiono wyniki pomiarów wyrażone jako równoważniki toksyczności w porównaniu z WHO-TEQ, z uwzględnieniem polichlorowanych bifenyli podobnych do toksyn.

Całkowity poziom polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów, włącznie z polichlorowanymi bifenylami, wyrażony w równoważnikach toksyczności zatwierdzonych przez Światową Organizację Zdrowia w 2005 roku, waha się pomiędzy 11% poniżej a 21% powyżej polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów wyrażonych jako

równoważniki toksyczności I-TEQ. Średnia wszystkich przedstawionych pomiarów wynosi 2% poniżej wartości polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów wyrażonych równoważnikami toksyczności WHO z 2005 roku, z uwzględnieniem polichlorowanych bifenyle, w porównaniu z wartościami I-TEQ.

Całkowity poziom polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów, włącznie z polichlorowanymi bifenylami, wyrażony za pomocą równoważnika toksyczności WHO 2005 wynosi 12-24% mniej niż w przypadku wyników z zastosowaniem równoważnika toksyczności WHO 1998-TEQ [80, Dornseiffer, P. 2008][315, Van den Berg., i in., 2006]. Według informacji dostarczonych przez Eurofer, emisje dioksyn na skutek produkcji stali nierdzewnej są niższe niż w przypadku stali węglowej. Założenie to zweryfikowano jednak jedynie w kilku zakładach [209, EC 2005].

W tabeli 8.4 przedstawiono jednostkowe i roczne emisje polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów i polichlorowanych bifenyle do powietrza ze szwedzkich zakładów produkcji stali z elektrycznymi piecami łukowymi, według szacunków dotyczących produkcji z 2005 r. Przedstawiono wartości według TEQ, z zastosowaniem najnowszego schematu ważenia wprowadzonego niedawno przez Światową Organizację Zdrowia [315, Van den Berg., i in., 2006], w tym dla PCDD/PCDF i PCB podobnych do dioksyn. Wkład pochodzący z PCB podobnych do dioksyn wynosi przeważnie 10-20%. Równoważnik toksyczności przedstawia się jako interwał, w którym niektóre toksyczne kongenery są poniżej granicy wykrywalności.

Tabela 8.4: Jednostkowe i roczne emisje polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów i polichlorowanych bifenyle do powietrza pochodzące ze szwedzkich zakładów produkcji stali z elektrycznymi piecami łukowymi

Zakład	polichlorowane dibenzo-p-dioksyny / dibenzofurany (µg TEQ/t LS)	polichlorowane dibenzo-p-dioksyny / dibenzofurany (g TEQ/rok)	polichlorowane bifenyle (µg TEQ/t LS)	polichlorowane bifenyle (g TEQ/rok)
A	0,67	0,29	0,22	0,096
B	0,41	0,025	0,04	0,002
C	0,091	0,008	0,015	0,0013
D	0,080	0,015	0,02	0,0034
E	3,7	1,8	0,42	0,21
F	0,056	0,015	0,012	0,0032
G	2,4	1,0	0,28	0,12
H	0,17	0,003	0,56	0,01

LS = stal ciekła (*liquid steel*).
 Źródło: [370, Oberg 2007].

8.2.2.1.4 Emisje z obróbki pozapiecowej i ciągłego odlewania stali

Informacje dotyczące emisji z obróbki pozapiecowej (głównie emisji pyłów) oraz ciągłego odlewania stali są bardzo ograniczone. Według [30, Roederer i in. 1996] podaje, że wskaźniki emisji pyłów przed obniżeniem zanieczyszczeń z siedmiu instalacji do rafinacji odwęglania w argonie i tlenie/odwęglania próżniowo-tlenowego wynoszą od 6 do 15 kg pyłu/t stali ciekłej, a najniższa wartość wynosi 1,35 kg pyłu/t stali ciekłej. Te siedem instalacji wyposażone jest w urządzenie do odpylania niezależne od odpylania elektrycznego pieca łukowego. Wskaźniki emisji podane w tabeli 8.1 obejmują emisje z pozapiecowych procesów produkcji stali.

Obróbki zebranych gazów odlotowych z obróbki pozapiecowej dokonuje się za pomocą urządzenia tego samego typu, przeważnie w filtrach workowych, tak jak w przypadku emisji

głównych i wtórnych. W tabeli 8.5 przedstawiono niektóre wartości koncentracji emisji dla różnych etapów rafinacji pozapiecowej po obniżeniu poziomu zanieczyszczeń.

Tabela 8.5: Emisje z różnych etapów rafinacji pozapiecowej po obniżeniu poziomu zanieczyszczeń

Parametr	Podstawowe odpylanie urządzeń do rafinacji kadziowej	Odlewanie za pomocą bloków i ciągle odlewanie (1)	Obróbka próżniowa i urządzenie do nawiewu tlenu
Cząstki stałe	0,6 - 1	0,5	4,1 - 13,2
Pb, Co, Ni, Se, Te	0,006		
Sb, Cr, CN, F, Cu, Mn, V, Sn	0,01	0,01 - 0,03	

(1) Dotyczy wyłącznie produkcji stali nierdzewnej.
 Uwaga: Podane wartości stanowią roczne wartości w mg/Nm³.
 Źródło: [244, Plickert 2007].

8.2.2.1.5 Emisje związane z podgrzewaniem złomu

Podgrzewanie złomu może prowadzić do powstawania istotnych ilości organicznych substancji zanieczyszczających z uwagi na możliwą obecność substancji organicznych na złomie, które podczas podgrzewania są spalane w bardzo niekorzystnych warunkach. Może to prowadzić do zwiększonych emisji lotnych związków organicznych i emisji polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn / dibenzofuranów. W takim przypadku gazy odlotowe muszą zostać poddane dalszej obróbce, np. oczyszczanie pod kątem produktów spalania.

8.2.2.1.6 Emisje z obróbki żużłu

Jeśli w elektrycznym piecu łukowym żużel zbiera się w zbiorniku żużlowym, konieczne jest przeniesienie żużłu poza zbiornik w celu jego zestalenia. Proces chłodzenia żużłu można usprawnić za pomocą zraszaczy z wodą, co powoduje powstawanie dymu. Takie dymy mogą być wysoce zasadowe, jeśli żużel zawiera wolne CaO (zob. tabela 8.7). Taka sytuacja ma miejsce bardzo często. Odkładanie się związków o odczynie zasadowym z dymów może powodować problemy w okolicy.

Jeśli żużel jest wylewany na podłoże, jest wstępnie kruszony po zestaleniu za pomocą koparek lub ładowarek, a następnie przewożony na składowisko poza zakładem.

Po pewnym okresie czasu żużel jest poddawany obróbce za pomocą urządzeń do kruszenia i przesiewania, aby nadać mu pożądaną konsystencję konieczną do oddzielenia metali od żużłu i jego dalszego wykorzystania w budownictwie. Łamanie żużłu i odzyskiwanie metali może powodować emisję pyłu. Emisje na skutek kruszenia i przesiewania powinny być wychwytywane przez odciągi i następnie oczyszczane. W miejscach transportu za pomocą taśmy można zastosować spryskiwacze z wodą. Jeśli przetwarzany żużel jest przechowywany, hałdy należy nawilżać. Podczas ładowania rozkruszonego żużłu można stosować mgłę wodną w celu zminimalizowania emisji pyłów [85, VDI/DIN 2006 || 260, Germany 2007 || 273, Eurofer 2007 || 373, Eurofer 2007].

8.2.2.2 Scieki

Wodę stosuje się w następujących celach:

- schładzanie elektrycznego pieca łukowego
- szybkiego gaszenia gorących gazów odlotowych
- woda do płuczek, w przypadku stosowania odpylania na mokro

- wytwarzania próżni
- bezpośrednie chłodzenie w ramach ciągłego odlewania stali lub odlewania stali za pomocą bloków.

Zgodnie z zasadą zarządzania wodą należy dążyć do optymalnego oczyszczania wszelkiej wody odpadowej, jednak informacja na temat przepływu oraz oczyszczonej wody odpadowej z poszczególnych etapów produkcji często nie są dostępne, ponieważ oczyszcza się łącznie zmieszaną wodę z różnych strumieni (zob. części 2.4) [363, Eurofer 2007].

Woda chłodząca

Wodę stosuje się w elektrycznym piecu łukowym do chłodzenia paneli ściennych i sklepienia oraz do spryskiwania elektrod. Woda stosowana do schładzania elektrycznego pieca łukowego to około 5-12 m³/(m²h). W przypadku elektrycznego pieca łukowego o wydajności produkcyjnej 70 t/h zapotrzebowanie na wodę chłodzącą wynosi 1000 m³/h. Jako że wodę wykorzystuje się w ramach zamkniętego cyklu chłodzenia, nie występuje woda odpadowa. Ponadto można zastosować system chłodzenia bez cyrkulacji, jeśli brakuje dobrej jakości wody chłodzącej. Prowadzi to do oszczędności energii w odniesieniu do pompowania i ponownego schładzania.

Woda odpadowa z płukania gazów odlotowych

W niektórych zakładach w UE gazy odlotowe czyści się za pomocą płuczki mokrej. Nie ma dostępnych informacji na temat stosowanych technik oczyszczania ani ilości wody odpadowej ani jej zanieczyszczenia.

Woda odpadowa z ciągłego odlewania stali i odlewania stali za pomocą bloków

Ciągłe odlewanie stali w ramach procesów zachodzących w elektrycznym piecu łukowym jest podobne do procesów zachodzących w zasadowym konwertorze tlenowym. Więcej informacji na ten temat znajduje się w częściach 7.2.2.2 i 7.3.4. Szczegółowe informacje dotyczące ilości materiałów wejściowych/wyjściowych nie są dostępne. Zazwyczaj taka woda odpadowa jest oczyszczana razem z innymi strumieniami z walcowni.

Woda odpadowa z procesy wytwarzania próżni

W przypadku wytwarzania próżni zazwyczaj jednostkowy przepływ wody procesowej waha się między 5 a 8 m³/t stali ciekłej wytworzonej z zastosowaniem próżni. W kilku przypadkach jednostkowe zapotrzebowanie na wodę procesową jest wyższe, przy czym w jednym przypadku jest to 42,8 m³/t stali ciekłej (zob. tabela 8.1). Taka woda jest poddawana praktycznie pełnemu recyklingowi. Należy zaznaczyć, że nie zawsze stal ciekła powinna być poddawana obróbce próżniowej. Informacje na temat składu i oczyszczania lub ponownego wykorzystywania takiej wody nie są dostępne [140, Eurofer 2009] [363, Eurofer 2007] [365, Eurofer 2007].

Woda odpadowa z procesu gaszenia

Stosuje się wodę do szybkiego gaszenia. Według danych z jednego z zakładów wykorzystuje się 25 m³/h do gaszenia około 870 000 m³/h. Nie występuje woda odpadowa, ponieważ wykorzystana woda w większości wyparowuje i opuszcza proces wraz z gazami odciągającym powietrzem. Mała część takiej wody opuszcza proces wraz z resztkową wilgocią w pyłe.

Woda drenażowa ze składowiska złomu

Główne tworzywa wsadowe elektrycznego pieca łukowego oraz różne rodzaje złomu są często składowane na składowiskach złomu o nieutwardzonych powierzchniach. Odprowadzana woda może być skażona, szczególnie w przypadku złomu zawierającego olej lub emulsję, takiego jak wióry. Brak jest informacji dotyczących ilości i zanieczyszczenia odprowadzanej wody. Zwykle jest ona oczyszczana przed odprowadzeniem przynajmniej w separatorze olejowym.

8.2.2.3 Pozostałości procesowe, takie jak odpady i produkty uboczne

Różne pozostałości w formie stałej, takie jak odpady lub produkty uboczne z procesu produkcji stali przy zastosowaniu elektrycznego pieca łukowego, zostały przedstawione razem z podaniem ich szczegółowych ilości w tabeli 8.6.

Tabela 8.6: Rodzaj i jednostkowa ilość odpadów w formie stałej/produktów ubocznych z procesu produkcji stali z zastosowaniem elektrycznego pieca łukowego

Odpad w postaci stałej/produkt uboczny		Ilość jednostkowa (zakres) (kg/t LS)
Żużel z produkcji stali węglowej/stali niskostopowej:	Żużel z elektrycznego pieca łukowego	100 - 150
	Żużel z kadzi	10 - 30
Żużel z produkcji stali wysokostopowej:	Żużel z elektrycznego pieca łukowego	100 - 135
	Żużel z kadzi	30 - 40
	Żużel z procesu odwęglania w argonie i tlenie	około 160
Pyły z produkcji stali węglowej/niskostopowej/wysokostopowej		10 - 46
Cegły ogniotrwałe		2 - 25
Uwaga: LS = stal ciekła (<i>liquid steel</i>) Źródło: [46, Geiseler 1991] [116, Rentz i in. 1996].		

Bardziej aktualne dane dotyczące europejskich zakładów z elektrycznymi piecami łukowymi można znaleźć w tabeli 8.1.

8.2.2.3.1 Żużel z produkcji stali węglowej/stali niskostopowej/wysokostopowej stali

Najpierw żużel jest wytwarzany podczas procesu wytapiania stali ze złomu w elektrycznym piecu łukowym poprzez dodanie materiałów żużlotwórczych. Podczas jednego lub kilku następujących później procesów surową stal wytworzoną w elektrycznym piecu łukowym poddaje się kolejnym etapom obróbki w konwerterach lub kadziach. W takim procesie lub procesach do stali ciekłej dodawane są stopy żelaza, i wraz z pewnymi dodatkami (np. wapnem) wytwarzany jest podstawowy żużel. W przeciwieństwie do żużłu z elektrycznego pieca łukowego powstałego podczas produkcji stali węglowej, żużel z elektrycznego pieca łukowego powstały podczas produkcji stali nierdzewnej może mieć większą zawartość metali ciężkich, które są stosowane np. jako dodatek stopowy.

Skład chemiczny żużłu z elektrycznego pieca łukowego powstały podczas produkcji stali węglowej/niskostopowej i nierdzewnej/wysokostopowej przedstawiono w tabeli 8.7.

Tabela 8.7: Skład chemiczny żużlu z elektrycznego pieca łukowego powstały podczas produkcji stali węglowej/niskostopowej i nierdzewnej/wysokostopowej

Składnik (waga w %)	Stal węglowa/niskostopowa ⁽¹⁾			Stal nierdzewna/wysokostopowa ⁽²⁾		
	Typowa koncentracj a	Dolny limit	Górny limit	Typowe koncentracj a	Dolny limit	Górny limit
CaO	28	15	64	50	17	68
SiO ₂	19	4	26	23	2	42
MgO	7	0,5	15,5	6	1,5	25
Al ₂ O ₃	7	1	16,5	2,5	<0,1	30
FeO	32	10	63	2	<0,1	39
Cr ₂ O ₃	1,8	<0,1	11	2	<0,1	22
F				2	<0,1	9
MnO	5	0,5	19,5	1	<0,1	21
TiO ₂				0,8	<0,1	3,5
Zn				<0,1	<0,1	2
P ₂ O ₅	0,4	<0,01	2			
Na ₂ O	0,2	<0,01	2			
K ₂ O	0,14	<0,01	2,5			

(¹) Stal węglowa/niskostopowa: EAF C EINECS Nr: 294-410-9 CAS Nr: 91722-10-0.
(²) Stal nierdzewna/wysokostopowa: EAF S EINECS Nr: 294-410-9 CAS Nr: 91722-10-0.
Uwaga: — Informacje analityczne dotyczące żużlu żelaznego są zazwyczaj podawane w postaci tlenków żelaza, choć składniki te mogą pojawiać się na różnych etapach mineralnych i w różnych stanach utlenienia.
— Składniki, których maksymalna koncentracja wynosi zazwyczaj <1 wagi -% nie zostały uwzględnione.
— Analiza nie dotyczy rozpuszczania w wodzie królewskiej, ale fermentacji całkowitej (zob. np. EPA 3052 lub EN 13211:2001).
— W ilościach śladowych mogą być obecne również takie pierwiastki jak Pb, As, Sb, Hg, Cl, F oraz chrom sześciowartościowy.
Źródło: [37, Motz 2009].

Wskaźnik składowania lub ponownego wykorzystywania żużlu różni się w zależności od państwa członkowskiego oraz obowiązujących wymogów prawnych, dostępności składowisk, podatków, sytuacji na rynku, kosztów oraz możliwości ponownego wykorzystania przetworzonego żużlu. W Unii coraz więcej żużlu pochodzącego z procesu produkcji stali węglowej i niskostopowej wykorzystuje się jako surowce wtórne, głównie na potrzeby budowy dróg i jako budowy infrastruktury. Żużel z produkcji stali nierdzewnej zazwyczaj w mniejszym stopniu nadaje się do takich zastosowań i musi być składowany. Procent żużlu pochodzącego z produkcji stali wysokostopowej, który ponownie wykorzystuje się na terenie zakładu, jest znacznie większy niż w przypadku żużlu pochodzącego z procesu produkcji stali węglowej i niskostopowej. Nadal jednak jedna trzecia żużlu jest składowana i przechowywana (zob. tabela 8.8) [373, Eurofer 2007].

Tabela 8.8: Co dzieje się z żużłem z elektrycznych pieców łukowych w UE

Rodzaj stali	Całkowita ilość żużłu (tys. t/rok)	Ponowne wykorzystanie na terenie zakładu		Wykorzystanie poza zakładem		Sprzedaż		Składowanie i przechowywanie	
		(tys. t/rok)	(%)	(tys. t/rok)	(%)	(tys. t/rok)	(%)	(tys. t/rok)	(%)
Stal węglowa ⁽¹⁾	958	-	-	164	17,1	362	37,8	432	45,1
Stal węglowa ⁽²⁾	1 796	45,1	2,5	494,8	27,6	13,7	0,8	1242	69,2
Stal niskostopowa ⁽²⁾	444	-	-	61,6	13,9	108,0	24,4	261	58,9
Stal wysokostopowa ⁽²⁾	461	81,4	17,7	68,0	14,8	160,0	34,7	156	33,9
Całkowity żużel z elektrycznych pieców łukowych ⁽²⁾	2701	126,5	4,7	624,4	23,1	281,7	10,4	1659	61,4
Całkowity żużel z elektrycznych pieców łukowych ⁽³⁾	4 408								

(¹) Dane z 11 zakładów produkujących 958 tys. t żużłu/rok (131,7 kg/t stali ciekłej) w 2008 r.
(²) Dane z 57 zakładów produkujących 2,7 mln t żużłu/rok (133 kg/t stali ciekłej) w 1996 r.
(³) Dane z 2004 r. i dotyczące następujących krajów UE: AT, BE, DE, DK, ES, FR, FI, LU, NL, UK, SE, SK.
Źródło: [30, Roederer i in.1996] [195, Werner 2010] [365, Eurofer 2007].

Żużel z czterech zakładów z elektrycznymi piecami łukowymi poddano analizie pod kątem polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów i polichlorowanych bifenili. W tabeli 8.9 przedstawiono koncentracje i roczne przepływy masy polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów i polichlorowanych bifenili w żużlu dla tych zakładów produkcji stali, w których jako surowca używano złomu. Koncentracje przedstawione poniżej są poniżej wartości granicznej wynoszącej 15 µg TEQ/kg określonej w regulacjach dotyczących trwałych zanieczyszczeń organicznych.

Tabela 8.9: Koncentracje i roczne przepływy masy polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów i polichlorowanych bifenyle w żużlu z zakładów produkcji stali stosujących złom jako surowiec

Zakład	polichlorowane dibenzo-p-dioksyny / dibenzofurany (µg TEQ/kg)	polichlorowane dibenzo-p-dioksyny / dibenzofurany (g TEQ/rok)	polichlorowane bifenyle (µg TEQ/kg)	polichlorowane bifenyle (g TEQ/rok)
A	<0,004	<0,56	0,0002	0,029
B	0,014 - 0,015	0,053 - 0,058	0,0014	0,0069
I	0,002	0,14	0,0004	0,027
J	0,002	0,09	0,00005	0,002
Źródło: [370, Oberg 2007].				

8.2.2.3.2 Pyły z obróbki gazów odlotowych

Jak wspomniano już wcześniej, oczyszczanie gazów odlotowych (główne gazy odlotowe razem z wtórnymi gazami odlotowymi) jest bardzo często wykonywane w filtrach workowych. Skład chemiczny pyłów powstających przy produkcji stali węglowej, niskostopowej i wysokostopowej przedstawiono w tabeli 8.10.

Tabela 8.10: Skład chemiczny pyłów powstających przy produkcji stali węglowej/niskostopowej i stali nierdzewnej/wysokostopowej z zastosowaniem elektrycznego pieca łukowego

Składnik	Pył z produkcji stali węglowej/stali wysokostopowej (waga-%)	Pył z produkcji stali wysokostopowej (waga-%)	Pył z produkcji stali nierdzewnej (waga-%)
Fe _{tot}	10 - 45	17 - 37	20 - 65
SiO ₂	0,6 - 5,1	1,7 - 5	3 - 9
CaO	3 - 17	2 - 16	8 - 20
Al ₂ O ₃	0,3 - 3	1 - 4	0,4 - 2
MgO	0,5 - 6	1,2 - 3	1 - 5
P ₂ O ₅	0,1 - 0,37	0,01 - 0,1	0,03 - 0,1
MnO	1,1 - 6	1,5 - 6,9	2,2 - 6,3
Cr ₂ O ₃	0,13 - 2	0,12 - 6	9 - 20
Na ₂ O	0,3 - 3	b.d.	0,6 - 2
K ₂ O	0,5 - 2,3	b.d.	0,7 - 3
Zn	21 - 43	2 - 15	2 - 25
Pb	0,4 - 10	0,05 - 3,6	0,2 - 4,5
Cd	0,02 - 0,18	0,01 - 0,04	0,01 - 0,08
Cu	0,08 - 0,5	0,01 - 0,8	0,015 - 0,5
Ni	0,01 - 0,8	0,01 - 0,5	1 - 8
V	0,01 - 0,09	0,01 - 0,2	0,05 - 0,12
W	b.d.	0,5 - 1,5	b.d.
Co	0,001 - 0,01	0,01 - 0,2	0,02 - 0,04

As	0,001 - 0,02	0,001 - 0,01	0,01
Hg	0,0001 - 0,005	0,05 - 0,7	0,0002 - 0,015
Cl	0,8 - 5	0,7 - 1,7	0,8 - 1
F	0,02 - 0,9	0,01 - 0,65	0,3 - 2,4
S	0,1 - 3	0,25 - 1,42	0,2 - 0,5
C	0,4 - 3,3	0,5 - 3,1	0,05 - 1,3
Zasadowość	2,0 - 6,5	b.d.	b.d.
Wilgotność	6 - 16	b.d.	b.d.
Uwaga: b.d. = brak danych Źródło: [39, EUROFER EAF 1997] [62, Hoffmann 1997] [134, Strohmeier i in. 1996] [277, Wiesenberger 2007] [376, Eurofer 2007] [391, Tavernier i in. 2004].			

Pył z sześciu zakładów z poddano analizie pod kątem polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów i polichlorowanych bifenyli. W tabeli 8.13 przedstawiono koncentracje i roczne przepływy masy polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów i polichlorowanych bifenyli w pyle dla tych zakładów produkcji stali, w których jako surowca używano złomu żelaznego.

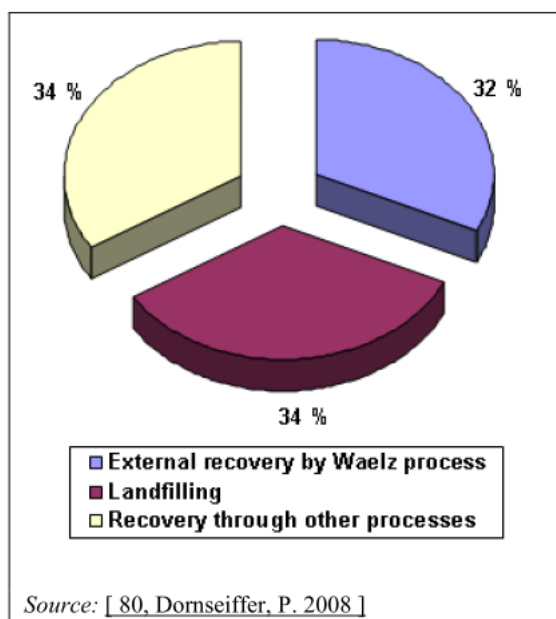
Tabela 8.11: Koncentracje i roczne przepływy masy polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn/dibenzofuranów i polichlorowanych bifenyli w pyle z zakładów produkcji stali stosujących złom jako surowiec

Zakład	polichlorowane dibenzo-p-dioksyny / dibenzofurany (µg TEQ/kg)	polichlorowane dibenzo-p-dioksyny / dibenzofurany (g TEQ/rok)	polichlorowane bifenyly (µg TEQ/kg)	polichlorowane bifenyly (g TEQ/rok)
A	0,16	1,0	0,014	0,089
B	0,21	0,11	0,015	0,0075
I	0,035	0,20	0,0020	0,011
J	0,16	1,0	0,0042	0,026
Źródło: [370, Oberg 2007].				

W ostatnich latach, po wprowadzeniu regulacji dotyczących zarządzania odpadami, procent pyłów składowanych na hałdach zdecydowanie zmalał. Większość pyłu, w chwili pisania niniejszego tekstu (2010), jest odzyskiwana w drodze działań związanych z metalami nieżelaznymi (Zn i Pb głównie w przypadku pyłów z produkcji stali węglowej oraz Cr i Ni w przypadku pyłów z produkcji stali nierdzewnej) [373, Eurofer 2007].

Istnieją różne technologie oczyszczania pyłu z elektrycznego pieca łukowego, który zawiera 18-35% cynku. Są to ugruntowane procesy stosowane w sektorach produkcji metali nieżelaznych. Niemniej jednak w sektorze związanym z cynkiem zazwyczaj stosuje się surowce, które mają wyższe koncentracje cynku. W efekcie pył z elektrycznych pieców łukowych poddawany jest dalszemu procesowi, zanim cynk może zostać z niego odzyskany. Procesy takie zwiększają zawartość cynku do 55-65% [274, Eurofer i in. 1999] [284, EC 2001].

Według badania przeprowadzonego w 2006 r., obejmującego 36 zakładów wykorzystujących elektryczne piece łukowe oraz 34 2949 ton pyłu, pył z takich pieców wykorzystuje się głównie na trzy sposoby, które przedstawiono na Rysunek 8.14.



EN	PL
External recovery by Waelz process	Odzysk zewnętrzny poprzez proces Waelza
Landfilling	Składowanie
Recovery through other processes	Odzysk poprzez inne procesy
Source: [80, Dornseiffer, P. 2008]	Źródło: [80, Dornseiffer, P. 2008]

Rysunek 8.14: Wykorzystanie pyłu z elektrycznych pieców łukowych

8.2.2.3.3 Cegły ogniotrwałe

Cegły ogniotrwałe stosuje się do wykładania różnych zbiorników. Według [30, Roederer et al. 1996] zużyte cegły ogniotrwałe były składowane. W ostatnich latach wprowadzono odzyskiwanie dających się wykorzystać cegieł magnezytowych, dolomitowych i cegieł z glinu, a składowane są wyłącznie te frakcje, które nie nadają się do odzysku [373, Eurofer 2007]. Cegły wykorzystuje się ponownie głównie w produkcji stali w ten sam sposób, lub też na inne sposoby, które nie wymagają cegieł wysokiej jakości. W zakładzie z elektrycznym piecem łukowym o wydajności około 400 000 ton stali nierdzewnej rocznie ilość zużytych cegieł ogniotrwałych wynosi do około 9000 ton rocznie [386, Cores i in. 2005]. W tabeli 8.12 przedstawiono roczne wartości pod względem różnych etapów procesu. Tabela 8.12:

Przykładowe roczne ilości zużytych materiałów ogniotrwałych w ramach jednej instalacji

Zastosowany materiał ogniotrwały	Elektryczny piec łukowy	Kadz	Piecokadz Urządzenie do próżniowego odgazowania stali (RH)	Urządzenie do odlewania	Odlewanie za pomocą bloków
Magnezyt	1200	3800	600 ⁽¹⁾	2400	
Dolomit		600			
Mulit (glina)					500

⁽¹⁾ Magnezyt chromu.

Uwaga: Wartości podano w tonach na rok.

Źródło: [386, Cores i in. 2005].

8.2.2.4 *Zużycie energii*

Energia elektryczna i gaz ziemny są najważniejszymi źródłami energii dla działania elektrycznego pieca łukowego. Podczas procesu wytapiania występują następujące rodzaje energii:

- energia cieplna z łuku elektrycznego,
- energia cieplna z procesu spalania gazu ziemnego lub innych paliw gazowych lub ciekłych,
- energia chemiczna pochodząca z reakcji egzotermicznych zachodzących w piecu na skutek utleniania się metali.

Zużycie energii przez piec stanowi zrównoważony wynik trzech wymienionych powyżej rodzajów energii. W [364, Fuchs, G. 2008] podano przykład elektrycznego pieca łukowego o względnie niskiej energii wejściowej, składającej się z energii elektrycznej wynoszące 380 kWh/t, 210 kWh/t ze spalania paliw oraz 100 kWh/t na skutek utleniania się metali, co odpowiada 690 kWh/t stali ciekłej. Z tej sumy 370 kWh/t konieczne jest to stopienia i podgrzania złomu do temperatury spustu, 37 kWh/t do upłynnienia i podgrzania żużlu, 100 kWh/t to straty ciepła pieca, a 140 kWh/t to ciepło jawne w gazach odlotowych.

W ciągu ostatnich 40 lat zaczęto wykorzystywać 140 kWh/t ciepła jawnego w gazach odlotowych i dziś jest to sprawdzona metoda na obniżenie całkowitego zapotrzebowania na energię do funkcjonowania elektrycznego pieca łukowego. Jednym z wariantów jest wykorzystanie ciepła jawnego do podgrzewania złomu. Przed procesem stapiania w komorze pieca złom może zostać podgrzany do temperatury około 800°C, co zmniejsza całkowite zużycie energii do 100 kWh/t stali ciekłej.

8.2.2.5 *Emisje hałasu*

[260, Germany 2007] [273, Eurofer 2007]

W elektrostalowniach wyposażonych w piece łukowe występują następujące źródła hałasu:

- stalownia z elektrycznym piecem łukowym,
- składowisko złomu,
- główne odpylanie,
- odpylanie sklepienia odciągu,
- urządzenia do gospodarowania wodą,
- Transport zbiorników z żużlem,
- transport produktów, np. za pomocą ładowarek,
- przetwarzanie żużlu w kruszarkach, separatorach magnetycznych i urządzenia przesiewowych.

Tradycyjne elektryczne piece łukowe wykazują przeciętne poziomy hałasu (przy wytapianiu i obróbce), wynoszące L_{WA} (ważony poziom mocy akustycznej) = 118 - 133 dB(A) dla pieców >10 t oraz L_{WA} = 108 - 115 dB(A) dla pieców <10 t. O poziomie emisji hałasu decyduje jednostkowa moc transformatora. W elektrycznych zakładach produkcji stali mogą pojawiać się poziomy hałasu do L_{WA} = 127 dB(A) (pomiar obejmuje proces wytapiania i obróbki). Głównymi źródłami emisji hałasu są stalownie z piecem elektrycznym, składowiska złomu i główne odpylanie.

8.2.2.6 *Zanieczyszczenie gleby*

W wielu przypadkach składowisko złomu jest odkryte, a jego powierzchnia nie jest utwardzona (zob. część 8.1.1). Zanieczyszczenie gleby może powstać w wyniku składowania złomu zanieczyszczonego olejem mineralnym/emulsją lub innymi związkami. Brak informacji dotyczących zakresu i wpływu takiego zanieczyszczenia gleby [260, Germany 2007].

Jeżeli składowisko do przerobu żużlu jest na powierzchni nieutwardzonej, a surowy żużel zawiera wolny CaO, woda alkaliczna może przenikać do gleby.

8.3 Techniki, które należy uwzględnić przy ustalaniu BAT

W niniejszym rozdziale omówiono techniki (lub ich kombinacje), oraz ich monitorowanie mające potencjał do osiągnięcia wysokiego poziomu ochrony środowiska w działaniach w zakresie niniejszego dokumentu.

Obejmuje ona techniki zintegrowane z procesem oraz środki stosowane po jego zakończeniu. Rozważane są również procedury unikania generowania odpadów oraz zarządzanie nimi, w tym minimalizacja ilości odpadów i ich recykling. Ponadto omówiono techniki ograniczające zużycie surowców, wody oraz energii.

Informacje zawarte w tym rozdziale będą odnosiły się do kryteriów ustalania najlepszych dostępnych technik (BAT) wymienionych w aneksie III do dyrektywy. W takim zakresie, w jakim jest to możliwe, do prezentacji zgromadzonych informacji dotyczących każdej z technik stosuje się standardową strukturę przedstawioną w tabeli 8.13, w celu umożliwienia porównania technik i ich oceny w odniesieniu do definicji najlepszych dostępnych technik (BAT) podanej w dyrektywie.

Niniejszy rozdział niekoniecznie przedstawia pełną listę technik, które można zastosować w sektorze. Inne techniki mogą być stosowane lub zostać opracowane oraz następnie uwzględnione przy ustalaniu BAT dla poszczególnych instalacji.

Tabela 8.13: Podział informacji dla każdej z technik omawianej w niniejszym podrozdziale

Rodzaj rozważanej informacji	Rodzaj zawartej informacji
Opis	Krótki opis techniczny z obrazkami, diagramami i grafami, jeśli to właściwe.
Osiągnięte korzyści dla środowiska	Główne potencjalne korzyści dla środowiska możliwe do osiągnięcia dzięki zastosowaniu techniki (w tym oszczędność energii, wody, surowców, jak również zwiększenie produktywności, wydajności energetycznej itp.).
Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)	Potencjalne efekty uboczne dla środowiska i niekorzystne oddziaływanie na inne komponenty związane z zastosowaniem danej techniki, w tym szczegóły wpływu środowiskowego techniki w porównaniu z innymi technikami (wady i zalety podparte danymi, jeśli takie są dostępne) w celu dokonania oceny wpływu techniki na środowisko jako całość. Może to obejmować takie kwestie jak:

	<ul style="list-style-type: none"> • zużycie surowców i wody, • zużycie energii i przyczynianie się do zmiany klimatu, • możliwość kurczenia się warstwy ozonu w stratosferze, • możliwość tworzenia ozonu fotochemicznego, • zakwaszanie w związku z emisjami do powietrza, • pył w powietrzu (w tym mikrocząsteczki i metale), • eutrofizacja gleb i wód w związku z emisjami do powietrza lub wody, • możliwość zmniejszania ilości tlenu w wodzie, • trwałe/toksyczne/bioakumulujące związki w wodzie lub glebie (w tym metale), • tworzenie lub zmniejszanie ilości pozostałości z procesu (odpadów), • możliwość ponownego wykorzystania lub recyklingu pozostałości z procesu (odpadów), • hałas lub przykre zapachy, • ryzyko wypadków.
Dane operacyjne	Faktyczne dane dotyczące wydajności (w tym warunki odniesienia, okresy i metody monitorowania) oraz poziomów emisji, poziomów zużycia (surowców, wody, energii) oraz ilości wytworzonych odpadów. Wszelkie inne użyteczne informacje dotyczące działania, konserwacji i sterowania daną techniką.
Możliwość zastosowania	Wskazanie na rodzaj zakładów lub procesów, w których dana technika może lub nie może zostać zastosowana, jak również na ograniczenia jej zastosowania w określonych przypadkach, z uwzględnieniem np. wieku zakładu (nowy lub istniejący), czynników związanych z modernizacją (np. dostępność miejsca), rozmiar zakładu (duży lub mały), już zainstalowanych technik oraz rodzaju lub jakości produktu.
Aspekty ekonomiczne	Informacje dotyczące kosztów (inwestycyjnych i operacyjnych) oraz wszelkich możliwych oszczędności (np. ograniczone zużycie surowców lub energii, opłaty za odpady) lub przychodów, w tym szczegółowe informacji dotyczące sposobu ich obliczenia/oszacowania. Podane zostaną informacje gospodarcze związane z nową budową i modernizacją dostosowującą technikę do istniejących instalacji. Powinno to pozwolić na określenie, tam gdzie to możliwe, całkowitego wpływu ekonomicznego techniki.
Motywacja do wdrożenia techniki	Konkretne warunki lokalne, wymagania (np. legislacyjne, środki bezpieczeństwa) lub bodźce inne niż środowiskowe (np. zwiększona produktywność, lepsza jakość produktu), które doprowadzały dotychczas do wdrożenia techniki.
Przykładowe zakłady	Odniesienie do zakładu/zakładów, w których wdrożona została dana technika i z których dane zostały zebrane i wykorzystane do opracowania obecnego podrozdziału. Wskazanie na stopień rozpowszechnienia danej techniki w Europie i na świecie.

Bibliografia	Literatura przedmiotu lub inne materiały referencyjne (np. książki, raporty, opracowania, strony internetowe) wykorzystane do opracowania podrozdziału i zawierające bardziej szczegółowe informacje dotyczące techniki.
--------------	--

8.3.1 Proces optymalizacji funkcjonowania elektrycznych pieców łukowych

Opis

Proces funkcjonowania elektrycznego pieca łukowego jest cały czas ulepszany w celu zoptymalizowania jego działania i zwiększenia jego wydajności, co oznacza zmniejszenie jednostkowego zużycia energii. Najistotniejsze środki/techniki, które opisano pokrótce w tej części, to [312, Dr. Michael Degner i in. 2008]:

- bardzo duża moc pracy (ultra high power operation),
- chłodzone wodą boczne ściany i sklepienia,
- palniki tlenowo-paliwowe i świeżenie stali tlenem doprowadzanym lanca,
- układ dolnego spustu,
- praktyka spieniania żużłu,
- obróbka w kadzi lub obróbka pozapiecowa,
- automatyzacja pobierania próbek i dodawania pierwiastków stopowych,
- zwiększona efektywność energetyczna,
- komputerowa kontrola procesu i automatyzacja.

Bardzo duża moc pracy

Dążenie do skrócenia czasów między spustami doprowadziło do montażu bardziej wydajnych transformatorów piecowych. Rozstrzygającymi parametrami dla pieców o (bardzo) dużej mocy, które brano pod uwagę była jednostkowa moc pozorna zasilania, średnia sprawność mocy ($\geq 0,7$), oraz rozsądne wykorzystanie czasu transformatora ($\geq 0,7$). Duża moc pracy może doprowadzić do wyższej wydajności, obniżenia jednostkowego zużycia elektrod i obniżenia jednostkowej objętości spalin, ale również do wzrostu zużycia wymurówki pieca [57, Heinen 1997].

Chłodzone wodą boczne ściany i sklepienia,

W ciągu ostatnich dwudziestu lat zaczęto wykladać ściany pieca i sklepienia dachu panelami chłodzonymi wodą, co daje możliwość zaoszczędzenia tworzyw ogniotrwałych, wykorzystania technologii pieca o bardzo dużej mocy, jak również ponownego wykorzystania ciepła odpadowego przez zastosowanie urządzeń do odzyskiwania energii. Należy jednak sprawdzić w poszczególnych zakładach, czy odzysk energii jest ekonomicznie uzasadniony. Zasadniczo wyróżnić można dwa układy chłodzenia. Pierwszy to tak zwane zimne lub gorące chłodzenie, które zmniejsza straty energii poprzez wzrost temperatury wody chłodzącej przepływającej w węzownikach. Drugi, czyli chłodzenie przez parowanie działa poprzez parowanie wody chłodzącej w celu ograniczenia promieniowania cieplnego wywołanego procesem łuku elektrycznego. W celu zabezpieczenia paneli bocznych chłodzonych wodą od naprężenia cieplnego, szczególnie, gdy nie jest możliwe wykonanie operacji spieniania żużłu (zob. poniżej), stosowana jest regulacja procesu wytapiania sterowana komputerowo, aby zabezpieczyć panele przed zużyciem spowodowanym naprężeniem mechanicznym, ale także oszczędzać tworzywa ogniotrwałe [75, Knoop i in. 1997].

Palniki tlenowo-paliwowe i świeżenie stali tlenem doprowadzanym lanca

Palniki tlenowo-paliwowe przyczyniają się do jednorodnego wytapiania złomu. Kompensuje to również częściowo wpływ kontroli maksymalnego zapotrzebowania na zasilanie energią

elektryczną. Zwykle dodatkowe źródło energii, jakim są palniki tlenowo-paliwowe i świeżenie stali tlenem doprowadzanym lancą, pozwala na obniżenie całkowitej potrzebnej energii wejściowej.

Układ dolnego spustu

Technika dolnego spustu jest stosowana od 1983 r. i dziś jest bardzo powszechna, ponieważ pozwala zminimalizować ilość żużlu tlenkowego przenoszonego do kadzi podczas spustu. Pozwala to również na oszczędności kosztów dzięki zmniejszeniu ilości wymaganych tworzyw ogniotrwałych, szybszemu spustowi stali i zmniejszeniu strat energii. Ponadto, upraszcza to przechwytywanie pyłów.

Większość nowych elektrycznych pieców łukowych do produkcji stali węglowej jest wyposażona w układy dolnego spustu. Starsze piece, a także większość pieców do produkcji stali nierdzewnej, są nadal wyposażone w rynny spustowe. Przyczyny takiej sytuacji są różne. Rynny spustowe pozwalają na spust całego wytopionego materiału oraz na spust częściowy. Procedura spustu jest dobrze kontrolowana, a konserwacja rynien jest łatwa z uwagi na ich prostą konstrukcję. W przypadku produkcji stali nierdzewnej oraz dużym stopniu redukcji żużlu odzyskuje się pewne ilości Cr z żużłu po spuście, a przed oddzieleniem żużłu w punkcie oddzielania żużłu [77, Austrian TWG member 2008] [177, Eurofer 2009].

Praktyka spieniania żużłu

Tworzenie spienionego żużłu w obrębie pieca poprawia przepływ ciepła do ładowanych tworzyw wejściowych, jak również zabezpiecza tworzywa ogniotrwale wewnątrz pieca. Z powodu lepszej stabilności łuku i mniejszego oddziaływania promieniowania, procedura spieniania żużłu prowadzi do obniżenia zużycia energii, mniejszego zużycia elektrod, obniżenia poziomu hałasu oraz do zwiększenia wydajności. Powoduje to również dodatni wpływ na kilka reakcji metalurgicznych (np. pomiędzy żużłem a metalową kąpielą). Gęstość spienionego żużłu jest mniejsza niż zwykłego żużłu z elektrycznego pieca łukowego zawierającego tlenek żelaza ($1,15-1,5 \text{ t/m}^3$ w porównaniu z $2,3 \text{ t/m}^3$). Z tego powodu ilość żużłu powstającego podczas produkcji stali zwiększa się i może spowodować potrzebę zastosowania większych koszy żużlowych. Po spuście żużel częściowo ponownie odgazowuje. Nie otrzymano żadnych informacji na temat negatywnego oddziaływania procedury spieniania żużłu na możliwości wykorzystania żużłu. Należy zauważyć, że wykorzystanie procedury spieniania żużłu przy produkcji stali wysokogatunkowych, takich jak stal nierdzewna lub inne rodzaje stali wysokostopowej, jest często niemożliwe.

Obróbka w kadzi lub obróbka pozapiecowa,

Niektóre etapy produkcji nie muszą być wykonywane w samym elektrycznym piecu łukowym i mogą być przeprowadzane bardziej skutecznie w innych kadziach (takie etapy jak odsiarczanie, wprowadzanie składników stopowych, regulacja składu chemicznego i temperatury). Technikę przeniesienia pewnych operacji do kadzi, pieco-kadzi, lub innych zbiorników wprowadzono około 1985 roku [36, EPRI 1992] [57, Heinen 1997]. Podawane zalety tego rozwiązania to oszczędność energii (oszczędności netto na poziomie 10-30 kWh/t), skrócenie czasów „od spustu do spustu” o około 5-20 minut, zwiększenie wydajności, lepsza kontrola ciepła dostarczanego do ciągłego odlewania stali, ewentualne obniżenie zużycia elektrod (do 0,1-0,74 kg/t), oszczędności dodatków stopowych i obniżenie emisji z samego elektrycznego pieca łukowego [36, EPRI 1992]. Ewentualną wadą korzystania z kadzi lub innych zbiorników w odniesieniu do kontroli zanieczyszczenia powietrza jest wzrost liczby źródeł emisji wymagający większych inwestycji w urządzenia

do kontroli zanieczyszczenia powietrza, ponieważ potrzebne są dodatkowe urządzenia przechwytyjące pył, takie jak okapy odciągowe.

Zwiększona efektywność energetyczna

Zapotrzebowanie elektrycznego pieca łukowego na energię elektryczną (napięcie elektryczne) znacznie wzrosło od 1995 r., powodując zakłócenia w ramach sieci elektrycznych, co wiąże się ze stratami energii elektrycznej. Elektryczna energia wejściowa jest istotnym elementem funkcjonowania pieca. Poprawa zasilania energią elektryczną poprzez efektywną energoelektronikę pozwala na zwiększenie produktywności oraz zmniejszenie ogólnego zapotrzebowania na energię elektryczną. Jednostkowe zużycie energii elektrycznej na poziomie 360 kWh/t osiągnięto przy elektrycznym piecu łukowym z prądem stałym 100MW DC w zakładzie ArcelorMittal, Esch-Belval, w Luksemburgu. W odniesieniu do elektrycznych pieców łukowych z prądem zmiennym, jedno z badań pokazało, że zwiększenie zasilania może prowadzić do wzrostu produktywności na poziomie około 7% oraz powiązanych zysków związanych z efektywnością energetyczną [252, France 2007].

Komputerowa kontrola procesu i automatyzacja

Od 1982 r. sterowanie komputerowe w elektrycznych piecach łukowych stało się konieczne i zostało powszechnie wprowadzone, ponieważ duże wydajności produkcyjne wymagają sprawnych układów sterowania w celu zarządzania przepływami tworzyw i danych powstającymi przy wyborze surowców, w elektrycznym piecu łukowym, pieco-kadzi, urządzeniu do ciągłego odlewania stali. Sprawne układy sterowania pozwalają w szczególności na optymalizację energii wejściowej do pieca oraz na zwiększenie produktywności, jak również obniżenia emisji pyłu [86, Linninger i in. 1995] [312, Dr. Michael Degner i in. 2008].

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Osiągnięte korzyści dla środowiska wymieniono powyżej w części z opisem.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ang. cross-media effects)

Palniki tlenowe zwiększają przepływ gazów odlotowych, ale z drugiej strony zmniejszają całkowite zapotrzebowanie na energię.

Chłodzone wodą boczne ściany i sklepienia wymagają dodatkowego zużycia energii na poziomie około 10-20 kWh/t, ale to zużycie kompensują zyski w obszarze dostępności i konserwacji zakładu. Chłodzone wodą boczne ściany i sklepienia dają, między innymi, możliwość zastosowania nowoczesnej technologii, takiej jak piece o dużej lub bardzo dużej mocy pracy.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwość zastosowania

Opisane techniki można zastosować zarówno w nowych, jak i istniejących zakładach, należy jednak sprawdzić ich zasadność w odniesieniu do każdego zakładu oddzielnie.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Duża konkurencja na rynku oraz potrzeba zwiększenia produktywności/obniżenia kosztów doprowadziły do wprowadzenia opisanych technik.

Przykładowe zakłady

Wiele zakładów w UE jest wyposażonych w opisane techniki i działa w zoptymalizowanych warunkach.

Bibliografia

[16, Rentz 1997] [252, Francja 2007] [260, Niemcy 2007] [273, Eurofer 2007] [312, Dr. Michael Degner i in. 2008]

8.3.2 Wstępne podgrzewanie złomu

Opis techniki

Technika wykorzystania ciepła jawnego w gazach odlotowych (ok. 140 kWh/t ciekłej stali) rozwinęła się w ciągu ostatnich 40 lat i jest obecnie sprawdzonym sposobem na redukcję ogólnego zapotrzebowania na energię w elektrycznym piecu łukowym. Jedną z możliwości jest wykorzystanie ciepła jawnego do wstępnego podgrzania złomu. Złom może być podgrzany do temperatury ok. 800–1000°C w układach nieciągłych i do 300–400°C w układach ciągłych przed procesem topienia w elektrycznym piecu łukowym, co ogranicza całkowite zużycie energii nawet do 100 kWh/t ciekłej stali.

Podgrzewanie odbywa się albo w koszach do ładowania złomu albo w szybie (piecu szybowym) dodanym do elektrycznego pieca łukowego bądź też w specjalnie zaprojektowanym systemie taśmowym do przenoszenia złomu, który pozwala na nieprzerwane ładowanie złomu w czasie topienia. W niektórych przypadkach do procesu wstępnego podgrzewania dodawana jest nawet energia ze źródeł kopalnych [373, Eurofer 2007].

Technologia szybowa była opracowywana stopniowo. W 1988 r. firma Fuchs Systemtechnik GmbH, obecnie SIEMENS VAI Metals Technologies, rozpoczęła prace nad pokonaniem ograniczeń związanych ze wstępnym podgrzewaniem złomu w koszach, decydując się na bezpośrednie ładowanie złomu do szybu umiejscowionego na sklepieniu elektrycznego pieca łukowego. Piec z pojedynczym szybem pozwala na podgrzanie 100% złomu [125, Smith 1992].

Kolejną modyfikacją był piec z podwójnym szybem składający się z dwóch identycznych pieców z pojedynczymi szybami (układ dwukadłubowy) znajdującymi się obok siebie i obsługiwany przez jeden zestaw ramion elektrod. Złom jest wstępnie podgrzewany częściowo przez gazy odlotowe, a częściowo przez palniki umieszczone w ścianie bocznej.

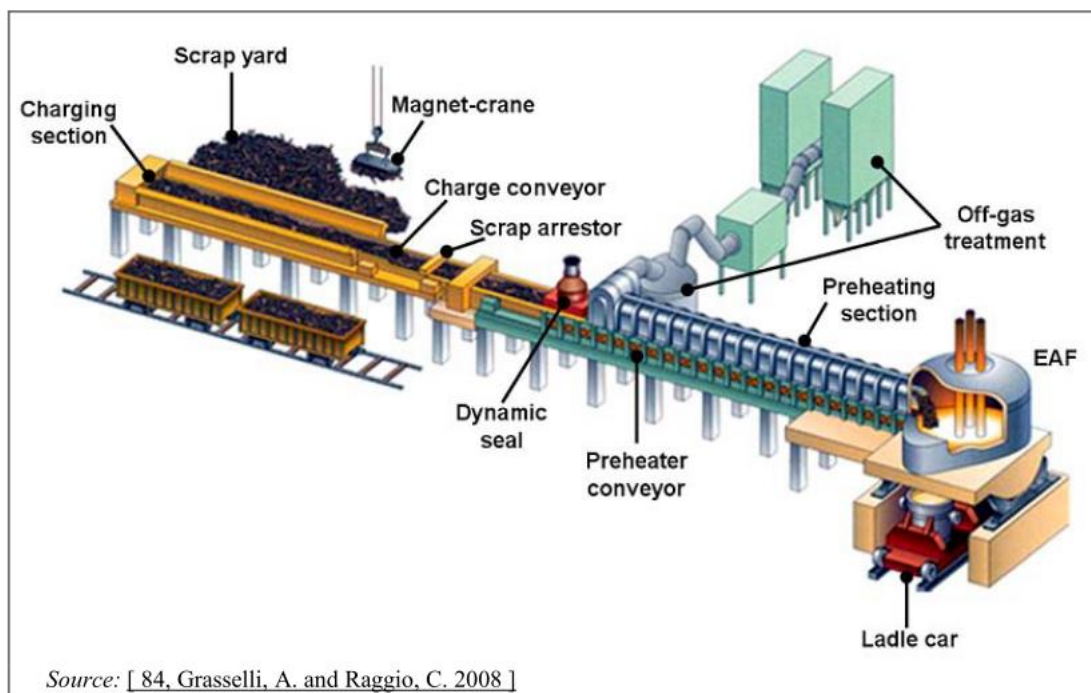
Bardzo wydajnym modelem pieca szybowego jest piec z szybem palcowym. Piec z szybem palcowym wyposażony jest w „palce” służące do zatrzymywania złomu, co pozwala na wstępne podgrzanie 100% złomu [162, Voss-Spilker et al. 1996]. Pierwszy kosz podgrzewany jest w czasie rozdrabniania poprzedniej porcji, a drugi w czasie topienia pierwszej. Pierwszy piec z szybem palcowym został postawiony i rozpoczął pracę w 1994 r. w zakładzie Hylsa w Monterrey w Meksyku. Poprzez użycie gazów odlotowych z pieca w czasie podgrzewania złom może być wstępnie nagrany do temperatury ok. 1000°C przed ostatecznym roztopieniem w komorze pieca. Oznacza to znaczne oszczędności energii i kosztów z wyraźnym ograniczeniem czasu między spustami. Czwarta generacja technologii wstępnego podgrzewania Siemens VAI z bardziej wydajnym systemem ładowania do szybu oraz udoskonalonym wstępnym podgrzewaniem złomu została zamontowana w styczniu 2008 r. w Stahl Gerlafingen. Średnia dodatkowa oszczędność energii w tym systemie wynosi ok. 10 kWh na tonę ciekłej stali.

Wszystkie występujące emisje z układów wstępnego podgrzewania złomu mogą być spalane w oddzielnej komorze spalania po zakończeniu procesu.

Od 2000 roku ciągle wstępne podgrzewanie i ładowanie złomu jest bardzo popularne, np. CONSTEEL (zob. Rysunek 8.15) [84, Grasselli, A. and Raggio, C. 2008]. Złom ładowany jest za pomocą dźwigów na specjalny przenośnik taśmowy. W sekcji wstępnego podgrzewania wsad otrzymuje ciepło z gazów odlotowych wychodzących z pieca. Przepływ złomu dostosowywany jest do mocy wejściowej elektrycznego pieca łukowego. Wsad

topiony jest poprzez zanurzenie w jeziorzku metalu, podgrzewany przez energię pochodzącą z elektrycznych łuków i z reakcji chemicznych zachodzących w wytopie, w odróżnieniu od konwencjonalnych ładowanych od góry elektrycznych pieców łukowych, gdzie topienie zachodzi wyłącznie na skutek bezpośredniego przekazywania ciepła z elektrycznych łuków. Wanna zawsze pokryta jest żużłem stale pienionym przez kontrolowane dodawanie węgla i tlenu.

Innym niedawno opracowanym procesem wstępnego podgrzewania złomu z ładowaniem ciągłym jest technologia COSS (zob. tabela 8.15) [364, Fuchs, G. 2008].



Rysunek 8.15: Schemat procesu CONSTEEL

EN	PL
Charging section	Sekcja ładowania
Scrap yard	Składowisko złomu
Magnet-crane	Dźwig magnetyczny
Charge conveyor	Przebieg wsadu
Scrap arrester	Łapacz złomu
Dynamic seal	Dynamiczne uszczelnienie
Preheating conveyor	Przebieg podgrzewacza
Preheating section	Sekcja wstępnego podgrzewania
Off-gas treatment	Oczyszczanie gazów odlotowych
EAF	Elektryczny piec łukowy
Ladle car	Kadź wagonowa

Osiągnięte korzyści dla środowiska

W przypadku pieców szybowych można osiągnąć bardzo wysokie temperatury wstępnego podgrzewania powietrza, nawet do 800–1000°C. Dzięki opisanym wyżej technikom wstępnego podgrzewania złomu możliwa jest oszczędność energii rzędu 70–100 kWh/t ciekłej stali, co stanowi około 10–25% całkowitej energii elektrycznej użytej w procesie. Oszczędności obliczone na podstawie energii pierwotnej są około trzy razy większe z uwagi na wydajność dostaw energii. Dodatkowo podgrzewanie złomu z zastosowaniem tych dwóch rozwiązań znacznie obniża czas między spustami, gdyż do wsadu musi zostać dostarczone mniej energii, co oznacza znaczący wzrost wydajności.

W połączeniu z zaawansowanym oczyszczaniem gazu odlotowego podgrzewanie złomu może odgrywać znaczącą rolę w optymalizacji produkcji stali z wykorzystaniem elektrycznego pieca łukowego nie tylko pod względem wydajności, ale również minimalizacji emisji.

Efektym ubocznym podgrzewania złomu jest obniżenie emisji nieoczyszczonego pyłu o około 20%, ponieważ gaz odlotowy musi przejść przez złom, który działa jak filtr. Redukcja ta koreluje ze wzrostem zawartości cynku w pyłe, co sprzyja jego recyklingowi.

Przy zastosowaniu układów ciągłego ładowania złom może zostać podgrzany do średniej temperatury 300°C, co zwiększa wydajność pieca i zmniejsza zużycie energii. Ładowanie ciągłe ma jednak jeszcze dodatkowe zalety obejmujące m.in. niższy poziom hałasu.

Wszelkie CO i H₂ uważane są za pochodzące z procesu topienia i spalane są do CO₂ oraz H₂O wewnątrz podgrzewacza. Ciągłość procesu pozwala na utrzymywanie stabilnej temperatury gazów odlotowych na wyjściu w zakresie od 800 do 1100°C z 8–10% nadmiarem tlenu, co pozwala na całkowite zniszczenie polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn i dibenzofuranów (PCDD/F). Zakładając, że gazy odlotowe zostaną szybko schłodzone do temperatury poniżej 200–250°C, ryzyko tworzenia się nowych PCDD/F jest znacząco ograniczone.

Niemniej jednak doświadczenia z co najmniej dwóch ładujących nieprzerwanie instalacji pokazują wysokie stężenie emisji PCDD/F znacznie przekraczających wartość 0,1 ng I-TEQ/Nm³ [67, TSW GmbH 2005]. Oznacza to, że dodatkowe rozwiązania ograniczające ilość PCDD/F w celu zapewnienia stężenia ich emisji poniżej 0,1 ng I-TEQ/Nm³ mogą być konieczne również w niektórych przypadkach technik ciągłego ładowania. W tabeli 8.14 zaprezentowane zostały wyniki ciągłego pomiaru emisji zanieczyszczeń z jednej z instalacji w ciągu ośmiu lat jej eksploatacji.

Tabela 8.14: Pomiary emisji zanieczyszczeń z jednej instalacji w ciągu ośmiu lat jej eksploatacji

Parametr	Jednostki	1999–2007
Strumień gazów odlotowych	Nm ³ /h	750 000–800 000
CO	mg/Nm ³	142–400
NO _x	mg/Nm ³	5–50
PCDD/F	ng I-TEQ/Nm ³	0,05–0,20
Pył (PM ₁₀)	mg/Nm ³	0,40–0,86
<i>Źródło:</i> [84, Grasselli, A. and Raggio, C. 2008].		

W 2008, w elektrycznym piecu łukowym w miejscowości Mo i Rana zamontowany został piec CONSTEEL. W celu ograniczenia emisji pyłu, dioksyn i rtęci za filtrem workowym zamontowany został filtr węglowy. Pomiary wykonane przed i po zainstalowaniu pieca Consteel pokazują, że emisje dioksyn i rtęci zostały ograniczone o ponad 90%.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Wstępne podgrzewanie złomu wygląda bardzo atrakcyjnie z perspektywy gospodarki energetycznej. Jednak nagrzewanie złomu może prowadzić do wytwarzania organicznych substancji zanieczyszczających z uwagi na możliwą obecność substancji organicznych na złomie. W związku z niskimi temperaturami złomu przylegające do niego składniki organiczne, takie jak oleje i smary są jedynie odparowywane, ale nie są niszczone termicznie, czego skutkiem jest m.in. powstawanie lotnych związków organicznych chlorowanych węglowodorów oraz prekursorów PCDD/F [367, Prüm et al. 2005].

Jak zostało to już wspomniane, znaczne emisje aromatycznych związków chlorowcoorganicznych takich jak polichlorowane dibenzo-p-dioksyny i dibenzofurany (PCDD/F), chlorobenzeny, polichlorowane bifenyle (PCB) oraz wielopierścieniowych związków aromatycznych (WWA) i innych produktów częściowego spalania mogą być spowodowane zanieczyszczeniem złomu farbami, tworzywami sztucznymi, smarami lub innymi związkami organicznymi. W jednym elektrycznym piecu łukowym z konwencjonalnym wstępnym podgrzewaniem złomu zmierzone zostało do 9,2 ng I-TEQ/Nm³.

Emisje te mogą zostać zminimalizowane dzięki dopalaniu w specjalnie zaprojektowanej komorze dopalającej wyposażonej w palniki opalane paliwem kopalnym. W związku z wysoką temperaturą konieczną do zniszczenia POP (stałych zanieczyszczeń organicznych) obecnych w gazach odlotowych ilość potrzebnej energii jest znaczna i dorównuje ilości energii zaoszczędzonej dzięki wstępnemu podgrzewaniu złomu.

Dane operacyjne

Od swojego uruchomienia żaden piec CONSTEEL nie został zatrzymany. W poniższej tabeli zaprezentowane zostały dane operacyjne dla wybranych systemów wstępnego podgrzewania złomu stosowanych w elektrycznych piecach łukowych.

Tabela 8.15: Dane techniczne z wybranych systemów wstępnego podgrzewania złomu stosowanych w elektrycznych piecach łukowych

Parametr	Jednostka	Consteel Zakład 1	Consteel Zakład 2	Consteel Zakład 3		Zakład Fuchs-Coss	SIMETAL Zakład z szybem palcowym 1		SIMETAL Zakład z szybem palcowym 2
Rodzaj pieca		DC	AC	AC			AC		DC
Ciężar wytopu	t ciekłej stali	109	187	73		120	126,5		80
Moc transformatora	MVA	90	130	50		100	85		56
Skład wsadu metalowego		100% złomu	80% złomu 15% surówki	80% złomu 20% surówki	80% złomu 20% ciekłego metalu	100% złomu (¹)	100% złomu	80% złomu 20% surówki	100% złomu
Temperatura spustu	°C	1650	1630	1600		b.d.	1620	1673	1630
Średnia moc	MW	55	82	37	33	b.d.	57	63	35
Dodatki	kg/t ciekłej stali	26	32	41	60	58	50	48	b.d.
Czas pracy	min	41	50	43	35	40	40	30	38
Czas spoczynku	min	8	15	7	7	b.d.	10	17	12
Zużycie energii elektrycznej	kWh/t ciekłej stali	343	365	362	265	300	300	248	278
Zużycie tlenu	Nm ³ /t ciekłej stali	35,5	33	34	35	38	34	37	44
Zużycie elektrod	kg/t ciekłej stali	0,8	0,9	1,4	1,2	1,2	1,3	1,1	0,8
Wydajność wstępnego podgrzewania złomu									
Temperatura złomu po wstępnym podgrzewaniu	°C	200–300				300–400	800–1000		
Wydajność wstępnego podgrzewania złomu	kWh/t ciekłej stali	15				b.d.	80–100		
⁽¹⁾ Możliwe do osiągnięcia w teorii. Działający zakład Coss stosuje 60% złomu i 40% ciekłego metalu. Uwaga: b.d. = brak danych Źródło: [58, Kaestli, P. 2009][84, Grasselli, A. and Raggio, C. 2008][364, Fuchs, G. 2008].									

Możliwości zastosowania

Proces CONSTEEL może być zastosowany zarówno w nowych, jak i istniejących zakładach. W przypadku istniejących instalacji lokalne warunki, takie jak możliwość wykorzystania powierzchni, ograniczenia w montażu przenośnika taśmowego lub położenie składowiska złomu muszą być sprawdzone i mogą czasem uniemożliwić zastosowanie tej techniki. Systemy wstępnego podgrzewania złomu nie wymagają konkretnego rozmiaru złomu w większym stopniu niż konwencjonalne elektryczne piece łukowe. Podkład składowiska złomu jest taki sam jak przy piecach z koszami.

Aspekty ekonomiczne

W przypadku elektrycznego pieca łukowego z szybem palcowym osiągnane czasy między spustami wynoszą około 35 minut, co stanowi o około 10-15 minut mniej w porównaniu z elektrycznym piecem łukowym bez sprawnego podgrzewania złomu. Pozwala to na bardzo szybki czas zwrotu z inwestycji zbliżony do jednego roku.

Przykładowo dla nowej huty produkującej ok. jednego miliona ton stali rocznie wdrożenie techniki Consteel stanowi zwykle ok. 10–15% całej inwestycji.

Modernizacja to koszt rzędu 5–10 mln euro, który zależy w dużej mierze od rozmiaru pieca, układu i zakresu wymaganych zmian.

Całkowite oszczędności osiągalne dzięki procesowi CONSTEEL dla instalacji o wydajności topienia 1 mln ton rocznie wynoszą ok. 9,5 euro na tonę ciekłej stali.

Motywacja do wdrożenia techniki

Główną motywacją jest zwiększenie produktywności, osiągnięcie większego uzysku metalu ze wsadu i obniżenie kosztów konwersji w połączeniu z mniejszym oddziaływaniem na środowisko. W niektórych przypadkach wstępne podgrzewanie złomu za pomocą pieca z szybem palcowym zostało wprowadzone z połączeniu z zaawansowanym oczyszczaniem gazów odlotowych.

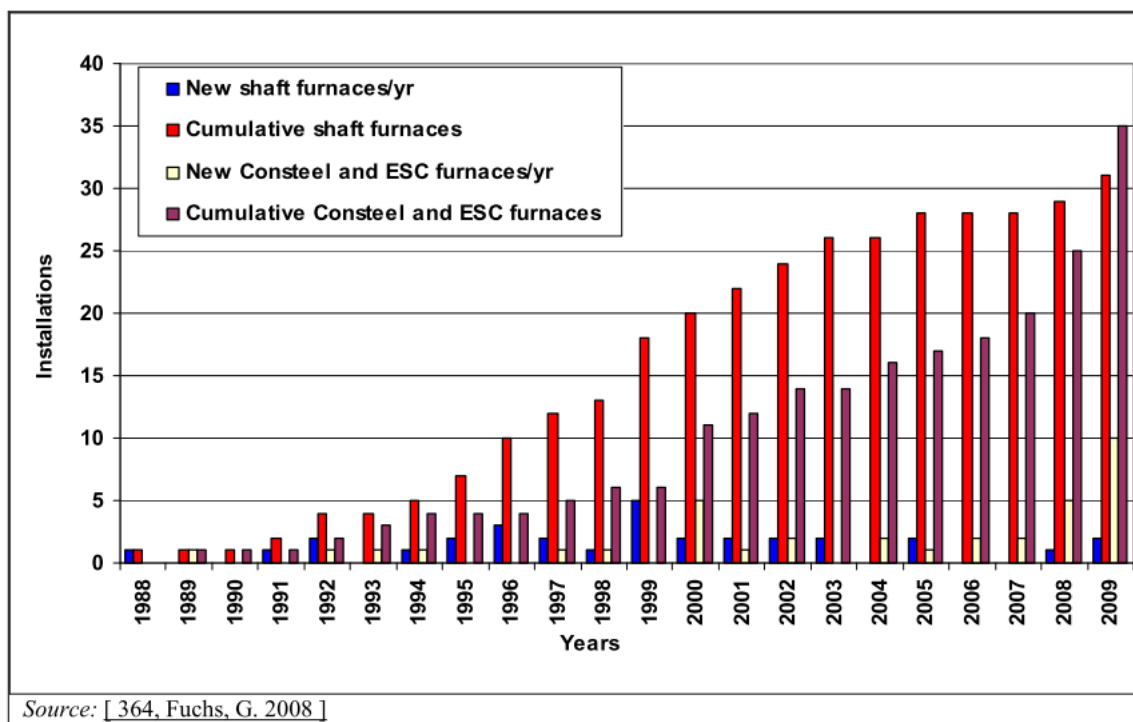
Inną znaczącą motywacją jest ograniczenie zakłóceń elektrycznych w zakładach, w których sieć dostaw energii elektrycznej jest kwestią problematyczną.

Przykładowe zakłady

- Dwukadłubowy piec szybowy ze zintegrowanym wstępnym podgrzewaniem w szybie: ASW, Montereau we Francji
- Dwa piece z szybem palcowym i jeden piec szybowy, Zhangjiagang w ChRL
- Trzy piece z szybem palcowym Severstal AG w Rosji
- Dwa piece z szybem palcowym, Habas, Aliaga w Turcji
- Piec z szybem palcowym, Stahl Gerlafingen w Szwajcarii
- Piec z szybem palcowym, SUEZ Steel w Egipcie
- CONSTEEL w TSW, Trier w Niemczech
- CONSTEEL w Celsa Mo i Rana w Norwegii
- CONSTEEL w ORI Martin, Brescia we Włoszech
- CONSTEEL w Acciaierie Arvedi, Cremona we Włoszech
- CONSTEEL w Sovel Hellenic Steel Company w Grecji.

W styczniu 2009 r. na całym świecie było 31 pieców szybowych i 35 działających nieprzerwanie systemów CONSTEEL, wliczając w to instalacje w trakcie budowy.

Na rysunku 8.16 zaprezentowane zostały liczby pieców szybowych, CONSTEEL i ESC zainstalowanych od 1988 do 2009 roku.



Rysunek 8.16: Liczba instalacji do wstępnego podgrzewania w elektrycznym piecu łukowym

EN	PL
Installations	Instalacje
Years	Lata
New shaft furnaces/yr	Nowe piece szybowe uruchomione w danym roku
Cumulative shaft furnaces	Wszystkie piece szybowe
New Consteel and ESC furnaces/yr	Nowe piece Consteel i ESC uruchomione w danym roku
Cumulative Consteel and ESC furnaces	Wszystkie piece Consteel i ESC

Bibliografia

[54, Haissig 1997 IT 84, Grasselli, A. and Raggio, C. 2008][91, Memoli, F. and Ferri, M. 2007][94, Mc Manus 1995][125, Smith 1992][162, Voss-Spilker et al. 1996][208, Lindfors et al. 2006] [260, Niemcy 2007][273, Eurofer 2007][287, MVAE 2005] [364, Fuchs, G. 2008][367, Prüm et al. 2005][373, Eurofer 2007][388, Fisher et al. 2005]

8.3.3. Ograniczanie emisji pyłu z przetwarzania żużła

Opis techniki

Jeśli żużel gromadzony jest w kadzi w elektrycznym piecu łukowym, musi być wylany do zewnętrznych wanien żużlowych w celu przejścia w stan stały. Żużel można dodatkowo schłodzić spryskując go wodą, co prowadzi do powstawania par.

Jeśli żużel wylewany jest na podłogę, jest on wstępnie kruszony po przejściu w stan stały za pomocą koparek lub ładowarek łopatowych, a następnie transportowany do miejsca magazynowania na zewnątrz budynku.

Po jakimś czasie żużel przetwarzany jest w urządzeniach do kruszenia i sortowania w celu nadania mu pożądanej konsystencji do oddzielania metalu od żużła na potrzeby dalszego wykorzystania w przemyśle budowlanym. Kruszenie żużła i odzysk metalu mogą prowadzić do emisji pyłu.

W celu zminimalizowania emisji pyłu urządzenia do kruszenia i sortowania mogą być otoczone osłonami z wyciągiem. Emisje z procesu kruszenia i sortowania są następnie oczyszczane za pomocą filtra workowego. Przenośniki taśmowe powinny być również osłonięte, a miejsca transferu mogą być nawilżane. Jeśli przetworzony żużel jest

magazynowany, hałdy powinny być nawilżane. W czasie załadunku rozkruszonego żużla można zastosować mgiełki wodne do zminimalizowania emisji pyłu [85, VDI/DIN 2006][260, Niemcy 2007][273, Eurofer 2007] [373, Eurofer 2007].

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Dzięki wykorzystaniu tej techniki można osiągnąć stężenie pozostałych pyłów na poziomie $<10-20 \text{ mg/m}^3$.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwości zastosowania

Technikę tę można stosować tak w nowych, jak i w istniejących instalacjach.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Główną motywacją jest ograniczenie emisji pyłów.

Przykładowe zakłady

BSW, Kehl w Niemczech

Georgsmarienhütte, Osnabrück w Niemczech

Lech-Stahlwerke (LSW), Meitingen w Niemczech

Bibliografia

[85, VDI/DIN 2006]

8.3.4 Zaawansowane systemy wychwytywania emisji

Opis techniki

Podstawowe i wtórne emisje do powietrza są istotne (zob. pkt. 8.2.2.1). Zarówno podstawowe jak i wtórne emisje powinny być wychwytywane w największym możliwym stopniu, najlepiej u źródła, a następnie ograniczane. Preferuje się połączenie bezpośredniego odciągu w układzie okapów wyciągowych (lub osłon pieca) z czwartym otworem (w przypadku trzech elektrod, np. AC) i odpowiednio drugim otworem (w przypadku jednej elektrody, np. DC), lub oczyszczanie powietrza z całego budynku.

Czwarty lub drugi otwór (zob. Rysunek 8.7) mogą zebrać praktycznie całość podstawowych emisji powstających podczas procesu topienia i rafinacji. Ten rodzaj technologii bezpośredniego wyciągania jest najnowocześniejszym systemem wychwytywania emisji podstawowych w nowoczesnym procesie hutniczym wykorzystującym elektryczny piec łukowy. System ten może być również stosowany w zbiornikach obróbki pozapiecowej.

W układzie z okapem (zob. Rysunek 8.7) jeden lub więcej okapów nad piecem wylapuje pośrednio dymy wydostające się z pieca w trakcie załadunku, topienia, odżużlania i spustu (do 90% emisji podstawowych i wtórnych [22, WE, Elektryczne piece łukowe, 1994]). Układ z okapem jest powszechnie stosowany w przemyśle wykorzystującym elektryczne piece łukowe. W połączeniu z systemami odciągu bezpośredniego skuteczność wychwytywania emisji głównych oraz wtórnych wzrasta do 98%. Okapy są również instalowane w celu wychwytywania emisji powstających w zbiornikach obróbki pozapiecowej, koszach samowyladowczych i przenośnikach taśmowych.

Oslony pieców, nazywane także budami (zob. Rysunek 8.7), zwykle otaczają piec, jego uchylne sklepienie, a także pozostawiają część przestrzeni roboczej przed drzwiami pieca. Zwykle gazy odlotowe są wyciągane w pobliżu szczytu jednej ze ścian osłony, a świeże powietrze wprowadzane jest przez otwory umiejscowione w pomoście technicznym [EPRI, 1992]. Ujemnymi stronami tej technologii wyciągania są bardziej skomplikowane sposoby postępowania powodujące straty czasu i wymagające większych inwestycji (np. potrzeba

dotychczasowych mechanizmów zamykania i otwierania drzwi i procedur ładowania i opróżniania pieca). Współczynniki odciągowe układów osłonowych typu „buda” są podobne lub zwykle nieznacznie wyższe od współczynników układów z okapem połączonych z odciągami bezpośrednimi poprzez otwór. Pozytywnym efektem zastosowania osłon pieca jest obniżenie poziomu hałasu, jeśli są one skonstruowane w odpowiedni sposób. Ograniczenie hałasu przy zastosowaniu osłony dźwiękoszczelnej w zakładzie z elektrycznym piecem łukowym może obniżyć średnie natężenie dźwięku od 10 do 20 dB(A) [79, Kuhner et al. 1996]. Osłony pieców mogą również być stosowane w procesach obróbki pozapiecowej [22, WE, Elektryczne piece łukowe 1994], ale wymaga to specjalnej konstrukcji ścian stalowni eliminującej efekt echa.

Innym możliwym do zastosowania sposobem wyłapywania emisji wtórnej z pieca i innych instalacji jest całkowite zamknięcie wszystkich instalacji w jednym szczelnym budynku.

Wzniesienie takich budynków wraz z dodatkowo wymaganymi dużymi instalacjami odpylającymi pociąga za sobą znaczne koszty dla producentów. Z tego powodu należy przeprowadzić staranną analizę kosztów i korzyści dla każdego zakładu, zanim zastosuje się takie rozwiązanie. Jego pozytywnym efektem jest obniżenie poziomu hałasu przenikającego na zewnątrz. Zwykle ciśnienie wewnątrz zamkniętego budynku utrzymywane jest poniżej ciśnienia atmosferycznego, aby uniemożliwić ucieczkę dymów w trakcie przypadkowego otwarcia drzwi.

W celu uzyskania większego współczynnika wychwytywania emisji należy zapewnić lepszy wyciąg. W zależności od systemu wychwytywania ilość wyciągniętych zanieczyszczeń utrzymuje się na poziomie 600 000–1,2 mln m³/h.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Często stosowane są systemy z okapem połączone z wyciągiem bezpośrednim poprzez otwór. Połączenie to pozwala na wychwytywanie około 98% emisji podstawowych. Ponadto wychwycona może być znaczna część emisji (wtórnych) powstających przy załadunku i spuszczeniu, chociaż zależy to od rodzaju i ilości okapów [22, WE, Elektryczne piece łukowe 1994]. Przy połączeniu wyciągu bezpośredniego z osłoną pieca osiąga się wychwytywanie od 97% do 100% całkowitej emisji pyłów [57, Heinen 1997]. Oczyszczanie powietrza z całego budynku także pozwala na wychwycenie praktycznie 100% emisji.

W jednym przypadku system wychwytywania emisji został niedawno zaprojektowany i zoptymalizowany. Wiązało się to ze zwiększeniem objętości wyciągniętych gazów z 630 000 do 1 250 000 Nm³/h, nowym wyłożeniem sklepienia huty i stalowni, odnowieniem podstawowego rurociągu dla gazów odlotowych z elektrycznego pieca łukowego oraz dodaniem filtra workowego, trzech wentylatorów i nowego komina.

Porównanie emisji pyłów z kominów hutniczych przed i po modernizacji zaprezentowane zostało w tabeli 8.16.

Tabela 8.16: Porównanie emisji pyłów z kominów hutniczych przed i po modernizacji (jedna huta w Niemczech)

Parametr	Mierzona wartość	
	Stężenie	Przepływ masy
Emisje pyłów z kominów hutniczych, średnie dzienne wartości do sierpnia 2006 r.	4,5–5 mg/m ³	3,25 kg/h
Emisje pyłów z kominów hutniczych, średnie dzienne wartości od września 2006 r.	0,35 mg/m ³	0,44 kg/h
Poprawa osiągnięta dzięki modernizacji	- 93%	- 87%
<i>Źródło: [355, Plickert 2007].</i>		

Rozwiązanie to przyczyniło się również do znacznej poprawy środowiska pracy oraz ograniczenia rozproszonych emisji pyłu przez wentylatory na sklepieniu z 6,35 mg/m³ do 2,5 mg/m³, co stanowi redukcję o ok. 60% [355, Plickert 2007].

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Systemy wychwytywania emisji wymagają energii, szczególnie do napędu wentylatorów.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwości zastosowania

Technikę tę można stosować tak w nowych, jak i w istniejących instalacjach.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Główną motywacją jest ograniczenie emisji pyłów.

Przykładowe zakłady

Wiele zakładów w Europie wyposażonych jest w system bezpośredniego wyciągu gazów odlotowych połączony z okapem.

Następujące zakłady w Niemczech są wyposażone wyłącznie w osłony („budy”) lub w połączenie „budy” z wyciągiem bezpośrednim poprzez otwór: Benteler AG, Lingen; ThyssenKrupp Nirosta, Bochum; ThyssenKrupp Nirosta, Krefeld; Mannesmannrohr GmbH, Bous/Saar; TSW, Trier; Stahlwerke Thüringen GmbH, Unterwellenborn, Elbe and Stahlwerke Feralpi, Riesa.

Oczyszczanie powietrza z całego budynku: ArcelorMittal, Schiffflange; Differdange i Belval, wszystkie w Luksemburgu.

Bibliografia

[16, Rentz 1997][22, WE Elektryczne piece łukowe 1994][57, Heinen 1997][208, Lindfors et al. 2006][366, Dornseiffer et al. 2007] [373, Eurofer 2007]

8.3.5 Techniki ograniczania podstawowych i wtórnych emisji do atmosfery z elektrycznych pieców łukowych

Techniki ograniczania podstawowych i wtórnych emisji do atmosfery z elektrycznych pieców łukowych (na przykład ograniczania stężenia PCDD/F w emisjach do powietrza) odnoszą się do całości emisji podstawowych i wtórnych.

Dlatego też, jeśli emisje podstawowe i wtórne są oczyszczane oddzielnie, stężenie wskazane jako możliwy do osiągnięcia wynik powinno być porównane ze średnią ważoną stężeń emisji podstawowych i wtórnych mierzonych za układem wychwytywania pyłu.

8.3.5.1 Ograniczanie ilości pyłu przy użyciu filtra workowego i filtra elektrostatycznego

Opis techniki

Zdecydowanie najczęstszą techniką ograniczania ilości pyłu w pracy z elektrycznym piecem łukowym (EAF) jest filtr workowy (zwany również stacją filtrów workowych), który idealnie nadaje się do walki z pyłem generowanym w tych piecach. Filtry workowe skutecznie wychytują wszystkie zanieczyszczenia związane z pyłem, np. metale ciężkie, jak również zanieczyszczenia chloroorganiczne, takie jak PCDD/F, zwłaszcza, jeśli stosowane są środki adsorpcyjne (zob. pkt. 8.3.5.3).

Przepływ gazów odlotowych z odciągu podstawowego i wtórnego zależy od systemu wychwytywania emisji. Wielkość odciągu utrzymuje się zwykle na poziomie 600 000–1,4 mln m³/h. W przypadku dużych filtrów workowych, jakie są zwykle konieczne w hutach stosujących elektryczne piece łukowe, najlepiej sprawdzają się rurowe torby materiałowe o długości ok. 6 m i średnicy ok. 200 mm. Ważnym parametrem filtrów workowych jest

stosunek powietrza do materiału, który przy elektrycznych piecach łukowych wynosi zwykle między 1 a 1,3 (m³/min/m²).

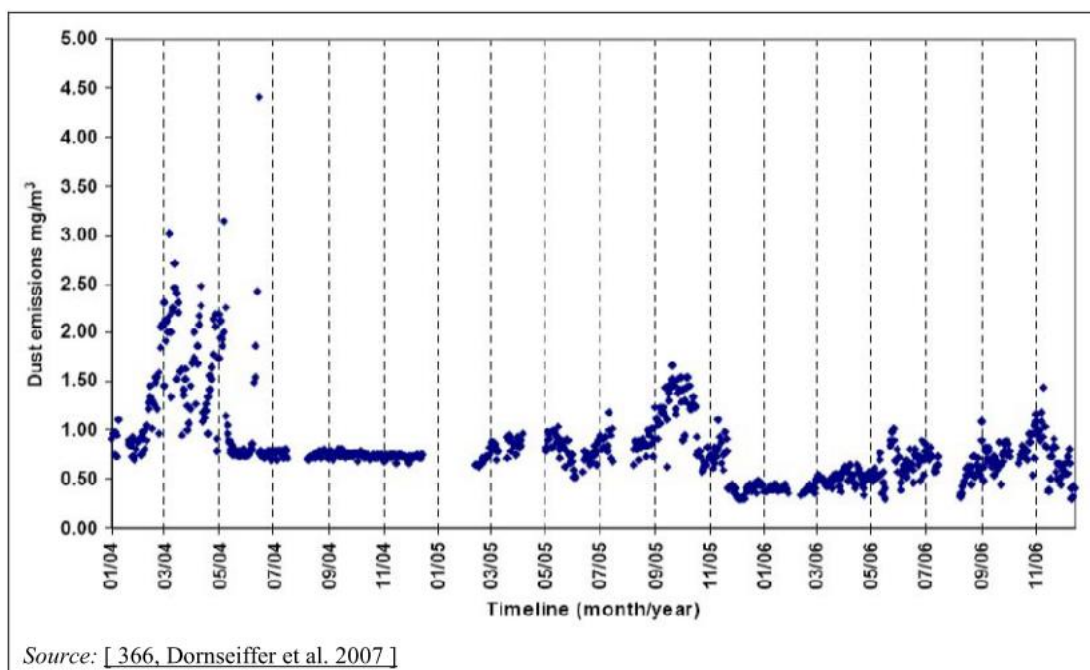
Zwykłym materiałem filtrującym stosowanym w pracy z elektrycznymi piecami łukowymi jest odporny na iskry poliester lub pokryty politetrafluoretylenem filc igłowany. Ważne jest jednak, żeby rozżarzone drobinki nie dostały się do materiału filtrującego i nie wypaliły w nim dziur. W tym celu w rurociągach z surowym gazem montowane są często urządzenia zatrzymujące iskry, takie jak cyklony.

Czyszczenie materiału, tj. okresowe usuwanie pyłu zgromadzonego na powierzchni odbywa się albo przez mechaniczne potrząsanie albo dzięki ciągłej pracy w pełni zautomatyzowanego układu czyszczenia skompresowanym powietrzem, który pozwala na nieprzerwanie procesu na czas czyszczenia. Placki pyłu odpadające z worków zbierane są w koszach pod workami i transportowane są poza filtr przez układ przenośnika.

W nielicznych zakładach z elektrycznymi piecami łukowymi stosowane są filtry elektrostatyczne, które są jednak nieco mniej skuteczne.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Na Rysunek 8.17 zaprezentowane zostały wielkości emisji pyłu z jednego zakładu z elektrycznym piecem łukowym na przestrzeni trzech lat (2004–2006). Dane pokazują, że przy dobrze zaprojektowanych i prawidłowo stosowanych filtrach workowych możliwe jest uzyskanie rocznych emisji pyłu na poziomie 1 mg/Nm³. Dobrze zaprojektowany i utrzymywany filtr workowy pozostawia mniej niż 5 mg/Nm³ emisji (średnia dzienna).



Rysunek 8.17: Średnie dzienne emisje pyłu z zakładu z elektrycznym piecem łukowym w ciągu trzech lat

EN	PL
Dust emissions mg/km ³	Dzienne emisje w mg/km ³
Timeline (month/year)	Czas (miesiąc/rok)

Szczegółowe wyniki z ciągłych pomiarów pyłu w wyżej wspomnianych zakładach z elektrycznym piecem łukowym przeprowadzanych w ciągu trzech lat zaprezentowane zostały w tabeli 8.17.

Tabela 8.17 Średnie dzienne emisje pyłu z trzech instalacji elektrycznego pieca łukowego (EAF) (2004–2006)

Wynik pomiaru	EAF A	EAF B	EAF C	Jednostka
Średnia	0,84	0,85	0,53	mg/Nm ³
Odchylenie standardowe	0,47	0,40	0,58	mg/Nm ³
Minimum	0,30	0,05	0,01	mg/Nm ³
Maksimum	7,82	4,35	7,36	mg/Nm ³
Liczba wartości	902	716	1054	
Źródło: [366, Dornseiffer et al. 2007].				

W tabeli 8.18 zaprezentowane zostały wyniki z siedmiu pomiarów ilości pyłu i metali ciężkich przeprowadzonych w Niemczech i Austrii oraz dwóch w Holandii.

Tabela 8.18: Pozostały pył i stężenia metali ciężkich w dziewięciu instalacjach elektrycznego pieca łukowego po ograniczeniu emisji

Parametr		Filtr workowy	Filtr elektrostatyczny ⁽¹⁾	Jednostka
Pył		0,35–3,4	1,8	mg/Nm ³
Metale :	Hg	0,001–0,019		mg/Nm ³
	Suma Sb, Pb, Cr, CN, F, Cu, Mn, V, Se, Te, Ni, Co, Sn	0,006–0,022	<0,0003	mg/Nm ³
	Cr (bez Cr (VI))	0,013	0,01–0,07	mg/Nm ³
	Mn	0,036		mg/Nm ³
	Ni	0,003		mg/Nm ³
<p>⁽¹⁾ Filtr elektrostatyczny stosowany w produkcji stali nierdzewnej. Uwaga: - Wartości są średnimi rocznymi i odnoszą się do centralnego układu odpylania - Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne zawierają benzo(a)piren i dibenzo(a,h)antracen. Źródło: [191, Infomil 2010][244, Plickert 2007][277, Wiesenberger 2007][355, Plickert 2007].</p>				

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Filtry workowe wychwytyją przede wszystkim pył, w tym wszystkie metale ciężkie obecne jako cząsteczki stałe w temperaturze filtrowania, jak również substancje organiczne, które są przyciągane do pyłów, w tym PCDD i PCDF. Filtry workowe odgrywają zasadniczą rolę w ograniczaniu ilości PCDD/F, jak zostało to opisane w pkt. 8.3.5.2. i 8.3.5.3.

Dane operacyjne

Do wyższych poziomów emisji może dochodzić, kiedy części filtra workowego są uszkodzone. Można tego jednak uniknąć dzięki stałemu monitorowaniu emisji pyłu oraz wymianie wszystkich uszkodzonych filtrów workowych. Dobrze zaprojektowane filtry mają komory właściwych rozmiarów, co minimalizuje ich zużycie mechaniczne. Ponadto są

wyposażone w mechanizm zatrzymywania iskier oraz kontroli temperatury, a także w mechanizm rozpoznawania nadmiernego nagromadzenia pyłu.

Worki flitów wytwarzane są z różnego rodzaju materiałów. Niektóre mogą być stosowane w temperaturze nie wyższej niż 125–130°C, inne funkcjonują w temperaturach do 250°C. Tkaniny dostosowane do filtracji w niskiej temperaturze zwykle skuteczniej ograniczają emisję. Strumień gazu odlotowego powinien być schładzany do odpowiedniej temperatury. Często pomaga w tym mieszanie strumieni podstawowych i wtórnych. Jeśli temperatura będzie wciąż za wysoka, a także w przypadku oddzielnego filtrowania strumienia podstawowego i wtórnego, w podstawowym strumieniu gazów odlotowych należy zamontować dodatkowe urządzenia chłodzące.

Zużycie energii wynosi ok. 20–28 kWh/t ciekłej stali dla filtrów workowych i oczyszczania powietrza z całego budynku.

Możliwości zastosowania

Oczyszczanie gazów odlotowych za pomocą filtra workowego może być stosowane zarówno w nowych jak i w już istniejących zakładach.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Większość europejskich hut z elektrycznym piecami łukowymi stosuje do ograniczania emisji pyłu filtry workowe. Przykłady tej techniki podane zostały w tabeli 8.19.

Tabela 8.19: Przykładowe zakłady stosujące techniki ograniczające emisję pyłu

Przykładowe zakłady	Opis
Luksemburg	Trzy zakłady z elektrycznym piecem łukowym
Böhler Edelstahl, Kapfenberg w Austrii	Zakład z elektrycznym piecem łukowym produkujący 180 000 ton stali wysokostopowej. W hucie znajduje się elektryczny piec łukowy obsługujący wsady o masie 50 ton, konwerter do odwęglania w argonie i tlenie w ramach rafinacji kadziowej, a także specjalna huta, w której prowadzi się oczyszczanie próżniowe i ponowne topienie. Do podstawowego odpylania główne źródła emisji (elektryczny piec łukowy i konwerter do odwęglania w argonie i tlenie) są osłonięte. Gaz odlotowy wyciągnięty z obu tych źródeł emisji oczyszczany jest w filtrze workowym. Ilość gazu odlotowego wynosi ok. 900 000 Nm ³ /h.
Marienhütte, Graz w Austrii	Zakład z elektrycznym piecem łukowym produkujący ok. 365 000 ton stali węglowej rocznie, która to stal jest przetwarzana w stalowe pręty i stal zbrojeniową. Wydajność elektrycznego pieca łukowego wynosi 35 t/h. W czasie procesu topienia emisje podstawowe są wyciągane z czwartego otworu elektrycznego pieca łukowego. Emisje wtórne odciągane są za pomocą okapu stropowego. Emisje podstawowe i wtórne prowadzone są przez komorę mieszającą i oczyszczane razem w filtrze workowym. Całkowita ilość gazów odlotowych wynosi ok. 1 mln Nm ³ /h.
Elbe Stahlwerke Feralpi, Riesa w Niemczech	Ilość gazów odlotowych wynosi ok. 1 250 000 Nm ³ /h; powierzchnia filtra wynosi 19 270 m ² .

BSW, Kehl w Niemczech	Ilość gazów odlotowych wynosi ok. 1 800 000 Nm ³ /h; powierzchnia filtra wynosi 38 000 m ² .
Ovako Imatra w Finlandii	Ilość gazów odlotowych wynosi ok. 620 000 Nm ³ /h; powierzchnia filtra wynosi 9 400 m ² . Filtr wykonany jest z pokrytego politetrafluoretylenem filcu igłowanego, czyszczony skompresowanym powietrzem i monitorowany nieprzerwanie dwoma systemami: trybometrycznym systemem pomiarowym SINTROL [®] i optycznym systemem pomiarowym SICK [®] .
Źródło: [208, Lindfors et al. 2006][277, Wiesenberger 2007][360, Sick-Maihak 2006][366, Dornseiffer et al. 2007][355, Plickert 2007] REFERENCE BOOKMARK 8669.	

Bibliografia

[140, Eurofer 2009][208, Lindfors et al. 2006][244, Plickert 2007][277, Wiesenberger 2007][355, Plickert 2007][366, Dornseiffer et al. 2007][367, Prüm et al. 2005][375, IISI 1998][388, Fisher et al. 2005]

8.3.5.2 Ograniczanie ilości PCDD/F przez dopalanie i obróbkę termiczną w połączeniu z filtrem workowym

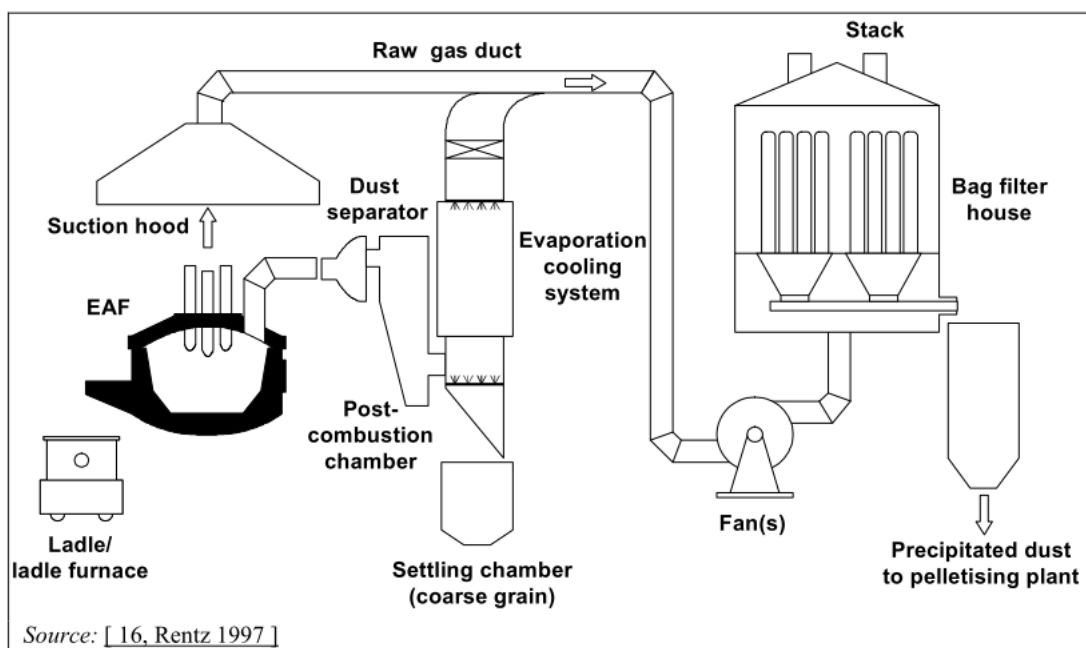
Opis techniki

Dopalanie w komorze spalania ma na celu głównie całkowite spalenie CO i H₂ pozostałego w gazie odlotowym w celu uniknięcia niekontrolowanych reakcji w instalacji do oczyszczania.

Po drugie dopalanie takie, jeśli jest dobrze zoptymalizowane (tzn. kiedy temperatura i czas retencji są właściwe) obniża emisję związków organicznych i chloroorganicznych, takich jak WWA, PCB lub PCDD/F. Dopalenie mające na celu dodatkowo minimalizację mikrozanieczyszczeń organicznych wymaga niezbędnego czasu retencji, turbulencji i temperatury (zasada trzech T – z ang. retention time, turbulence and temperature).

Ciepło powstające przy tym spalaniu na ogół nie jest odzyskiwane, chyba że jest możliwy odzysk za pomocą wody chłodzącej.

W celu uniknięcia syntezy de novo polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów niezbędne jest chłodzenie (gaszenie) dymów do temperatury poniżej 250°C najszybciej po dopalaniu jak to możliwe. W niektórych przypadkach uzyskuje się to przez rozpuszczenie w obiegu wtórnym, w większości przypadków jednak stosuje się wtrysk wody w wieży gaśniczej. Rysunek 8.18 przedstawia schemat dopalania podstawowych gazów odlotowych z elektrycznego pieca łukowego z szybkim chłodzeniem.



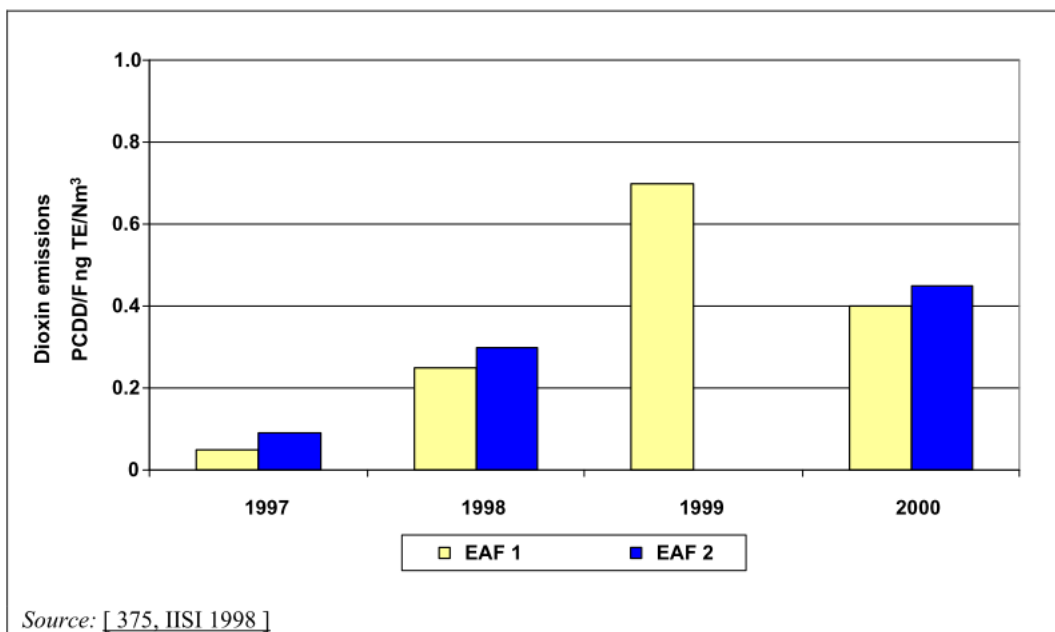
Rysunek 8.18: Dopalanie podstawowych gazów odlotowych z elektrycznego pieca łukowego z szybkim chłodzeniem

EN	PL
Ladle/ ladle furnace	Kadz/ pieco-kadz
EAF	Elektryczny piec łukowy
Suction hood	Okap odciągowy
Raw gas duct	Rurociąg z nieoczyszczonym gazem
Dust separator	Separator pyłu
Post-combustion chamber	Komora dopalania
Settling chamber (coarse grain)	Komora osadcza (grube ziarno)
Evaporating cooling system	Układ chłodzenia wyparnego
Fan(s)	Wentylator(y)
Stack	Komin
Bag filter house	Stacja filtra workowego
Precipitated dust to pelletising plant	Pył strącony do grudkowni

Korzyści dla środowiska

Na Rysunek 8.19 widać, że stężenie PCDD/F mierzone w dwóch elektrycznych piecach łukowych z dopalaniem i szybkim chłodzeniem wynosiło między 0,102 a 0,7 ng I-TEQ/Nm³. Głównym powodem zaobserwowanego braku efektywności tej techniki są prawdopodobnie:

- niewystarczająco wysoka temperatura w komorze dopalania w czasie pierwszych kilku minut procesu topienia w elektrycznym piecu łukowym, czyli dokładnie wtedy kiedy najprawdopodobniej najwięcej zanieczyszczeń organicznych ulatnia się z pieca
- odległość między komorą dopalania a wieżą gaśniczą była w tym przypadku, w związku z okolicznościami modernizacji, duża, więc możliwa była synteza de novo. System chłodzenia zaraz przy komorze dopalania dałby prawdopodobnie znacznie lepsze wyniki.



Rysunek 8.19: Średnie roczne stężenia emisji dioksyn z dwóch elektrycznych pieców łukowych z dopalaniem i szybkim chłodzeniem (1997–2000)

EN	PL
Dioxin emissions	Emisje dioksyn
PCDD/F ng TE/Nm ³	PCDD/F ng TE/Nm ³
EAF 1	Elektryczny piec łukowy 1
EAF 2	Elektryczny piec łukowy 2

W tabeli 8.20 zaprezentowane zostały wyniki z siedmiu pomiarów pyłu, WWA i PCDD/F z Niemiec i Austrii.

Tabela 8.20: Stężenia emisji pyłu, WWA i PCDD/F po ograniczeniu emisji

Parametr	Filtr workowy	Jednostka
pył	0,35–3,4	mg/Nm ³
WWA	<0,00001	mg/Nm ³
PCDD/F	0,0015–0,1 (¹)	ng I-TEQ/Nm ³
<p>(¹) Górne wartości pochodzą z pomiarów wykonanych w 1997 roku. Uwaga: – Wartości są średnimi rocznymi i odnoszą się do centralnego układu odpylania – Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) zawierają benzo(a)piren i dibenzo(a,h)antracen. Źródło: [244, Plickert 2007] [REFERENCE BOOKMARK_8669 [277, Wiesnerberger 2007]] [355, Plickert 2007].</p>		

Przy właściwym dopalaniu z następującym po nim szybkim chłodzeniem (poprzez rozpuszczenie lub za pomocą wieży gaśniczej) można na ogół otrzymać stężenie emisji PCDD/F poniżej 0,1 ng I-TEQ/Nm³. W niektórych przypadkach z wyżej wymienionych powodów mogą wystąpić większe emisje PCDD/F.

Poniższa tabela 8.21 przedstawia dodatkowe wyniki pomiarów pyłu i PCDD/F z czterech elektrycznych pieców łukowych z dopalaniem i szybkim chłodzeniem w Niemczech.

Tabela 8.21: Dane eksploatacyjne dopalania w czterech niemieckich zakładach stosujących elektryczne piece łukowe

Zakład													
	Elektryczny piec łukowy 1		Elektryczny piec łukowy 2			Elektryczny piec łukowy 3		Elektryczny piec łukowy 4 ⁽¹⁾					
Parametry													
Waga spustu (t)	105		138			85/85		150					
Zasilanie (MVA)	105		96			57/68		135					
Wychwytywanie emisji	czwarty otwór, okap		czwarty otwór, okap			czwarty otwór, okap		czwarty otwór, (podst.) osłona z dwoma wyciągami (sekcja 1 i 2)					
Dopalenie (PC)	komora dopalania (powietrze)		dopalenie w rurociągu			komora dopalania (powietrze)		dopalenie w rurociągu					
Chłodzenie gazów odlotowych	wtłaczanie wody		obróbka wodna gazów odlotowych			system chłodzenia natryskowego (gaszenie)		chłodzenie poprzez wymiennik ciepła chłodzony powietrzem					
System oczyszczania gazu odlotowego	filtr workowy		filtr elektrostatyczny			filtr workowy (1 dla obu)		Filtry workowe					
Liczba pomiarów w zakładzie	1	2	1	2	3	1	2	1	2	3	4	5	6
Stężenia gazu: ⁽²⁾													
Pył w gazie nieoczyszczonym (podst.)	3 398	14 246	4 200	12 500	3 600	-	-	-	-	-			
Pył w gazie nieoczyszczonym (wtór.)	148	273	Podst. i wtór. razem										
Pył w gazie czystym (podst.)	0,76	1,05	15	15	18	1,45	1,1	<1,1					
Pył w gazie czystym (wtór.)	Średnio ⁽³⁾		Średnio ⁽³⁾			Średnio ⁽³⁾		0,54 ⁽⁴⁾ 1,8 ⁽⁴⁾					

PCDD/F (podst.)	-	-	-	-	-	-	-	0,09	0,047	0,084	0,022	0,02	0,08
PCDD/F (wtór.)	-	-	-	-	-	-	-	-	0,025 0,015	0,043 0,024	0,009 0,08	0,013 0,04	0,013 0,08
PCDD/F (podst. i wtór. razem)	0,016	0,021	0,01	0,02	0,01	0,13	0,1	-	-	-	-	-	-

⁽¹⁾ Pomiary zostały wykonane w 2008 roku.

⁽²⁾ Stężenie gazu nieoczyszczonego i czystego podane jest w mg/Nm³, natomiast stężenie PCDD/F w ng I-TEQ/Nm³.

⁽³⁾ Średnia z dwóch punktów pomiaru.

⁽⁴⁾ Dwie wartości odnoszą się do wtórnych 1 i wtórnych 2.

Uwaga: – = Brak istotnych lub jakichkolwiek informacji.

(podst.) = Stężenie za urządzeniem odpylającym podstawowe gazy odlotowe.

(wtór.) = Stężenie za urządzeniem odpylającym wtórne gazy odlotowe.

Źródło: [16, Rentz 1997][137, Theobald 1995][177, Eurofer 2009][189, N.N. 2008].

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Dopalenie dodatkowymi palnikami zużywa znaczną ilość energii (rzędu 30 kWh/t). W związku z tym, że gazy odlotowe muszą być schładzane, by uniknąć syntezy de novo PCDD/F, nie da się odzyskać energii.

Dane operacyjne

Zużycie wody do chłodzenia może wynosić do 40 ton na godzinę.

Spalanie termiczne przed chłodzeniem można osiągnąć, stosując palniki opalane gazem ziemnym w komorach dopalania.

Możliwości zastosowania

Instalacja dopalania w firmie BSW, Kehl w Niemczech, działa bez istotnych problemów.

Co do zasady dopalanie może być stosowane zarówno w nowych jak i w już istniejących zakładach, jednak w już istniejących zakładach należy każdorazowo sprawdzić lokalne warunki i możliwości (m.in. dostępne miejsce, funkcjonujący system odprowadzania gazów odlotowych itp.).

Aspekty ekonomiczne

W 1997 r. koszt inwestycji w wieżę gaśniczą wynosił około 1,2 mln euro. Nie są dostępne inne dane ekonomiczne. Stanowi to większy wydatek w porównaniu z procesem adsorpcji (zob. pkt. 8.3.5.3)

Motywacja do wdrożenia techniki

Główną motywacją do wdrożenia dopalania i szybkiego schładzania jest troska o zdrowie i środowisko poprzez ograniczenie emisji PCDD/F.

Przykładowe zakłady

BSW, Kehl w Niemczech; Salzgitter AG, Peine w Niemczech; B.E.S., Brandenburg w Niemczech; HSE. Henningsdorfer Stahl Engineering GmbH, Henningsdorf w Niemczech; DEW, Witten w Niemczech; ArcelorMittal, Hamburg w Niemczech; Gerlafingen Stahl AG, Gerlafingen w Szwajcarii; ArcelorMittal, Differdange i Esch-Belval, oba w Luksemburgu.

Bibliografia

[68, Karcher et al. 1996][73, Knapp 1996][167, Werner 1997][366, Dornseiffer et al. 2007][367, Prüm et al. 2005][373, Eurofer 2007][375, IISI 1998]

8.3.5.3 Ograniczanie ilości PCDD/F przy zastosowaniu materiałów adsorpcyjnych w połączeniu z filtrami workowymi

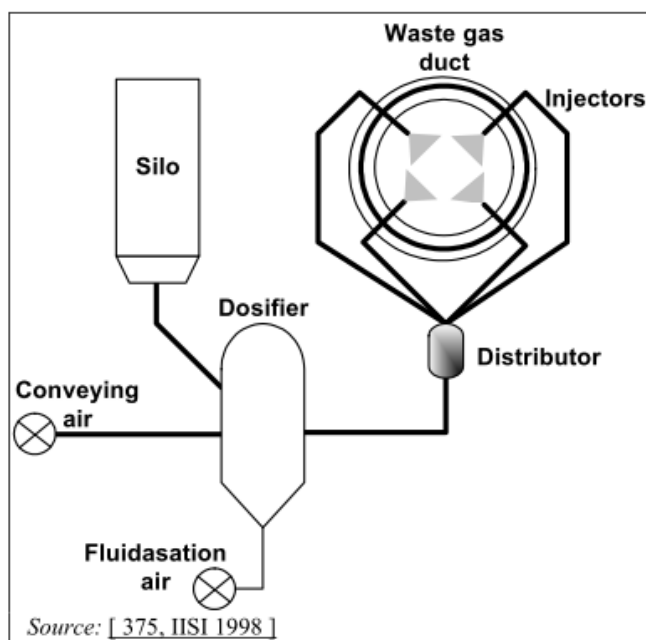
Opis techniki

W celu ograniczenia stałych zanieczyszczeń organicznych, zwłaszcza PCDD/F, w całości gazów odlotowych (emisjach podstawowych i wtórnych), substancje adsorbujące (np. węgiel aktywny, aktywny pył koksowy z węgla brunatnego lub ich mieszanina z wapnem) mogą być dodane do rurociągu wentylacyjnego przed urządzeniem odpylającym. Ilość tych substancji zależy od ich rodzaju i rozmiaru. Zwykle jest to pomiędzy 20 a 150 mg/Nm³ gazów odlotowych. Aktywny pył koksowy z węgla brunatnego ma zwykle od 0 do 0,4 mm, średnio 0,63 μm. W związku z mieleniem średni rozmiar wynosi 24 μm, co powoduje, że wystarczające są mniejsze jego ilości. Średnia wielkość ziaren stosowanych substancji adsorpcyjnych zawierających węgiel wynosi ok. 25 μm.

Adsorpcja zachodzi trzy-etapowo: najpierw, kiedy strumień środka adsorpcyjnego zderza się ze strumieniem surowego gazu, następnie, kiedy gaz wzbogacony o substancję adsorpcyjną przenosi się do urządzenia filtrującego, i wreszcie (zwłaszcza przy zastosowaniu filtrów workowych), kiedy gaz przechodzi przez wzbogaconą substancją adsorpcyjną warstwę pokrywającą pył na filtrze [63, Wirling, J. 2007].

Węgiel, do którego przyciągane są cząsteczki PCDD/F, oddzielany jest od strumienia gazu wraz z pyłem z elektrycznego pieca łukowego zawartym w nieoczyszczonym gazie w kolejnych filtrach workowych.

Na rysunku 8.20 zaprezentowany został układ wdmuchiwania substancji adsorpcyjnej.



Rysunek 8.20: Schemat układu wdmuchiwania substancji adsorpcyjnej

EN	PL
Fluidasation air	Powietrze fluidyzacyjne
Conveying air	Powietrze przynoszące
Silo	Silos
Dosifier	Dozownik
Distributor	Dystrybutor
Injectors	Wdmuchiwacze
Waste gas duct	Rurociąg z gazem odlotowym

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Stężenie emisji pozostałych PCDD/F rzędu 0,01–0,1 ng I-TEQ/Nm³ jest możliwe do osiągnięcia w praktyce. Niektóre obliczenia stosujące wskaźniki podane w pkt. 8.2.2.1.3 pokazują, że wartości tych emisji odpowiadają 0,01–0,14 ng WHO-TEQ PCDD/F (w tym dioksynopodony PCB). Wydajność usuwania jest dość stała i przewidywalna.

Oprócz adsorpcji PCDD/F aktywny węgiel kamienny i pył koksowy z węgla brunatnego bardzo skutecznie oddzielają metale ciężkie, a także nieco mniej skutecznie rtęć. W tabeli 8.22 zaprezentowane zostało ograniczenie PCDD/F w wyniku wdmuchania pyłu koksowego z węgla brunatnego.

Tabela 8.22: Ograniczenie PCDD/F w wyniku wdmuchania pyłu koksowego z węgla brunatnego.

Zakład z elektrycznym piecem łukowym	Przepływ gazu (1000 Nm ³ /h)	Dodatek substancji adsorpcyjnej z koksu na bazie węgla brunatnego (kg/h)	PCDD/F Stężenie emisji bez wdmuchana substancji adsorpcyjnej (ng I-TEQ/Nm ³)	PCDD/F Stężenie emisji po wdmuchaniu substancji adsorpcyjnej (ng I-TEQ/Nm ³)
A	750	100 ⁽¹⁾	0,178–1,44	0,085–0,226
		35 ⁽²⁾		0,003–0,008
		25 ⁽²⁾		0,023–0,092
B	850	40 ⁽²⁾	0,072–0,722	0,007–0,032
C	770	50 ⁽²⁾	0,040–0,714	0,005–0,075
D	690	15 ⁽²⁾	<2,0	<0,05
E	840	20 ⁽²⁾		0,002–0,007
F	1250			0,015–0,04

(¹) Standardowej jakości koks na bazie węgla brunatnego, cząsteczki o wielkości 63 μm (300 m²/g).
(²) Drobnomielony aktywny koks na bazie węgla brunatnego, cząsteczki o wielkości 24 μm (1200 m²/g); z wysokim współczynnikiem samozapłonu.
Uwaga: Dane z lat 1999–2004.
Źródło: [260, Niemcy 2007][277, Wiesenberaer 2007][367, Prüm et al. 2005][368, Prüm et al. 2004][375, IISI 1998].

W tabeli 8.23 zaprezentowane zostały wyniki pomiaru dioksyn zgodnie z postęпами i stopniowej modernizacji i optymalizacji systemu ograniczania emisji zakładu z elektrycznym piecem łukowym polegających na instalacji drugiego układu wdmuchiwanie aktywnego węgla oraz rurociągów wyciągowych przed filtrem workowym. Ilość wyciągniętych gazów odlotowych wynosi ok. 1 250 000 Nm³/h.

Tabela 8.23: Postępy w ograniczaniu emisji PCDD/F po zainstalowaniu drugiego układu wdmuchiwanie węgla

	Stężenie emisji PCDD/F
Po uruchomieniu pierwszego układu wdmuchiwanie aktywnego węgla	
Srednie stężenie z trzech pomiarów we wrześniu, październiku i listopadzie 2006 roku	0,04 ng I-TEQ/Nm ³
Po uruchomieniu drugiego układu wdmuchiwanie aktywnego węgla	
Pomiar 06–08 marca 2007 r.	0,015 ng I-TEQ/Nm ³
Źródło: [355, Plickert 2007].	

Badania pokazują, że stałe zanieczyszczenia organiczne, takie jak PCDD/F, przyciągane do aktywnego koksu na bazie węgla brunatnego są z nim wiązane na stałe silnym połączeniem i są niezawodnie niszczone lub dekomponowane katalitycznie w czasie termicznego oczyszczania pyłu.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Ilość energii potrzebnej do dozowania pyłu koksowego z węgla brunatnego nie jest duża. Pył osiadający w filtrach zawiera pył koksowy z węgla brunatnego i nieznacznie zwiększoną

ilość PCDD/F, ale nie ma to wpływu na oczyszczanie pyłu na potrzeby odzyskania metali kolorowych.

Dane operacyjne

Należy zwrócić uwagę na ostateczną zawartość węgla w mieszaninie pyłu osadzonego w filtrze workowym. Aby uniknąć zapłonu zawartość węgla w pyle z elektrycznego pieca łukowego powinna utrzymywać się na poziomie poniżej 4%.

Aktywny węgiel i koks z węgla brunatnego różnią się pod względem wielkości ziaren oraz efektywnej powierzchni adsorpcyjnej, co wpływa na ilość koniecznych wdmuchów. Aktywny węgiel ma najwyższą jednostkową wolną powierzchnię, dzięki czemu adsorpcja z jego zastosowaniem jest bardzo skuteczna. Aktywny koks na bazie węgla brunatnego jest tańszy niż inny aktywny koks, a drobzmielony koks na bazie węgla brunatnego o średnicy 0,024 mm również wykazuje dużą skuteczność adsorpcji, co umożliwia stosowanie jedynie połowy dawki koniecznej w przypadku koksu na bazie węgla brunatnego standardowych rozmiarów [367, Prüm et al. 2005]. Czasami do materiałów na bazie węgla muszą być dodawane substancje obojętne, aby zapobiec zapłonowi. W tabeli 8.24 zaprezentowana została charakterystyka różnych substancji i materiałów adsorpcyjnych.

Tabela 8.24: Charakterystyka różnych substancji i materiałów adsorpcyjnych

Substancje i materiały adsorpcyjne		Wielkość ziaren (mm)	Powierzchnia BET ⁽¹⁾ (m ² /g)	Strącalne zanieczyszczenia
Standardowy aktywny pył koksowy z węgla brunatnego	węgiel	0,063	300–400	Substancje organiczne, metale ciężkie
Drobnozmielony aktywny pył koksowy z węgla brunatnego	węgiel	0,024	1200	
Sproszkowany aktywny węgiel (drzewny)	węgiel		500–1600	
Zeolit	Z		4–90	
⁽¹⁾ BET: Skrót utworzony od pierwszych liter nazwisk osób, które opracowały tę teorię jako zasadę fizycznej adsorpcji cząsteczek gazu na powierzchni ciała stałego.				

Dogłębne badania pokazały, że wystarczy bardzo krótki czas, żeby PCDD/F przyłgnęły do aktywnego koksu na bazie węgla brunatnego. Wydajność separacji zależy jednak od prawdopodobieństwa kontaktu sorbentu i cząsteczki zanieczyszczenia. Główną rolę odgrywa rozmieszczenie substancji adsorpcyjnej w strumieniu gazów odlotowych. Ważnym warunkiem wstępnym dla osiągnięcia maksymalnej wydajności separacji jest obecność jednorodnej i jednocześnie burzliwej mieszaniny już w miejscu wdmuchu, gdzie zachodzi pierwszy etap oddzielania zanieczyszczeń. Istotnym czynnikiem w wyborze substancji adsorpcyjnej jest optymalne rozmieszczenie wielkości porów do adsorpcji cząsteczek zanieczyszczeń.

Należy zachować środki ostrożności, by uniemożliwić iskrom dotarcie do filtrów workowych i wzniesienie ognia, gdyż zwiększona zawartość węgla w oddzielonym pyle może zwiększyć jego łatwopalność. Ryzyko wybuchu zostało ocenione jako niewysokie. Ochrona przed ogniem i wybuchami zapewniana jest przez połączenie środków ostrożności (np. zubożnianie substancji adsorpcyjnej, unikanie przedostawania się iskiei, ograniczanie ilości substancji adsorpcyjnej w pyle osadzonym w filtrze). Do innych stosowanych technik należą wykorzystanie wykrywaczy iskiei, systemy zalewania azotem, monitorowanie temperatury w osłonie oraz wykrywanie nadmiernego nagromadzenia się pyłu w koszach w osłonie.

Spontanicznym reakcjom zapłonięcia pyłu osadzonego w filtrze można zapobiec przez konsekwentne unikanie gromadzenia się dużych jego ilości w sekcji zakładu narażonej na przepływy gorącego gazu.

Niskie emisje PCDD/F w czystym gazie możliwe do uzyskania przy dawkowaniu 25–35 mg/Nm³ odzwierciedlają wysoką skuteczność adsorpcji koksu na bazie węgla brunatnego.

Możliwości zastosowania

Technikę tę można stosować tak w nowych, jak i w istniejących zakładach.

Aspekty ekonomiczne

Inwestycja w oczyszczanie całego strumienia gazów odlotowych (podstawowego i wtórnego) z zakładu z elektrycznym piecem łukowym produkującym ok. 1 Mt stali rocznie to ok. 500 000 euro.

Motywacja do wdrożenia techniki

Główną motywacją do wdrożenia tej techniki redukcji PCDD/F jest troska o zdrowie i środowisko, a w przypadku Feralpi w Riesa w Niemczech, zwiększenie mocy produkcyjnej.

Przykładowe zakłady

Od 1997 r. technika ta została wdrożona w kilku europejskich zakładach z elektrycznymi piecami łukowymi.

ArcelorMittal, Esch-Belval, Differdange i Schifflange, wszystkie w Luksemburgu; Swiss Steel, Gerlafingen w Szwajcarii; Stahlwerk Thüringen, Unterwellenborn w Niemczech; Elbe Stahlwerke Feralpi, Riesa w Niemczech; ArcelorMittal, Genk w Belgii.

Bibliografia

[260, Niemcy 2007][277, Wiesenberger 2007][355, Plickert 2007][366, Dornseiffer et al. 2007][367, Prüm et al. 2005][368, Prüm et al. 2004][373, Eurofer 2007][375, IISI 1998]

8.3.6 Oczyszczanie wody odpływowej z odlewania ciągłego

Opis techniki

W urządzeniach do ciągłego odlewania woda wykorzystywana jest do bezpośredniego chłodzenia kęsisk płaskich, kwadratowych i kęsów. Tak tworzy się strumień zanieczyszczonej wody przemysłowej. W wielu przypadkach woda ta oczyszczana jest razem ze strumieniami wody odpływowej z walcowni. Po oczyszczeniu woda wprowadzana jest ponownie do obiegu.

Krystalizator i wewnętrzna część wałków są zwykle chłodzone wodą w obiegu zamkniętym i nie są rozważane w niniejszym dokumencie.

Do głównych zanieczyszczeń należą zawiesina i olej. Głównymi sposobami na ograniczenie wpływu do wody są wysoki poziom recyrkulacji oraz sedymentacja i/lub filtracja odcieku. Do usuwania oleju mogą zostać wykorzystane odtłuszczacze.

Woda natryskowa jest zwykle filtrowana przez piasek przed lub po chłodzeniu w wyparnej chłodnicy kominowej. Filtrowanie przez piasek pozwala na zmniejszenie poziomu zanieczyszczenia cząsteczkami stałymi i olejem oraz zapewnienie zadowalająco długiej eksploatacji wtórnych dysz natryskowych maszyny do odlewania. W celu kontroli poziomu rozpuszczonych ciał stałych odciek z obiegu otwartego powinien być upuszczany z miejsca za zakładem filtrowania przez piasek w celu zminimalizowania wpływu zawiesiny i zanieczyszczeń z oleju/tłuszczu. W celu zapobiegnięcia zapychania się filtra, przed filtrem należy zamontować odtłuszczacz.

Techniki czyszczenia wody odpływowej z odlewania ciągłego można uznać za podobne do tych opisanych w pkt. 7.3.4.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

W tabeli 8.25: Skład strumieni wody odpływowej z odlewania ciągłego w zakładzie BSW, Kehl w Niemczech po oczyszczeniu wody odpływowej (2008) podany jest przykładowy skład wody odpływowej z bezpośredniego chłodzenia w procesie odlewania ciągłego i walcowni.

Tabela 8.25: Skład strumieni wody odpływowej z odlewania ciągłego w zakładzie BSW, Kehl w Niemczech po oczyszczeniu wody odpływowej (2008)

	Jednostki	Odlewanie ciągłe po filtrowaniu przez piasek ⁽¹⁾	Walcowanie po filtrowaniu przez piasek ⁽¹⁾
Przepływ	m ³ /h	421	802
Temperatura	°C	39	30
Zawiesina	mg/l	30,8	4,8
Całkowity węgiel organiczny	mg/l	1,33	1,85
Adsorbowalne związki chlorowcoorgan iczne w wodzie	mg/l	<0,01	<0,01
Fe	mg/l	0,053	<0,1
Cyna	mg/l	<0,05	<0,05
Ni	mg/l	<0,02	<0,02
Miedź	mg/l	<0,02	<0,02
Oleje mineralne (mg/l)	mg/l	<0,1	<0,1
⁽¹⁾ 24-godzinna próba losowa. Źródło: [178, N.N. 2008].			

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwości zastosowania

Wysoki poziom recyrkulacji i oczyszczanie odcieku mogą być stosowane zarówno w nowych jak i w istniejących zakładach.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

BSW, Kehl, Niemcy; TSW, Trier w Niemczech.

Bibliografia

[178, N.N. 2008]

8.3.7 System zamkniętego chłodzenia wodnego

Opis techniki

W procesach produkcji stali elektrycznej z wykorzystaniem elektrycznych pieców łukowych woda wykorzystywana jest na ogół jedynie w związku z bezkontaktowym chłodzeniem oraz kiedy do oczyszczania gazów odlotowych stosowana jest mokra płuczka. Ponieważ mokra płuczka stosowana jest tylko w kilku przypadkach, nie będzie ona przedmiotem dalszych rozważań. Najistotniejszym opisanym w niniejszym dokumencie wykorzystaniem wody jest jej użycie do chłodzenia elementów pieca. Dodatkowo część wody może być wykorzystana do chłodzenia gazów odlotowych lub przy obróbce pozapiecowej. Zapotrzebowanie na wodę wynosi, w zależności od elementów chłodzących, od 5 do 12 m³/m²h [16, Rentz 1997].

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Dzięki zastosowaniu tej techniki nie dochodzi do wypływu wody na zewnątrz zakładu.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Zamknięty system chłodzenia wodnego wymaga dodatkowej energii do pompowania wody i jej ponownego chłodzenia.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwości zastosowania

Technikę można stosować w nowo powstałych i już istniejących zakładach.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Główną motywacją do wdrożenia tej techniki są wymagania prawne i ograniczona dostępność wody chłodzącej.

Przykładowe zakłady

Preussag Stahl AG, Peine w Niemczech; BSW, Kehl w Niemczech i wiele innych zakładów w UE.

Prawie wszystkie zakłady z elektrycznymi piecami łukowymi w UE stosują chłodzenie w obiegu zamkniętym.

Bibliografia

[16, Rentz 1997]

8.3.8 Przetwarzanie pyłu z elektrycznego pieca łukowego w celu odzyskania metali ciężkich

Opis techniki

W zależności od rodzaju produkowanej stali od gazów odlotowych oddzielane jest ok. 10–30 kg pyłu/t stali (zob. tabela 8.1).

Pyły oddzielone w urządzeniach odpylających zwykle zawierają znaczną ilość metali ciężkich. W przypadku stali węglowej obecny jest przede wszystkim cynk oraz w mniejszym stopniu ołów (zob. tabela 8.10), natomiast w przypadku stali nierdzewnej oprócz cynku stwierdza się również obecność znacznych ilości chromu i niklu.

Procesy odzyskiwania cynku lub odzyskiwania i usuwania metali ciężkich są właściwym sposobem odzyskiwania wartościowych zasobów, które były co najmniej raz wydobyte i poddane obróbce. W zasadzie, do odzyskiwania cynku można stosować zarówno proces pirometalurgiczny, jak i hydrometalurgiczny. Dla pyłów powstających przy produkcji stali węglowych/ niskostopowych istnieją różne techniki stosowane przede wszystkim przez firmy, które mają powiązania z sektorem produkcji metali kolorowych.

Aby odzyskiwanie pyłów z elektrycznego pieca łukowego było ekonomiczne, pożądane jest, by zawartość metali ciężkich była wysoka. W celu zwiększenia zawartości cynku w pyłe niektórzy producenci stosujący elektryczne piece łukowe zwracają część wygenerowanego pyłu z powrotem do pieca.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Metale ciężkie są toksyczne i mogą wyciekać, co wymaga zachowania ostrożności przy dalszym przetwarzaniu i ewentualnym składowaniu pyłów.

Możliwy jest znaczący odzysk pyłu i recykling metali ciężkich. Opisane rozwiązania mogą być stosowane w różnym stopniu w zależności od ich potencjału zapobiegania i kontrolowania zanieczyszczenia środowiska. Wykorzystanie żelaza i metali ciężkich zawartych w pyłe jest preferowane względem ich składowania.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Recykling przefiltrowanych pyłów z elektrycznego pieca łukowego na potrzeby zwiększenia zawartości cynku przez zawrócenie ich do pieca wpływa na proces produkcji stali m.in. przez zwiększenie zużycia energii. Sposób dodawania pyłu do pieca również nie pozostaje bez wpływu na pracę pieca.

W przypadku peletyzacji pyłu przed transportem/recyklingiem niezbędna jest dodatkowa energia i mogą powstawać dodatkowe emisje pyłu.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwości zastosowania

Technikę tę można stosować tak w nowych, jak i w istniejących zakładach.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Głównymi motywacjami do wdrożenia tej techniki są ograniczona powierzchnia na składowanie, rygorystyczne wymogi oraz aspekty kosztowe, takie jak opłaty za składowanie odpadów.

Przykładowe zakłady

W UE istnieje wiele zakładów, które odzyskują pył dla innych zakładów.

Jednym z przykładów jest Marienhutte, Graz, Austria, gdzie z oczyszczania gazów odlotowych z elektrycznego pieca łukowego powstaje ok. 6,9 ton pyłu rocznie. Pył z ok. 38% zawartością cynku oczyszczany jest na zewnątrz w celu odzyskania tego metalu.

Bibliografia

[16, Rentz 1997][69, Kemeny 1994][116, Rentz et al. 1996][373, Eurofer 2007][391, Tavernier et al. 2004][394, Colletta et al. 2002]

8.3.9 Przetwarzanie żużla z elektrycznych pieców łukowych

Opis techniki

Elektryczne piece łukowe wytwarzają około 60–270 kg żużla na tonę produkowanej stali w ramach prac metalurgicznych (zob. tabela 8.1). Żużel w postaci stałej z elektrycznego pieca łukowego może być uważany za sztuczną skałę podobną do skały naturalnej, zawierającej tlenki żelaza (FeO), wapno (CaO), dwutlenek krzemu (SiO₂), i inne tlenki (MgO, Al₂O₃, MnO) (zob. tabela 8.7). Żużel z elektrycznego pieca łukowego charakteryzuje duża wytrzymałość, odporność na wietrzenie oraz na ścieranie. Jego właściwości sprawiają, że nadaje się do zastosowań w hydrotechnice [57, Heinen 1997]. Ważnym kryterium wykorzystania żużla z elektrycznego pieca łukowego jest stałość objętości, która zależy od obecności wolnego wapna.

Większość żużli pochodzących ze stali niskowęglowych ma stosunkowo niski poziom wolnego wapna (zob. tabela 8.7) i znajduje wiele różnych zastosowań, jak np. budowa dróg,

prace ziemne, czy hydrotechnika. Żużel z produkcji stali węglowej w elektrycznym piecu łukowym zwykle odpowiada wymogom stawianym kruszywom stosowanym w budownictwie. Czynnikiem decydującym o jego użyciu jest brak szkodliwości dla środowiska i stabilność struktury. Jeżeli spełnione zostały wymogi prawne odnośnie zastosowania żużla z elektrycznego pieca łukowego do celów budowlanych, przed użyciem musi on być poddany kruszeniu, przesiewaniu i sortowaniu. Te elementy żużla, które zawierają żelazo, są oddzielane za pomocą separatorów magnetycznych. Przetworzony żużel jest używany do różnych celów budowlanych, m.in. w zależności od rozmiaru ziarna. Rysunek 8.21 przedstawia schemat procesu w niemieckim zakładzie przygotowania żużla. W roku 1994, używanych było około 90% żużli z elektrycznych pieców łukowych, powstałych przy produkcji stali niestopowych i średniostopowych [57, Heinen 1997].

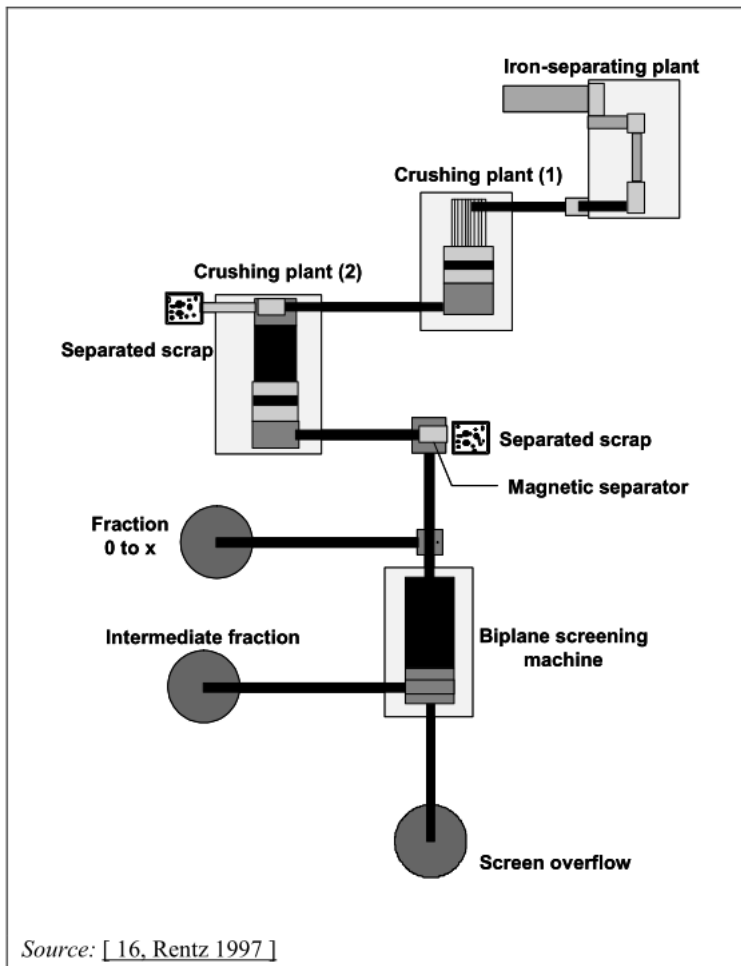
Żużle powstające przy produkcji stali wysokostopowych są używane do tej pory jedynie w ograniczonym zakresie. Po wstępnej obróbce możliwe jest wykorzystanie ich do budowy dróg.

Np. w zakładzie Bohler Edelstahl, Kapfenberg w Austrii powstaje ok. 270 kg żużla na tonę wyprodukowanej stali. Uważa się, że ten żużel z elektrycznego pieca łukowego nie nadaje się dla przemysłu budowlanego w związku ze swoim składem i własnościami (np. rozszerzalnością). Większość żużla powstaje w elektrycznym piecu łukowym (ok. 70%) i w konwerterze AOD (ok. 30%). Żużle te są składowane na wewnętrznym wysypisku.

Niemniej jednak istnieją przykłady zakładów, w których część lub nawet całość żużla z produkcji stali nierdzewnej wykorzystywana jest jako materiał budowlany, zwłaszcza w przypadku mniej rygorystycznych wymogów konstrukcyjnych (np. do budowy wałów akustycznych).

Możliwość recyklingu żużla z produkcji stali wysokostopowej lub stali nierdzewnej powinna albo zostać lepiej oceniona albo też powinien on zostać poddany specjalnej obróbce w zależności od swoich własności (np. rozszerzalności) (zob. też pkt. 8.3.10).

Możliwości wykorzystania szerokiego zakresu żużli powstających w procesie obróbki pozapiecowej są ograniczone. Czynnikiem decydującym o użyciu żużli powstających w procesie obróbki pozapiecowej są rozmiar ziarna i stałość objętości. Żużle te czasami mogą być używane do prac budowlanych. Znaczna część powstających żużli musi być odstawiana na hałdy i rzadko występuje inna możliwość ich zabezpieczenia, redukcji lub utylizacji.



Rysunek 8.21: Schemat procesu zakładu przygotowania żużla

EN	PL
Iron-separating plant	Zakład oddzielania żelaza
Crushing plant (1)	Kruszarnia (1)
Crushing plant (2)	Kruszarnia (2)
Separated scrap	Oddzielony złom
Magnetic separator	Separator magnetyczny
Fraction 0 to x	Fracja 0 do x
Intermediate fraction	Fracja pośrednia
Biplane screening machine	Dwupłaszczyznowa maszyna sortująca
Screen overflow	Nadmiar z sita

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Żużel z elektrycznych pieców łukowych produkujących stal węglową lub niskostopową może być przetwarzany, a następnie używany do budowy dróg.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Przetwarzanie żużli wymaga dostarczenia energii. Należy zwrócić uwagę na zasadowe pary, jeśli żużel zawiera wolny CaO (zob. pkt. 8.2.2.1.6).

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwości zastosowania

Technikę tę można stosować tak w nowych, jak i w istniejących zakładach produkcji stali węglowej. Dalsze przetwarzanie może przyczynić się do zwiększenia możliwości wykorzystania jako materiał budowlany.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Główną motywacją jest ograniczona powierzchnia składowania i aspekty kosztowe takie, jak opłaty za składowanie odpadów.

Przykładowe zakłady

BSW, Kehl w Niemczech (przetwarzanie żużła do wykorzystania w celach budowlanych).

Georgsmarienhütte GmbH, Georgsmarienhütte w Niemczech (sprzedaż żużła do zewnętrznego przetworzenia na potrzeby budowy dróg; żużel z elektrycznego pieca łukowego oraz z obróbki pozapiecowej są ze sobą zmieszane); Salzgitter Stahl AG, Peine w Niemczech (przetwarzanie i wykorzystanie w przemyśle budowlanym)

ArcelorMittal in Schifflange, Differdange i Belval, wszystkie w Luksemburgu (powierzchnie dróg o wysokiej jakości, zastosowania w hydrotechnice i inne).

Bibliografia

[16, Rentz 1997][277, Wiesenberger 2007][373, Eurofer 2007]

8.3.10 Oczyszczanie żużła z elektrycznego pieca łukowego produkującego stal wysokostopową i nierdzewną

Opis techniki

Poniżej podane zostały niektóre techniki oczyszczania żużła:

- a) oczyszczanie płynnego żużła podczas spuszczenia z osadami zawierającymi Al_2O_3 ;
- b) redukcja żużła w czasie spuszczenia z glinem;
- c) optymalizacja wdmuchiwania tlenu i zastosowanie środków redukujących;
- d) niedopuszczenie do wytwarzania pyłu w czasie opróżniania kadzi żużlowych. Wysoce zasadowy żużel z zakładów produkujących stal nierdzewną zawiera Ca_2S , który w czasie chłodzenia przechodzi przemianę fazową. Przemiana obejmuje pewien wzrost objętości. Przez gaszenie żużła przemiana fazowa może zostać zduszona w zarodku, co zapobiega tworzeniu się pyłu. W zakładzie Sandvik Materials Technology, Sandviken w Szwecji, problem z emisją pyłu został rozwiązany dzięki opróżnianiu kadzi żużlowych wypełnionych gorącym i częściowo płynnym żużlem do pojemnika otoczonego ochronnym wałem. Następnie żużel zalewany jest 12 m³ wody. Szybki spadek temperatury oraz łączenie się małych cząsteczek z wodą zapobiega rozprzestrzenianiu się pyłu na dużych obszarach. Woda natomiast wprowadzana jest ponownie do obiegu przez zbiornik.
- e) Techniki stosowane w przypadku żużła z produkcji stali nierdzewnej obejmują:
 - stabilizację żużła przez zastosowanie środka stabilizującego zapobiegającego sproszkowaniu;
 - kontrolę składu żużła;
 - minimalizację wydostawania się chromu z żużła; w wycieku Cr nie znajduje się prawie wcale (Cr poniżej poziomu wykrywalności równego 0,01 mg/l);
 - kontrolę chłodzenia żużła;
 - separację metalu przez kruszenie, przesiewanie, separację grawitacyjną i magnetyczną.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Techniki te mogą poprawić własności żużli z elektrycznego pieca łukowego przez ustalenie chromu w stałej strukturze żużła oraz ograniczyć zawartość Cr w wycieku.

W przypadku techniki d) zgodnie z szacunkami z wczesnego zastosowania techniki pylenie zostało zredukowane o ponad 90%. W związku z tym, że jedynie żużel z kadzi odlewniczej nie jest oczyszczany w sposób optymalny, ograniczenie pylenia jest prawdopodobnie zbliżone do 100%.

Do zmierzenia problemu pylenia zastosowana została liczba samochodów lub łodzi dookoła zakładu, które musiały być oczyszczane. W 2002 r. czyszczonych musiało być łącznie 80 samochodów i łodzi. Po zastosowaniu nowej techniki w 2004 r. żadne samochody ani łodzie nie ucierpiały z powodu pyłu z opróżniania kadzi żużlowych. Dotychczasowe wyniki były wyjątkowo pozytywne w kontekście dbałości o środowisko i dobrobyt.

Dzięki zastosowaniu techniki e) można ograniczyć pylenie w miejscu zsypu oraz składowania, znacznie ograniczyć ilość odpadów oraz zaoszczędzić zasoby naturalne.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Dzięki technice d) zwiększa się ilość wody wprowadzanej ponownie do obiegu.

W przypadku techniki e) w procesie konieczne są dodatkowe środki stabilizujące.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Możliwości zastosowania

Technika d) może zostać wykorzystana tam, gdzie żużel jest na tyle gorący, że jeszcze nie przeszedł przez przemianę fazową prowadzącą do powstawania pyłu (tj. stosowana jest do wszystkich kadzi żużlowych, do elektrycznych pieców łukowych i odwęglania w argonie i tlenie, oprócz tego, w którym opróżniany jest pozostały żużel odlewniczy z odlewania ciągłego). Ogólnie rzecz biorąc z zastosowaniem tej techniki przetwarzane jest 90% wytworzonego żużla.

Kadzie z żużlem z kadzi odlewniczej wkładane są do urządzeń nawilżających np. kadzie wypełnia się wodą, a następnie pozostawia do schłodzenia, aż żużel będzie całkowicie przemoknięty.

Technikę e) można stosować w nowo powstałych i już istniejących zakładach.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Za pomocą techniki e) można ograniczyć zużycie energii oraz całkowity wpływ na środowisko. Dzięki sprawnemu przepływowi materiału, zmniejsza się ilość niezbędnych kęsisk, a zwiększa produktywność.

Przykładowe zakłady

Technika d): Sandvik Materials Technology, Sandviken w Szwecji

Technika e): Outokumpu Stainless Tornio Works, Tornio w Finlandii.

Bibliografia

[208, Lindfors et al. 2006] [245, Kuhn et al. 2004]

8.3.11 Odlewanie pasm o kształcie zbliżonym do kształtu wyrobu gotowego

Techniki stosowane do odlewania ciągłego pasm o kształcie zbliżonym do kształtu wyrobu gotowego w procesie wytwarzania stali w elektrycznym piecu łukowym są podobne do tych opisanych w pkt. 7.3.11 dla podstawowego tlenowego wytwarzania stali.

8.3.12 Techniki zapobiegające emisji hałasu

Opis techniki

Niektóre techniki budowlane i operacyjne stosowane do zapobiegania hałasom obejmują:

- ograniczenie hałaśliwych działań w nocy (np. składowania złomu, transportu złomu do instalacji);

- organizację specjalnych szkoleń i spotkań informacyjnych dla operatorów dźwigów na temat ograniczania hałasu;
- stałe monitorowanie hałasu na składowisku złomu;
- wykonanie budynku mieszczącego elektryczny piec łukowy w taki sposób, aby pochłaniał hałas udarów mechanicznych będących efektem pracy pieca;
- wykonanie i montaż suwnic przeznaczonych do przemieszczania koszy zasypowych tak, aby zapobiec wstrząsom mechanicznym;
- specjalne zastosowanie izolacji akustycznej na wewnętrznych powierzchniach ścian i dachów, aby zapobiec rozchodzeniu się w powietrzu hałasu z budynku elektrycznego pieca łukowego;
- oddzielenie pieca i ścian zewnętrznych, aby zmniejszyć rozchodzący się po elementach konstrukcyjnych hałas z budynku elektrycznego pieca łukowego;
- wzniesienie barier fizycznych;
- zmniejszenie wysokości, z jakiej spada złom, w celu ograniczenia hałasu i emisji pyłu w momencie uwalniania złomu;
- osłonięcie hałd złomu;
- ładowanie i topienie złomu w procesie ciągłym.

Działania ukierunkowane na redukcję hałasu w układzie odpylania

Nowy układ odpylania musiał spełnić wyśrubowane wymogi w zakresie redukcji hałasu. Przykłady tej techniki obejmują:

- instalację wentylatorów z izolacją akustyczną;
- dodatkowe otoczenie wentylatorów w żelbetowych komorach;
- instalację pochłaniających dźwięk elementów przekładkowych w nowym pomieszczeniu filtra;
- wymianę wyprofilowanych uszczelnień obecnej stacji filtrów na elementy przekładkowe;
- zdefiniowanie maksymalnych poziomów hałasu dla indywidualnych wydziałów zakładu;
- działania ograniczające hałas w istniejących odpylaczach.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Stosując opisane powyżej techniki można osiągnąć wartości od 37 do 50 dB(A) $Leq_{(1h)}$. Pomiary w odległości 150 m od budynku elektrycznego pieca łukowego wykazały wartości poniżej 34 dB(A) $Leq_{(1h)}$.

W systemach ciągłego ładowania i topienia złomu, takich jak CONSTEEL, poziom hałasu może zostać ograniczony.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Przykładowe parametry izolacji materiałów stosowanych w budynkach elektrycznego pieca łukowego to R'_w wynoszące 56 dB dla ścian i 55 dB dla sklepienia (wartości zgodnie z DIN 55210 Częścią 3).

Możliwości zastosowania

Techniki te można stosować we wszystkich zakładach z elektrycznym piecem łukowym.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Motywacją do wdrożenia jest zapobieganie emisji hałasu w okolicy zakładu. Zakłady zlokalizowane niedaleko obszarów mieszkalnych stosują zwykle techniki ograniczające hałas.

Przykładowe zakłady

Arbed Esch-Belval w Luksemburgu
Feralpi, Riesa w Niemczech.

Bibliografia

[83, Ehrlich, C. et al 2007] [260, Niemcy 2007] [280, Aguado-Monsonet 2007] [355, Plickert 2007] [364, Fuchs, G. 2008] [366, Dornseiffer et al. 2007]

9. KONKLUZJE DOTYCZĄCE BAT W ODNIESIENIU DO PRODUKCJI ŻELAZA I STALI

ZAKRES

Niniejsze konkluzje dotyczące BAT odnoszą się do następujących rodzajów działalności wymienionych w załączniku I do dyrektywy 2010/75/UE:

- działalność 1.3: produkcja koksu;
- działalność 2.1: prażenie i spiekanie rudy metalu (łącznie z rudą siarczkową);
- działalność 2.2: produkcja surówki lub stali (pierwotny i wtórny wytop), łącznie z odlewaniem ciągłym, z wydajnością powyżej 2,5 tony na godzinę.

W szczególności konkluzje dotyczące BAT obejmują następujące procesy:

- załadunek, wyładunek i obsługa surowców masowych;
- mielenie i mieszanie surowców;
- spiekanie i grudkowanie rudy żelaza;
- produkcja koksu z węgla koksującego;
- produkcja surówki w wielkich piecach, w tym przetwarzanie żużla;
- produkcja i świeżenie stali w procesie konwertorowo-tlenowym, w tym wstępne odsiarczanie surówki, pozapiecowa obróbka stali i przetwarzanie żużla;
- produkcja stali w elektrycznych piecach łukowych, w tym pozapiecowa obróbka stali i przetwarzanie żużla;
- odlewanie ciągle (odlewanie cienkich kęsisk/cienkich pasm oraz bezpośrednie odlewanie blach (technika odlewania bezpośredniego)).

Niniejsze konkluzje dotyczące BAT nie odnoszą się do następujących rodzajów działalności:

- produkcja wapna w piecach, objęta dokumentem referencyjnym BAT dotyczącym branży produkcji cementu, wapna i tlenku magnezu (CLM);
- obróbka pyłów w celu odzyskania metali nieżelaznych (np. pyłu z pieców łukowych) oraz produkcja żelazostopów, objęte dokumentem referencyjnym BAT dotyczącym przemysłu metali nieżelaznych (NFM);
- instalacje kwasu siarkowego w instalacjach koksowniczych, objęte dokumentem dotyczącym wytwarzania wielkotonażowych chemikaliów nieorganicznych (amoniak, kwasy i nawozy) (dokument referencyjny BAT LVIC-AAF).

Inne dokumenty referencyjne, które są istotne dla rodzajów działalności objętych niniejszymi konkluzjami dotyczącymi BAT:

Dokumenty referencyjne	Działalność
Dokument referencyjny BAT dotyczący dużych obiektów energetycznego spalania (LCP)	Instalacje energetycznego spalania, których nominalna moc cieplna wynosi co najmniej 50 MW
Dokument referencyjny BAT dotyczący branży przetwarzania metali żelaznych (FMP)	Procesy potokowe, takie jak walcowanie, wytrawianie, powlekanie itp. Odlewanie ciągle – cienkie kęsiska/cienkie pasma oraz bezpośrednie odlewanie blach (technika odlewania bezpośredniego)
Dokument referencyjny BAT dotyczący emisji z miejsc magazynowania (EFS)	Magazynowanie i obsługa
Dokument referencyjny BAT dotyczący przemysłowych systemów chłodzenia	Systemy chłodzenia

Ogólne zasady monitorowania (MON)	Monitorowanie emisji i zużycia
Dokument referencyjny BAT dotyczący efektywności energetycznej (ENE)	Ogólna efektywność energetyczna
Ekonomika i efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska (ECM)	Ekonomika technik i efekty ich wzajemnych powiązań w odniesieniu do różnych komponentów środowiska

Techniki wymienione i opisane w niniejszych konkluzjach dotyczących BAT nie mają ani nakazowego, ani wyczerpującego charakteru. Dopuszcza się stosowanie innych technik, o ile zapewniają co najmniej równoważny poziom ochrony środowiska.

INFORMACJE OGÓLNE

Odpowiadające BAT poziomy efektywności środowiskowej są przedstawiane jako zakresy, a nie jako pojedyncze wartości. Zakres może odzwierciedlać różnice występujące w obrębi danego rodzaju instalacji (np. różnice klasy/czystości i jakości produktu końcowego, różnice w projekcie, konstrukcji, wielkości i wydajności instalacji), które prowadzą do zróżnicowania efektywności środowiskowej osiągananej w przypadku stosowania BAT.

WYRAŻANIE POZIOMÓW EMISJI ODPOWIADAJĄCYCH NAJLEPSZYM DOSTĘPNYM TECHNIKOM (BAT-AEL)

W niniejszych konkluzjach dotyczących BAT wartości BAT-AEL dla emisji do powietrza wyrażono jako:

- masę wyemitowanych substancji na objętość gazu odlotowego w warunkach normalnych (273,15 K, 101,3 kPa) po odliczeniu zawartości pary wodnej, wyrażoną w g/Nm³, mg/Nm³, µg/Nm³ lub ng/Nm³;
- masę wyemitowanych substancji na jednostkę masy produktów wytworzonych lub przetworzonych (wskaźniki zużycia lub emisji) wyrażoną w kg/t, g/t, mg/t lub µg/t.

Natomiast BAT-AEL dla emisji do wody wyrażono jako:

- masę wyemitowanych substancji na objętość ścieków wyrażoną w g/l, mg/l lub µg/l.

DEFINICJE

Do celów niniejszych konkluzji dotyczących BAT:

- „nowa instalacja” oznacza instalację wprowadzoną na teren zakładu po publikacji niniejszych konkluzji dotyczących BAT lub całkowitą wymianę instalacji z wykorzystaniem istniejących fundamentów, która nastąpiła po publikacji niniejszych konkluzji dotyczących BAT;
- „istniejąca instalacja” oznacza instalację, która nie jest nową instalacją;
- „NO_x” oznacza sumę tlenku azotu (NO) i dwutlenku azotu (NO₂) w przeliczeniu na NO₂;
- „SO_x” oznacza sumę dwutlenku siarki (SO₂) i trójtlenku siarki (SO₃) w przeliczeniu na SO₂;
- „HCl” oznacza wszystkie gazowe chlorki w przeliczeniu na HCl;
- „HF” oznacza wszystkie gazowe fluorki w przeliczeniu na HF.

9.1 Ogólne konkluzje dotyczące BAT

O ile nie stwierdzono inaczej, konkluzje dotyczące BAT przedstawione w niniejszym punkcie mają ogólne zastosowanie.

Poza ogólnymi BAT, o których mowa w niniejszym punkcie, mają ponadto zastosowanie BAT dotyczące określonego procesu technologicznego zawarte w pkt 9.2–9.7.

9.1.1 Systemy zarządzania środowiskowego

1. BAT mają na celu wdrażanie i przestrzeganie systemu zarządzania środowiskowego zawierającego w sobie następujące cechy:

- I. zaangażowanie ścisłego kierownictwa, w tym kadry kierowniczej wyższego szczebla;
- II. określenie polityki ochrony środowiska, która obejmuje ciągłe doskonalenie instalacji przez ścisłe kierownictwo;
- III. planowanie i ustalenie niezbędnych procedur, celów i zadań w powiązaniu z planami finansowymi i inwestycjami;
- IV. wdrożenie procedur ze szczególnym uwzględnieniem:
 - i. struktury i odpowiedzialności
 - ii. szkoleń, świadomości i kompetencji
 - iii. komunikacji
 - iv. zaangażowania pracowników
 - v. dokumentacji
 - vi. wydajnej kontroli procesu
 - vii. programu utrzymania ruchu
 - viii. gotowości na sytuacje awaryjne i reagowania na nie
 - ix. zapewnienia zgodności z przepisami dotyczącymi środowiska;
- V. sprawdzanie efektywności i podejmowanie działań korygujących, ze szczególnym uwzględnieniem:
 - i. monitorowania i pomiarów (zob. także dokument referencyjny dotyczący ogólnych zasad monitorowania)
 - ii. działań korygujących i zapobiegawczych
 - iii. prowadzenia zapisów
 - iv. niezależnego (jeśli jest to możliwe) audytu wewnętrznego i zewnętrznego w celu określenia, czy system zarządzania środowiskowego jest zgodny z zaplanowanymi ustaleniami oraz czy jest właściwie wdrożony i utrzymywany;
- VI. przegląd systemu zarządzania środowiskowego przeprowadzony przez ścisłe kierownictwo pod kątem stałej przydatności systemu, jego prawidłowości i skuteczności;
- VII. dalsze rozwijanie czystszych technologii;
- VIII. uwzględnienie – na etapie projektowania nowego obiektu i przez cały okres jego funkcjonowania – skutków dla środowiska wynikających z ostatecznego wycofania instalacji z eksploatacji;
- IX. regularne stosowanie sektorowej analizy porównawczej.

Możliwość zastosowania

Zakres (np. poziom szczegółowości) oraz charakter systemu zarządzania środowiskowego (np. oparty o normy czy nie) będą zasadniczo odnosić się do charakteru, skali i złożoności instalacji oraz do zasięgu oddziaływania takiej instalacji na środowisko.

9.1.2 Zarządzanie energią

2. BAT mają na celu ograniczenie zużycia energii cieplnej poprzez zastosowanie kombinacji następujących technik:

- I. udoskonalone i zoptymalizowane systemy osiągania płynności i stabilności procesu technologicznego, których funkcjonowanie nie odbiega zbytnio od zadanych parametrów procesu dzięki:
 - i. optymalizacji kontroli procesu technologicznego, w tym stosowaniu skomputeryzowanych automatycznych systemów sterowania;
 - ii. nowoczesnym grawimetrycznym systemom podawania paliwa stałego;
 - iii. wstępnemu podgrzewaniu w jak najdalej idącym zakresie z uwzględnieniem istniejącej konfiguracji procesu technologicznego;
- II. odzyskiwanie nadwyżek ciepła z procesów technologicznych, w szczególności z ich stref chłodzenia;
- III. zoptymalizowane zarządzanie parą i ciepłem;
- IV. zastosowanie, w największym możliwym stopniu, zintegrowanego z procesem technologicznym ponownego wykorzystania ciepła jawnego.

W kontekście zarządzania energią zob. dokument referencyjny BAT dotyczący efektywności energetycznej (ENE).

Opis BAT I.i

Następujące pozycje są ważne dla zintegrowanej huty stali w celu poprawienia ogólnej efektywności energetycznej:

- optymalizacja zużycia energii;
- monitorowanie on-line najistotniejszych przepływów energii i procesów spalania w obiekcie, w tym monitorowanie wszystkich pochodni w celu przeciwdziałania stratom energii, umożliwiające natychmiastową interwencję służb utrzymania ruchu i osiągnięcie nieprzerwanego procesu produkcji;
- narzędzia do prowadzenia sprawozdawczości i analizowania w celu sprawdzania średniego zużycia energii dla każdego procesu;
- określenie konkretnych poziomów zużycia energii dla poszczególnych procesów technologicznych i porównywanie ich w perspektywie długoterminowej;
- przeprowadzenie audytów energetycznych, określonych w dokumencie referencyjnym BAT dotyczącym efektywności energetycznej, np. w celu określenia możliwości racjonalnego pod względem kosztów oszczędzania energii.

Opis BAT II – IV

Techniki zintegrowane z procesem technologicznym wykorzystywane w celu zwiększenia efektywności energetycznej w produkcji stali dzięki lepszemu odzyskiwaniu ciepła obejmują:

- skojarzone wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej z odzyskiem ciepła odpadowego w wymiennikach ciepła i jego dystrybucją do innych części huty stali albo do lokalnej sieci ciepłowniczej;
- instalację kotłów parowych lub odpowiednich systemów w dużych piecach grzewczych (piece mogą pokryć część zapotrzebowania na parę);
- wstępne podgrzewanie powietrza do spalania w piecach lub innych systemach spalania w celu zaoszczędzenia paliwa, z uwzględnieniem niepożądanych efektów, tj. wzrostu zawartości tlenków azotu w gazach odlotowych;
- izolację rur z parą i rur z gorącą wodą;
- odzyskiwanie ciepła z produktów, np. ze spieku;

- w przypadku gdy stal musi być chłodzona, stosowanie zarówno pomp ciepła, jak i paneli słonecznych;
- stosowanie kotłów ogrzewanych gazami spalinowymi w piecach o wysokich temperaturach;
- parowanie tlenu i schładzanie sprężarek w celu wymiany energii za pośrednictwem standardowych wymienników ciepła;
- zastosowanie szczytowych turbin rozprężnych w celu przekształcania energii kinetycznej gazu wytwarzanego w wielkim piecu na energię elektryczną.

Możliwość zastosowania BAT II – IV

Skojarzone wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej ma zastosowanie do wszystkich hut żelaza i stali położonych blisko terenów zabudowanych z odpowiednim zapotrzebowaniem na ciepło. Właściwe dla instalacji zużycie energii zależy od zakresu procesu technologicznego, jakości produktu i typu instalacji (np. skali obróbki próżniowej w konwertorze tlenowym, temperatury wyżarzania, grubości produktów itp.).

- BAT mają na celu ograniczenie zużycia energii pierwotnej dzięki optymalizacji przepływów energii i zoptymalizowanemu wykorzystaniu gazów procesowych, takich jak gaz koksowniczy, gaz wielkopiecowy i gaz konwertorowy.**

Opis

Zintegrowane z procesem technologicznym techniki zwiększające efektywność energetyczną w hucie zintegrowanej dzięki optymalizacji wykorzystania gazów procesowych obejmują:

- użycie zbiorników gazu na wszystkie gazowe produkty uboczne lub innych odpowiednich urządzeń przeznaczonych do krótkotrwałego przechowywania i utrzymywania ciśnienia;
- zwiększenie ciśnienia w sieci gazowej, jeśli występują straty energii w pochodniach – w celu wykorzystania większej ilości gazów procesowych, co prowadzić ma do zwiększenia stopnia wykorzystania;
- wzbogacenie gazu gazami procesowymi i różnicowanie wartości opałowej paliw dla różnych odbiorców;
- opalanie pieców gazami procesowymi;
- zastosowanie sterowanych komputerowo systemów kontroli kaloryczności;
- rejestrowanie i wykorzystywanie temperatury koksu i gazów spalinowych;
- odpowiednie zaprojektowanie wielkości instalacji odzysku energii wykorzystujących gazy procesowe, w szczególności w odniesieniu do zmienności parametrów tych gazów.

Możliwość zastosowania

Faktyczne zużycie energii zależy od zakresu procesu technologicznego, jakości produktu i typu instalacji (np. skali obróbki próżniowej w konwertorze tlenowym, temperatury wyżarzania, grubości produktów itp.).

- BAT mają na celu wykorzystanie odsiarczonych i odpylonych nadwyżek gazu koksowniczego oraz odpylonych gazów wielkopiecowego i konwertorowego (wymieszanych ze sobą lub oddzielonych) w kotłach lub w instalacjach do skojarzonego wytwarzania ciepła i energii elektrycznej do produkcji pary, energii elektrycznej lub ciepła w wyniku wykorzystania nadwyżek ciepła odpadowego w wewnętrznych i zewnętrznych sieciach ciepłowniczych, jeśli istnieje zapotrzebowanie ze strony podmiotów zewnętrznych.**

Możliwość zastosowania

Operator może nie mieć wpływu na współpracę i zgodę podmiotów zewnętrznych, dlatego też mogą one nie mieścić się w zakresie pozwolenia.

5. BAT mają na celu ograniczenie zużycia energii elektrycznej poprzez zastosowanie jednej z poniższych technik lub ich kombinacji:

- I. systemy zarządzania energią;
- II. urządzenia rozdrabniające, pompujące, wentylujące i przesyłowe oraz inne urządzenia elektryczne o wysokiej efektywności energetycznej.

Możliwość zastosowania

W przypadkach, w których niezawodność pomp ma kluczowe znaczenie dla bezpieczeństwa procesu technologicznego, nie można stosować pomp sterowanych częstotliwością.

9.1.3 Zarządzanie materiałami

6. BAT mają na celu zoptymalizowanie zarządzania wewnętrznymi przepływami materiałów i ich kontroli, aby zapobiec zanieczyszczeniom i uszkodzeniom, zapewnić odpowiednią jakość wsadów, umożliwić ponowne użycie i recykling oraz zwiększyć efektywność procesów i zoptymalizować produkcję metali.

Opis

Odpowiednie przechowywanie i obsługa materiałów wsadowych i pozostałości poprodukcyjnych może przyczynić się do zminimalizowania emisji pyłu z miejsc magazynowania i pasów transmisyjnych, w tym węzłów przesypowych, oraz do zapobiegania zanieczyszczeniom gleby, wód gruntowych i odpływów wody (zob. również BAT 11).

Zastosowanie odpowiedniego zarządzania hutą zintegrowaną i pozostałościami poprodukcyjnymi, w tym odpadami, z innych instalacji i sektorów umożliwia zmaksymalizowane wewnętrzne lub zewnętrzne wykorzystanie ich w postaci surowców (zob. także BAT 8, 9 i 10).

Zarządzanie materiałami obejmuje kontrolowane usuwanie z huty zintegrowanej niewielkich części ogólnej ilości pozostałości, które nie mają zastosowania w gospodarce.

7. W celu osiągnięcia niskich poziomów emisji odpowiednich zanieczyszczeń BAT mają na celu wyselekcjonowanie złomu i innych surowców o odpowiedniej jakości. W przypadku złomu BAT mają na celu przeprowadzenie odpowiedniej kontroli pod kątem widocznych zanieczyszczeń, które mogą obejmować metale ciężkie, w szczególności rtęć, lub prowadzić do powstawania polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów (PCDD/F) i polichlorowanych bifenyli (PCB).

Aby poprawić wykorzystanie złomu, można zastosować następujące techniki oddzielnie lub w kombinacji:

- określenie kryteriów kwalifikacji dostosowanych do profilu produkcji w zleceniach zakupu złomu;
- dobra znajomość składu złomu dzięki ścisłemu monitorowaniu jego pochodzenia; w wyjątkowych przypadkach badanie poprzez topienie może pomóc w określeniu jego składu;
- posiadanie odpowiednich urządzeń do odbioru i kontrola dostaw;
- posiadanie procedur eliminacji złomu, który nie nadaje się do zastosowania w instalacji;

- przechowywanie złomu według różnych kryteriów (np. wielkość, zawartość stopów, stopień czystości); przechowywanie złomu potencjalnie uwalniającego zanieczyszczenia do gleby na nieprzepuszczalnych powierzchniach z systemem odwadniania i odbioru odcieków; zastosowanie dachu, który może ograniczyć potrzebę użycia takiego systemu;
- umieszczanie razem ładunków złomu do różnych wytopów, uwzględniając znajomość składu, w celu wykorzystania złomu najlepiej nadającego się dla klasy stali, która ma być wyprodukowana (ma to zasadnicze znaczenie w niektórych przypadkach dla uniknięcia obecności niepożądanych składników, a w innych – dla wykorzystania składników stopu, które są obecne w złomie i są niezbędne dla uzyskania gatunku stali, który ma zostać wyprodukowany);
- niezwłoczne zwracanie całego wewnętrznie wytworzonego złomu do magazynu złomu w celu recyklingu;
- posiadanie planu działania i zarządzania;
- sortowanie złomu w celu zminimalizowania ryzyka domieszania niebezpiecznych zanieczyszczeń lub metali nieżelaznych, w szczególności polichlorowanych bifenyli (PCB) i oleju lub smaru. Zazwyczaj zajmuje się tym dostawca złomu, ale operator sprawdza wszystkie ładunki złomu w zaplombowanych kontenerach ze względów bezpieczeństwa. W związku z tym jednocześnie istnieje możliwość kontroli pod kątem zanieczyszczeń (o ile jest to praktykowane). Może być wymagana ocena pod kątem niewielkich ilości tworzyw sztucznych (np. elementy pokryte tworzywami sztucznymi);
- kontrola radioaktywności zgodnie z ramowymi zaleceniami grupy ekspertów Europejskiej Komisji Gospodarczej ONZ (EKG ONZ);
- wdrożenie obowiązkowego usuwania składników zawierających rtęć z pojazdów wycofanych z eksploatacji i zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (WEEE) przez zakłady przerobu złomu można udoskonalić poprzez:
 - o zastrzeżenie braku rtęci w umowach zakupu złomu;
 - o odrzucanie złomu, który zawiera widoczne części i zespoły elektroniczne.

Możliwość zastosowania

Operator może nie mieć pełnej kontroli nad selekcją i sortowaniem złomu.

9.1.4. Zarządzanie pozostałościami poprocesowymi, takimi jak produkty uboczne i odpady

8. BAT w odniesieniu do stałych pozostałości mają na celu stosowanie zintegrowanych technik i operacyjnych technik do zminimalizowania odpadów dzięki wewnętrznemu wykorzystaniu lub zastosowaniu specjalistycznych procesów recyklingu (wewnętrznie lub zewnętrznie)

Opis

Techniki dotyczące recyklingu pozostałości o wysokiej zawartości żelaza obejmują specjalistyczne techniki recyklingu, takie jak piec szybowy OxyCup®, proces DK, procesy redukcji przez wytapianie lub granulację/brykietowanie na zimno oraz techniki dotyczące pozostałości poprodukcyjnych, o których mowa w pkt 9.2–9.7.

Możliwość zastosowania

Ponieważ wspomniane procesy mogą być prowadzone przez podmiot zewnętrzny, sam recykling może przebiegać niezależnie od operatora huty żelaza i stali, może więc nie mieścić się w zakresie pozwolenia.

9. **BAT mają na celu maksymalizowanie zewnętrznego wykorzystania lub recyklingu stałych pozostałości, których nie można wykorzystać lub poddać recyklingowi zgodnie z BAT 8, jeśli jest to tylko możliwe i zgodne z regulacjami dotyczącymi odpadów. BAT mają na celu kontrolowane zarządzanie pozostałościami, których nie można uniknąć ani poddać recyklingowi.**
10. **BAT mają na celu wykorzystanie najlepszych praktyk operacyjnych i praktyk w zakresie utrzymania ruchu do gromadzenia, obsługi, przechowywania i transportu wszystkich stałych pozostałości i osłonięcia węzłów przesyłowych w celu uniknięcia emisji do powietrza i wody.**

9.1.5. Niezorganizowane emisje pyłu z miejsc magazynowania materiałów, obsługi oraz transportu surowców i (pół-)produktów

11. **BAT mają na celu zapobiegać niezorganizowanym emisjom pyłu powstającym w wyniku magazynowania, obsługi i transportu materiałów lub ograniczać takie emisje poprzez zastosowanie jednej z poniższych technik lub ich kombinacji.**

Jeśli stosowane są techniki redukcji emisji, BAT mają na celu zoptymalizowanie skuteczności wychwytywania, a następnie oczyszczania dzięki odpowiednim technikom, takim jak opisane poniżej. Preferowana jest technika polegająca na odbiorze emisji cząstek stałych jak najbliżej źródła.

I. Ogólne techniki obejmują następujące działania:

- utworzenie w ramach systemu zarządzania środowiskiem huty stali powiązanego z tym systemem planu działania w odniesieniu do niezorganizowanych emisji pyłów;
- rozważenie czasowego zaprzestania niektórych operacji w tych przypadkach, w których są one rozpoznane jako źródło PM10, dające wysoki odczyt w otoczeniu; w tym celu konieczne będzie posiadanie odpowiednich wskaźników kontrolnych PM10, a także monitorowanie kierunku i siły wiatru, aby można było wyznaczyć metodą triangulacji i określić kluczowe źródła drobnych pyłów.

II. Techniki zapobiegania uwolnieniom pyłu w trakcie obsługi i transportu surowców luzem obejmują:

- usytuowanie długich pryzm wzdłuż przeważającego kierunku wiatru;
- zainstalowanie barier przeciwwietrznych lub wykorzystanie naturalnego terenu jako osłony;
- kontrolowanie wilgotności dostarczonego materiału;
- staranne przestrzeganie procedur w celu uniknięcia zbędnej obsługi materiałów i nieosłoniętych zrzutów z dużej wysokości;
- odpowiednia obudowa bezpieczeństwa na przenośnikach i w lejach samowyładowczych itp.;
- wykorzystanie zraszaczy wodnych do ograniczenia pylenia, w stosownych przypadkach z dodatkami takimi jak lateks;
- rygorystyczne standardy w zakresie utrzymania sprzętu;
- wysokie standardy w zakresie utrzymania porządku, w szczególności czyszczenia i nawilżania dróg;
- wykorzystanie przenośnych i stacjonarnych urządzeń odkurzających;
- ograniczenie zapylenia lub usuwanie pyłu oraz wykorzystanie instalacji filtrów workowych w celu redukcji emisji ze źródeł wytwarzających duże ilości pyłu;
- zastosowanie pojazdów do zmiatania dróg o zmniejszonej emisji do regularnego czyszczenia dróg o twardej nawierzchni.

III. Techniki w odniesieniu do działalności związanej z dostawami, magazynowaniem i odzyskiwaniem materiałów obejmują:

- całkowite zamknięcie lejów samowyładowczych w budynku wyposażonym w wyciąg z filtrem w przypadku materiałów pyłących lub stosowanie lejów samowyładowczych wyposażonych w przegrody zatrzymujące pył i połączenie krat rozładunkowych z systemem odprowadzania i wychwytywania pyłu;
- ograniczenie w miarę możliwości wysokości zrzutu do maksymalnie 0.5 m;
- wykorzystanie zraszaczy wodnych (najlepiej z wodą pochodzącą z recyklingu) do ograniczenia pylenia;
- w stosownych przypadkach wyposażenie zasobników w urządzenia filtrujące do zatrzymywania pyłu;
- wykorzystanie całkowicie obudowanych urządzeń do odbioru z zasobników;
- w stosownych przypadkach magazynowanie złomu na osłoniętych obszarach o twardej nawierzchni w celu ograniczenia ryzyka skażenia gruntu (stosowanie dostaw „just in time” w celu ograniczenia do minimum wielkości placu składowego, a tym samym emisji);
- minimalizacja naruszania przyzmi;
- ograniczenie wysokości i kontrola ogólnego kształtu przyzmi;
- magazynowanie wewnątrz budynków i w pojemnikach, zamiast układania przyzmi na zewnątrz, jeśli skala magazynowania jest odpowiednia;
- utworzenie barier przeciwwietrznych z wykorzystaniem naturalnej konfiguracji terenu, wałów ziemnych lub obsadzania wysoką trawą i zimozielonymi drzewami na otwartych obszarach w celu wychwytywania i pochłaniania pyłu bez długotrwałych szkód;
- hydroobsiew składowisk odpadów i hałd żużla;
- wdrożenie zazieleniania terenu poprzez pokrycie niewykorzystanych obszarów warstwą glebową i zasadzeniu trawy, krzewów i innej pokrywy roślinnej;
- nawilżanie powierzchni przy użyciu wytrzymałych substancji wiążących pył;
- pokrycie powierzchni impregnowanym brezentem lub powlekanie przyzmi (np. lateksem);
- zastosowanie magazynowania z wykorzystaniem ścian oporowych w celu ograniczenia narażonej powierzchni;
- w stosownych przypadkach działanie mogłoby polegać na zastosowaniu nieprzepuszczalnych powierzchni z betonu z odwodnieniem.

IV. Jeżeli paliwo i surowce są dostarczane drogą morską, a ilości uwalnianego pyłu mogą być znaczne, niektóre techniki mogą polegać na następujących działaniach:

- wykorzystanie przez operatora pojemników samowyładowczych lub obudowanych urządzeń wyladowczych o działaniu ciągłym. W innych przypadkach pylenie powodowane przez chwytakowe urządzenia wyladowcze na statkach należy ograniczyć do minimum, zapewniając odpowiednią wilgotność dostarczanego materiału i jednocześnie minimalizując wysokość zrzutu oraz stosując rozpylacze wodne lub mgłę wodną na wylocie urządzenia wyladowczego statku;
- unikanie stosowania wody morskiej do zraszania rud lub topników, ponieważ może to prowadzić do zanieczyszczenia chlorkiem sodu filtrów elektrostatycznych spiekalni. Dodatkowa ilość chloru w surowcach może również prowadzić do zwiększenia emisji (np. polichlorowanych

- dibenzodiodksyn/dibenzofuranów (PCDD/F)) i zakłócić recyrkulację pyłu zatrzymywanego na filtrze;
 - magazynowanie sproszkowanego węgla, wapna i węgla wapnia w uszczelnionych silosach i ich pneumatyczny transport lub przechowywanie i transport w szczelnie zamkniętych workach.
- V. Techniki rozładunku pociągów lub ciężarówek obejmują:
- w razie potrzeby, ze względu na występowanie emisji pyłów stosowanie specjalnego sprzętu do wyładunku o zamkniętej budowie.
- VI. W przypadku materiałów o wysokiej sypkości, które mogą powodować powstawanie znacznych emisji pyłów, wśród technik można wymienić następujące:
- zastosowanie węzłów przesypowych, sit wibracyjnych, kruszarek, lejów samowyładowniczych i innych tego typu urządzeń, które mogą być całkowicie obudowane i połączone z instalacją filtrów workowych;
 - zastosowanie centralnego lub lokalnego systemu odkurzającego zamiast splukiwania rozsypanego materiału, ponieważ skutki ograniczają się do jednego czynnika, a recykling rozsypanego materiału jest prostszy.
- VII. Techniki obsługi i obróbki żużła obejmują:
- utrzymywanie granulatu żużła w stanie nawilżonym na potrzeby obsługi i obróbki żużła, ponieważ wysuszony żużel wielkopiecowy lub żużel stalowniczy może powodować pylenie;
 - wykorzystanie obudowanego sprzętu do kruszenia żużła, wyposażonego w skuteczny system odpylania i filtry workowe w celu redukcji emisji pyłu.
- VIII. Techniki obsługi złomu obejmują:
- magazynowanie złomu pod przykryciem lub na betonowych posadzkach w celu ograniczenia do minimum pylenia wywołanego ruchem pojazdów.
- IX. Techniki do rozważenia w trakcie transportu materiałowego obejmują:
- ograniczenie do minimum liczby punktów dostępu z dróg publicznych;
 - zastosowanie sprzętu do czyszczenia kół, aby zapobiec przenoszeniu błota i pyłu na drogi publiczne;
 - zastosowanie twardych nawierzchni na drogach transportowych (beton lub asfalt) w celu ograniczenia do minimum wytwarzania chmur pyłu w trakcie transportu materiałów oraz czyszczenie dróg;
 - ograniczenie ruchu pojazdów do wyznaczonych dróg za pomocą ogrodzeń, rowów lub nasypów z żużła poddanego recyklingowi;
 - zraszanie pyłących dróg wodą, np. w trakcie obsługi żużła;
 - dopilnowanie, by pojazdy do przewozu nie były przepełnione, aby uniknąć rozsypywania zawartości po drodze;
 - dopilnowanie, by materiał na przewożących go pojazdach był przykryty;
 - ograniczenie do minimum liczby przewozów;
 - stosowanie zamkniętych lub obudowanych przenośników;
 - stosowanie przenośników rurowych tam, gdzie to możliwe, w celu zminimalizowania strat materiałów w wyniku zmian kierunku na terenie obiektu, wynikających zazwyczaj z przierzucania materiałów z jednej taśmy na drugą;
 - techniki wynikające z dobrej praktyki w odniesieniu do przenoszenia roztopionego metalu i obsługi kadzi;
 - odpylanie węzłów przesypowych na przenośnikach.

9.1.6. Gospodarka wodna i ściekowa

12. BAT dotyczące gospodarki ściekowej mają zapobiegać powstawaniu różnych rodzajów ścieków, zapewniać ich odbiór i separację, zwiększając do maksimum wewnętrzny recykling i stosując odpowiednie oczyszczanie w odniesieniu do każdego końcowego strumienia przepływu. Obejmuje to techniki polegające na wykorzystaniu np. odstożników oleju, filtracji lub sedimentacji. W tym kontekście można stosować następujące techniki, jeśli spełnione są wspomniane warunki wstępne:

- unikanie wykorzystywania wody pitnej na liniach produkcyjnych;
- zwiększanie liczby lub wydajności systemów obiegu wody przy budowie nowych lub modernizacji/przeróbce istniejących instalacji;
- centralizacja dystrybucji doprowadzanej świeżej wody;
- kaskadowe wykorzystywanie wody do momentu, w którym poszczególne parametry osiągną prawne lub techniczne wartości graniczne;
- stosowanie wody w innych instalacjach, jeśli zmianie uległy tylko pojedyncze parametry wody i możliwe jest jej dalsze wykorzystanie;
- oddzielenie oczyszczonych i nieoczyszczonych ścieków; takie działanie umożliwia usuwanie ścieków na różne sposoby przy rozsądnych kosztach;
- korzystanie z wody deszczowej, gdy tylko to możliwe.

Możliwość zastosowania

Gospodarka wodna w hucie zintegrowanej będzie przede wszystkim ograniczona dostępnością i jakością świeżej wody oraz lokalnymi wymogami prawnymi. W istniejących instalacjach istniejący układ obiegów wody może ograniczać możliwość zastosowania BAT.

9.1.7. Monitorowanie

13. BAT mają na celu pomiar lub ocenę wszystkich odpowiednich parametrów niezbędnych do sterowania procesami technologicznymi z pomieszczeń sterowni za pomocą nowoczesnych skomputeryzowanych systemów w celu stałej regulacji i optymalizacji procesów technologicznych on-line, zapewnienia stabilnej i płynnej obróbki, co zwiększa efektywność energetyczną i maksymalizuje wydajność oraz pozwala udoskonalać praktyki w zakresie utrzymania ruchu.

14. BAT mają na celu pomiar emisji zanieczyszczeń pochodzących z głównych źródeł emisji ze wszystkich procesów technologicznych uwzględnionych w pkt 1.2–1.7, gdy podane są BAT-AEL, oraz w opalanych gazem procesowym elektrowniach hut żelaza i stali.

BAT mają na celu wykorzystywanie ciągłych pomiarów co najmniej w odniesieniu do:

- głównej emisji pyłu, tlenków azotu (NO_x) i dwutlenku siarki (SO₂) z taśm spiekalniczych;
- emisji tlenków azotu (NO_x) i dwutlenku siarki (SO₂) z taśm utwardzających w grudkowniach;
- emisji pyłu z hal lejniczych wielkich pieców;
- pobocznych emisji pyłu z konwertorów tlenowych;
- emisji tlenków azotu (NO_x) z elektrowni;
- emisji pyłów z wielkich elektrycznych pieców łukowych.

W przypadku innych emisji BAT mają na celu rozważenie zastosowania ciągłego monitorowania emisji w zależności od przepływu masowego i cech emisji.

15. W odniesieniu do odpowiednich źródeł emisji niewymienionych w BAT 14 BAT ma na celu prowadzenie okresowych i nieciągłych pomiarów emisji zanieczyszczeń ze wszystkich procesów uwzględnionych w pkt 1.2–1.7 oraz z opalanych gazem procesowym elektrowni hut żelaza i stali, a także wszystkich istotnych składników/zanieczyszczeń gazowych pochodzących z procesów technologicznych. Obejmuje to nieciągłe monitorowanie gazów z procesów technologicznych, emisji z kominów, polichlorowanych dibenzodioskyn i dibenzofuranów (PCDD/F) oraz monitorowanie zrzutów ścieków, z wyłączeniem emisji niezorganizowanych (zob. BAT 16).

Opis (istotny w odniesieniu do BAT 14 i 15)

Monitorowanie gazów wytwarzanych w procesie technologicznym pozwala uzyskać informacje na temat składu tych gazów i pośrednich emisji powstających w wyniku ich spalania, takich jak emisje pyłów, metali ciężkich i SO_x.

Pomiary emisji z kominów można prowadzić regularnie w formie okresowych nieciągłych pomiarów na odpowiednich skanalizowanych źródłach emisji przez dostatecznie długi okres czasu w celu uzyskania reprezentatywnych wartości emisji.

W odniesieniu do monitorowania zrzutów ścieków istnieje szereg standardowych procedur pobierania próbek i analizowania wody i ścieków, w tym:

- losowa próbka, która jest pojedynczą próbką pobraną ze strumienia ścieków;
- złożona próbka, która jest próbką pobieraną w sposób ciągły przez pewien okres czasu lub próbką składającą się z kilku próbek pobieranych w sposób ciągły lub nieciągły przez pewien okres, a następnie wymieszanych ze sobą;
- kwalifikowana próbka losowa, która jest próbką złożoną z co najmniej pięciu losowych próbek pobranych w maksymalnym okresie dwóch godzin w odstępach nie krótszych niż dwie minuty, a następnie wymieszanych.

Monitorowanie należy prowadzić zgodnie z odpowiednimi normami EN lub ISO. Jeśli normy EN lub ISO nie są dostępne, należy oprzeć się na normach krajowych lub innych normach międzynarodowych, aby zapewnić dostarczenie danych o równoważnej jakości naukowej.

16. **BAT mają na celu określenie rzędu wielkości emisji niezorganizowanych z odpowiednich źródeł za pomocą metod przedstawionych poniżej. Jeżeli tylko jest to możliwe, lepiej jest stosować metody bezpośredniego pomiaru zamiast metod lub ocen pośrednich opartych na obliczeniach z wykorzystaniem wskaźników emisji.**

- Metody pomiaru bezpośredniego polegające na pomiarze emisji w samym źródle. W tym przypadku można zmierzyć lub określić stężenia i strumienie masowe.
- Metody pośredniego pomiaru, w przypadku gdy emisja jest określana w pewnej odległości od źródła; nie ma możliwości bezpośredniego pomiaru stężeń i strumienia masowego.
- Obliczenia z wykorzystaniem wskaźników emisji.

Opis

Pomiar bezpośredni lub prawie bezpośredni

Przykładami pomiarów bezpośrednich są pomiary w tunelach aerodynamicznych, pod wyciągami lub inne metody jak pomiary quasi-emisji na dachu instalacji przemysłowej. W tym ostatnim przypadku mierzy się prędkość wiatru i powierzchnię odpowietrznika na dachu i oblicza się wskaźnik przepływu. Przekrój płaszczyzny pomiaru odpowietrznika dachowego jest podzielony na sektory o identycznej powierzchni (pomiar siatkowy).

Pomiary pośrednie

Przykłady pomiarów pośrednich obejmują wykorzystanie gazów wskaźnikowych, metody odwróconego modelowania dyspersji (RDM) oraz metodę bilansu masowego z zastosowaniem technologii LIDAR.

Obliczenia emisji z wykorzystaniem wskaźników emisji

Wytyczne wykorzystujące wskaźniki emisji do oszacowania niezorganizowanych emisji pyłu z magazynowania i obsługi materiałów luźnych oraz unoszeniem pyłu z dróg w wyniku ruchu drogowego to:

- VDI 3790 Część 3
- US EPA AP 42
-

9.1.8 Wycofanie z eksploatacji

17. BAT mają na celu zapobieganie zanieczyszczeniom w związku z wycofaniem z eksploatacji poprzez zastosowanie niezbędnych technik wymienionych poniżej.

Uwarunkowania projektowe dotyczące wycofania instalacji z eksploatacji:

- I. uwzględnienie na etapie projektowania nowego obiektu skutków dla środowiska wynikających z ostatecznego wycofania instalacji z eksploatacji, ponieważ dzięki przeczności wycofanie z eksploatacji jest łatwiejsze, czystsze i tańsze;
- II. wycofanie z eksploatacji wiąże się z zagrożeniami dla środowiska z uwagi na skażenie gruntów (i wód podziemnych) oraz prowadzi do powstania dużych ilości stałych odpadów; techniki zapobiegawcze zależą od procesu technologicznego, ale ogólne założenia mogą obejmować:
 - i. unikanie stosowania konstrukcji podziemnych;
 - ii. wprowadzenie właściwości ułatwiających demontaż;
 - iii. dobór wykończeń powierzchni, które można łatwo odkażać;
 - iv. zastosowanie konfiguracji sprzętu, która ogranicza do minimum zatrzymywanie chemikaliów i ułatwia opróżnianie lub czyszczenie;
 - v. projektowanie elastycznych, samodzielnych jednostek, które umożliwiają stopniowe zamykanie;
 - vi. stosowanie, na ile to możliwe, materiałów ulegających biodegradacji i nadających się do recyklingu.

9.1.9 Hałas

18. BAT mają na celu ograniczanie emisji hałasu z odpowiednich źródeł w procesach wytwarzania żelaza i stali poprzez zastosowanie jednej lub kilku poniższych technik w zależności od i stosownie do lokalnych warunków:

- wdrożenie strategii ograniczenia hałasu;
- obudowanie hałaśliwych operacji/urządzeń;
- izolacja przeciwwibracyjna operacji/urządzeń;
- wewnętrzne i zewnętrzne wyłożenia z materiałów pochłaniających energię uderzenia;
- izolacja dźwiękoszczelna budynków w celu odizolowania hałaśliwych operacji z wykorzystaniem urządzeń do przeróbki materiałów;
- budowa ścian chroniących przed hałasem, np. konstrukcji budynków lub naturalnych barier, takich jak sadzenie drzew i krzewów pomiędzy chronionym obszarem a hałaśliwą działalnością;
- tłumiki na wylotach kominów;
- izolowane kanały i końcowe wentylatory umieszczone w dźwiękoszczelnych budynkach;
- zamykanie drzwi i okien na terenie budynków.

9.2 Konkluzje dotyczące BAT dla spiekalni

O ile nie określono inaczej, konkluzje dotyczące BAT, przedstawione w niniejszym punkcie, mogą być stosowane w odniesieniu do wszystkich spiekalni.

Emisje do powietrza

19. **BAT w odniesieniu do mielenia/mieszania mają na celu zapobieganie lub ograniczanie niezorganizowanych emisji pyłu w drodze aglomeracji materiałów drobnoziarnistych, dzięki regulowaniu poziomu wilgotności (zob. również BAT nr 11).**
20. **BAT w odniesieniu do głównych emisji ze spiekalni mają na celu ograniczenie emisji pyłu z gazów odlotowych z taśm spiekalniczych przy użyciu filtra workowego.**

BAT w odniesieniu do głównych emisji z istniejących spiekalni mają na celu ograniczenie emisji pyłu z gazów odlotowych z taśm spiekalniczych dzięki użyciu nowoczesnych elektrofiltrów, jeżeli nie można zastosować filtrów workowych.

Odpowiadający BAT poziom emisji pyłu wynosi $< 1\text{--}15 \text{ mg/Nm}^3$ dla filtra workowego i $< 20\text{--}40 \text{ mg/Nm}^3$ dla nowoczesnego elektrofiltra (który powinien być zaprojektowany i eksploatowany tak, aby osiągnąć te wartości), przy czym w obu przypadkach wartości te są wartościami średniodobowymi.

Filtr workowy

Opis

Filtry workowe stosowane w spiekalniach są zwykle umieszczane za istniejącym elektrofiltrem lub cyklonem, ale mogą być również eksploatowane jako niezależne urządzenie.

Możliwość zastosowania

W przypadku istniejących zakładów istotne mogą okazać się takie wymogi, jak zapewnienie przestrzeni do instalacji za elektrofiltrem. Należy zwrócić szczególną uwagę na wiek i efektywność istniejącego elektrofiltra.

Nowoczesny elektrofiltr

Opis

Nowoczesne elektrofiltry charakteryzują się co najmniej jedną z poniższych właściwości:

- dobra kontrola procesów;
- dodatkowe pola elektryczne;
- dostosowana siła pola elektrycznego;
- dostosowany poziom wilgotności;
- kondycjonowanie za pomocą dodatków;
- wyższe lub impulsowo zmienne napięcia;
- szybko reagujące napięcie;
- nakładanie się impulsów wysokoenergetycznych;
- ruchome elektrody;
- zwiększenie odległości między płytami elektrod lub inne cechy poprawiające skuteczność redukcji.

21. **BAT w odniesieniu do głównych emisji z taśm spiekalniczych mają na celu zapobieganie lub ograniczanie emisji rtęci poprzez dobór surowców z niską zawartością rtęci (zob. BAT nr 7) lub oczyszczanie gazów odlotowych w połączeniu z wdmuchiwaniami węgla aktywnego lub aktywnego węgla brunatnego.**

Odpowiadający BAT poziom emisji rtęci wynosi $< 0,03\text{--}0,05 \text{ mg/Nm}^3$ jako średnia w okresie pobierania próbek (pomiar okresowy (grawimetryczny), próbki pobierane przez co najmniej pół godziny).

22. **BAT w odniesieniu do głównych emisji z taśm spiekalniczych mają na celu ograniczenie emisji tlenku siarki (SO_x) poprzez zastosowanie jednej z poniższych technik lub ich kombinacji:**

- I. zmniejszenie ilości wprowadzanej siarki poprzez zastosowanie koksiku z niską zawartością siarki;
- II. zmniejszenie ilości wprowadzanej siarki dzięki ograniczeniu do minimum zużycia koksiku;
- III. zmniejszenie ilości wprowadzanej siarki dzięki użyciu rudy żelaza o niskiej zawartości siarki;
- IV. wdmuchiwanie odpowiednich adsorbentów do kanału gazu odlotowego z taśmy spiekalniczej przed odpyleniem na filtrze workowym (**zob. BAT nr 20**);
- V. odsiarczanie metodą mokrą lub proces regeneracji węgla aktywnego (ang. regenerative activated carbon – RAC) (ze szczególnym uwzględnieniem warunków wstępnych zastosowania).

Odpowiadający BAT poziom emisji tlenków siarki (SO_x) przy zastosowaniu BAT I–IV wynosi < 350–500 mg/Nm³ w przeliczeniu na dwutlenek siarki (SO₂) i jest określony jako wartość średniodobowa, przy czym niższa wartość odpowiada BAT IV.

Odpowiadający BAT poziom emisji tlenków siarki (SO_x) przy zastosowaniu BAT V wynosi < 100 mg/Nm³ w przeliczeniu na dwutlenek siarki (SO₂) i jest określony jako wartość średniodobowa.

Opis procesu RAC, o którym mowa w BAT V

Techniki suchego odsiarczania są oparte na adsorpcji SO₂ na aktywnym węglu. Jeśli aktywny węgiel nasycony SO₂ jest regenerowany, proces ten nazywa się regeneracją węgla aktywnego (RAC). W takim przypadku można zastosować wysokiej jakości, kosztowny węgiel aktywny pozwalający na uzyskanie kwasu siarkowego (H₂SO₄) jako produktu ubocznego. Złoże jest regenerowane albo za pomocą wody, albo termicznie. W niektórych przypadkach, na potrzeby „precyzyjnej korekty” za istniejącym zespołem odsiarczania, stosowany jest węgiel aktywny na bazie węgla brunatnego. W takim przypadku aktywny węgiel nasycony SO₂ jest zwykle spopielały w kontrolowanych warunkach.

System RAC może być opracowany jako proces jedno- lub dwustopniowy.

W procesie jednostopniowym gazy odlotowe są przepuszczane przez złoże aktywnego węgla, w którym środki zanieczyszczające są absorbowane przez aktywny węgiel. Dodatkowo usuwany jest NO_x, gdy do strumienia gazu przed złożem katalizatora jest wtryskiwany amoniak (NH₃).

W procesie dwustopniowym gazy odlotowe są przepuszczane przez dwa złoża aktywnego węgla. Amoniak może być wtryskiwany przed złożem, aby obniżyć emisje NO_x.

Możliwość zastosowania technik, o których mowa w BAT V

Odsiarczanie metodą mokrą: Znaczenie mogą mieć wymogi przestrzenne, które mogą ograniczyć możliwość zastosowania tej metody. Należy uwzględnić wysokie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne, a także znaczące wzajemne powiązania pomiędzy różnymi komponentami środowiska („cross-media effects”), takie jak wytwarzanie i unieszkodliwianie mułu, a także dodatkowe środki dotyczące oczyszczania ścieków. Ta technika nie jest stosowana w Europie w momencie powstawania niniejszego dokumentu, ale mogłaby zostać wybrana w przypadku, gdy istnieje małe prawdopodobieństwo spełnienia wymagań norm jakości środowiska przy zastosowaniu innych technik.

RAC: Przed procesem RAC należy zainstalować system odpylania, aby zmniejszyć stężenie pyłu na wlocie. Zasadniczo rozkład instalacji oraz wymogi przestrzenne są

istotnymi czynnikami przy uwzględnianiu tej techniki, szczególnie jednak w przypadku obiektu wyposażonego w więcej taśm spiekalniczych niż jedna.

Należy uwzględnić wysokie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne, szczególnie w przypadku zastosowania wysokiej jakości, kosztownego węgla aktywnego i konieczności budowy instalacji kwasu siarkowego. Technika ta nie jest stosowana w Europie w momencie powstawania niniejszego dokumentu, ale mogłaby zostać wybrana w przypadku nowych instalacji, ukierunkowanych jednocześnie na SO_x, NO_x, pył oraz PCDD/F oraz w przypadku, gdy istnieje małe prawdopodobieństwo spełnienia wymagań norm jakości środowiska przy zastosowaniu innych technik.

23. BAT w odniesieniu do głównych emisji z taśm spiekalniczych mają na celu ograniczenie całkowitej emisji tlenków azotu (NO_x) poprzez zastosowanie jednej z poniższych technik lub ich kombinacji:

I. środki zintegrowane z procesem, które mogą obejmować:

- i. recykulację gazów odlotowych;
- ii. inne środki pierwotne, takie jak stosowanie do zapłonu antracytu lub palników o niskiej emisji NO_x;

II. techniki „końca rury”, które mogą obejmować:

- i. proces regeneracji aktywnego węgla (RAC);
- ii. selektywną redukcję katalityczną (ang. *selective catalytic reduction* – SCR).

Odpowiadający BAT poziom emisji tlenków azotu (NO_x), przy zastosowaniu środków zintegrowanych z procesem, wynosi < 500 mg/Nm³ w przeliczeniu na dwutlenek azotu (NO₂) i określony jako wartość średniodobowa.

Odpowiadający BAT poziom emisji tlenków azotu (NO_x), przy zastosowaniu RAC, wynosi < 250 mg/Nm³, a przy zastosowaniu SCR — < 120 mg/Nm³ w przeliczeniu na dwutlenek azotu (NO₂) przy 15-procentowej zawartości tlenu, określone jako wartości średniodobowe.

Opis recykulacji gazów odlotowych zgodnie z BAT I.i

W przypadku częściowego recyklingu gazu odlotowego część gazu odlotowego ze spiekalni jest ponownie wprowadzana do procesu spiekania. Częściowy recykling gazu odlotowego z całej taśmy opracowano przede wszystkim w celu ograniczenia przepływu gazu odlotowego i tym samym ograniczenia masowych emisji głównych zanieczyszczeń. Dodatkowo może on doprowadzić do spadku zużycia energii. Stosowanie recykulacji gazu odlotowego wymaga szczególnych wysiłków w celu dopilnowania, aby nie miała ona negatywnego wpływu na jakość i wydajność procesu spiekania. Należy zwrócić szczególną uwagę na tlenek węgla (CO) w recykulowanym gazie odlotowym, aby zapobiec zatruciu pracowników tą substancją. Opracowano różne procesy, takie jak:

- częściowy recykling gazu odlotowego z całej powierzchni taśmy;
- recykling gazu odlotowego z końca taśmy spiekalniczej w połączeniu z wymianą ciepła:
 - recykling gazu odlotowego z części końca taśmy spiekalniczej i wykorzystanie gazu odlotowego z chłodni spieku;
 - recykling części gazu odlotowego do innych części taśmy spiekalniczej.

Możliwość zastosowania BAT I.i

Możliwość zastosowania tej techniki zależy od spiekalni. Należy rozważyć zastosowanie środków towarzyszących, mających na celu zapewnienie, że technika ta nie będzie miała negatywnego wpływu na jakość spieku (wytrzymałość mechaniczna na zimno) i wydajność taśmy. W zależności od lokalnych warunków, środki te mogą być stosunkowo nieistotne, a ich wdrożenie może być łatwe, lub przeciwnie – mogą mieć

bardziej fundamentalne znaczenie oraz być kosztowne i trudne do wprowadzenia. W każdym razie w przypadku wprowadzania tej techniki należy dokonać przeglądu warunków eksploatacji taśmy.

W istniejących instalacjach wprowadzenie częściowego recyklingu gazu odlotowego może być niemożliwe ze względu na ograniczenia przestrzenne.

Do istotnych czynników przy określaniu możliwości zastosowania tej techniki należą:

- pierwotna konfiguracja taśmy (np. kanały z podwójną lub pojedynczą skrzynią powietrzną, dostępność miejsca na nowe urządzenia oraz, jeżeli to konieczne, wydłużenie taśmy);
- pierwotny projekt istniejących urządzeń (np. wentylatorów, urządzeń do oczyszczania gazów oraz urządzenia do sortowania i chłodzenia spieku);
- pierwotne warunki eksploatacji (np. surowce, wysokość warstwy, ciśnienie ssania, procent wapna palonego w mieszaninie, specyficzne natężenie przepływu, procent zwrotów zawracanych do wsadu w ramach instalacji);
- istniejąca efektywność w zakresie wydajności oraz zużycia paliwa stałego;
- wskaźnik zasadowości spieku i skład wsadu wielkopiecowego (np. procent spieku w stosunku do grudek we wsadzie, zawartość żelaza w tych składnikach).

Możliwość zastosowania *innych środków pierwotnych* zgodnie z BAT I.ii

Zastosowanie antracytu zależy od dostępności antracytu o niższej zawartości azotu w porównaniu z koksikiem.

Opis i możliwość zastosowania procesu RAC zgodnie z BAT II.i można znaleźć w BAT nr 22.

Możliwość zastosowania procesu SCR zgodnie z BAT II.ii

Proces SCR można stosować w systemie wysokopyłowym, systemie niskopyłowym i systemie czystego gazu. Dotychczas w spiekalniach stosowano jedynie systemy czystego gazu (po odpyleniu i odsiarczeniu). Istotne jest, aby gaz zawierał niewielką ilość pyłu ($< 40 \text{ mg pyłu/Nm}^3$) i metali ciężkich, ponieważ składniki te mogą spowodować nieskuteczność powierzchni katalizatora. Konieczne może być również odsiarczanie przed katalizatorem. Kolejnym wymogiem wstępnym jest minimalna temperatura gazu odlotowego wynosząca około $300 \text{ }^\circ\text{C}$. Wymaga to nakładu energii.

Wysokie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne, konieczność regeneracji katalizatora, zużycie NH_3 i możliwość pojawienia się go na wylocie z instalacji, akumulacja wybuchowej saletry amonowej (NH_4NO_3), powstawanie korozyjnego SO_3 oraz dodatkowa energia konieczna do ponownego podgrzewania, co może ograniczyć możliwości odzysku ciepła jawnego z procesu spiekania – wszystkie te czynniki mogą ograniczać możliwość zastosowania. Technika ta mogłaby zostać wybrana w przypadku, gdy istnieje małe prawdopodobieństwo spełnienia wymagań norm jakości środowiska przy zastosowaniu innych technik.

24. BAT w odniesieniu do głównych emisji z taśm spiekalniczych mają na celu zapobieganie lub ograniczanie emisji polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów (PCDD/F) oraz polichlorowanych bifenyli (PCB) przy zastosowaniu jednej z poniższych technik lub ich kombinacji:

- I. unikanie, na ile to tylko możliwe, surowców zawierających polichlorowane dibenzodioksyny/dibenzofurany (PCDD/F) oraz polichlorowane bifenyli (PCB) lub ich prekursorów (**zob. BAT nr 7**);
- II. wyeliminowanie tworzenia się polichlorowanych dibenzodioksyn/dibenzofuranów (PCDD/F), dzięki dodaniu związków azotu;
- III. recyrkulacja gazu odlotowego (opis i możliwości zastosowania – **zob. BAT nr 23**).

25. **BAT w odniesieniu do głównych emisji z taśm spiekalniczych mają na celu ograniczenie emisji polichlorowanych dibenzodioxyn/dibenzofuranów (PCDD/F) oraz polichlorowanych bifenyli (PCB), dzięki wdmuchiwananiu odpowiednich adsorbentów do przewodu spalinowego taśmy spiekalniczej przed odpyleniem na filtry workowym lub w nowoczesnych elektrofiltrach, w przypadku braku możliwości zastosowania filtrów workowych (zob. BAT nr 20).**

Odpowiadający BAT poziom emisji polichlorowanych dibenzodioxyn/dibenzofuranów (PCDD/F) wynosi $< 0,05\text{--}0,2$ ng I-TEQ/Nm³ w przypadku filtra workowego i $< 0,2\text{--}0,4$ ng-I-TEQ/Nm³ w przypadku nowoczesnego elektrofiltra, przy czym obie te wartości wyznacza się na podstawie próbki losowej pobieranej w okresie 6–8 godzin w warunkach stanu ustalonego.

26. **BAT w odniesieniu do podrzędnych emisji z końcówek taśm spiekalniczych, węzłów łamaczy spieku, chłodni spieku, sortowania spieku i węzłów przesypowych przenośników taśmowych mają na celu ograniczenie emisji pyłu lub uzyskanie efektywnego wychwytywania, a następnie ograniczenie emisji pyłu przy zastosowaniu kombinacji następujących technik:**

- I. zastosowanie okapu lub osłony;
- II. elektrofiltr lub filtr workowy.

Odpowiadający BAT poziom emisji pyłu wynosi < 10 mg/Nm³ w przypadku filtra workowego i < 30 mg/Nm³ w przypadku elektrofiltra, przy czym obie wartości zostały określone jako wartość średniodobowa.

Woda i ścieki

27. **BAT mają na celu ograniczenie do minimum zużycia wody w spiekalniach dzięki recyklingowi jak największej ilości wody chłodzącej, chyba że stosowane są systemy chłodzenia jednoprzejściowego.**

28. **BAT mają na celu oczyszczanie wody wypływającej ze spiekalni, w których wykorzystuje się wodę do płukania lub w których stosuje się układ oczyszczania gazu odlotowego na mokro, z wyjątkiem wody chłodzącej przed jej odprowadzeniem, przy zastosowaniu kombinacji następujących technik:**

- I. wytrącanie metali ciężkich;
- II. neutralizacja;
- III. filtracja na filtrach piaskowych.

Odpowiadające BAT poziomy emisji, wyznaczone na podstawie kwalifikowanej próbki losowej lub 24-godzinnej próbki złożonej, wynoszą:

- zawiesina ciał stałych (suspended solids) < 30 mg/l
- chemiczne zapotrzebowanie na tlen (ChZT ⁽¹⁾) < 100 mg/l
- metale ciężkie $< 0,1$ mg/l
(suma arsenu (As), kadmu (Cd), chromu (Cr), miedzi (Cu), rtęci (Hg), niklu (Ni), ołowiu (Pb) i cynku (Zn)).

⁽¹⁾ W niektórych przypadkach zamiast ChZT mierzony jest całkowity węgiel organiczny (TOC) (aby uniknąć stosowania HgCl₂ w badaniu ChZT). Korelacja pomiędzy ChZT i TOC musi zostać szczegółowo opracowana dla każdej spiekalni osobno. Stosunek ChZT/TOC może przybierać wartość w przedziale ok. 2–4.

Pozostałości poprodukcyjne

29. **BAT mają na celu zapobieganie powstawaniu odpadów w spiekalniach przy zastosowaniu jednej z poniższych technik lub ich kombinacji (zob. BAT nr 8):**

- I. selektywne wewnątrzzakładowe zawracanie pozostałości do procesu spiekania dzięki wykluczeniu metali ciężkich, związków alkalicznych lub drobnych cząstek pyłu zawierających chlorki (np. pył z ostatniego pola elektrofiltra);
- II. zewnętrzny recykling, jeżeli wewnątrzzakładowy recykling napotyka przeszkody.

BAT mają na celu kontrolowaną gospodarkę pozostałościami z procesów technologicznych prowadzonych w spiekalni, których nie można uniknąć ani nie można poddać recyklingowi.

30. BAT mają na celu zwracanie pozostałości mogących zawierać olej, jak pył i szlam oraz zgorzelina walcownicza, które zawierają żelazo i węgiel, pochodzących z taśmy spiekalniczej oraz innych procesów technologicznych w hutach zintegrowanych, w jak największej ilości z powrotem na taśmę spiekalniczą, z uwzględnieniem odnośnej zawartości oleju.
31. BAT mają na celu obniżenie zawartości węglowodorów we wsadzie spiekalniczym dzięki odpowiedniemu doborowi pozostałości poprocesowych poddawanych recyklingowi oraz ich wstępnemu oczyszczeniu.

We wszystkich przypadkach zawartość oleju w poddawanych recyklingowi pozostałościach poprocesowych musi wynosić $< 0,5 \%$, a we wsadzie spiekalniczym — $< 0,1 \%$.

Opis

Ilość wprowadzanych węglowodorów może zostać ograniczona do minimum, w szczególności dzięki zmniejszeniu ilości wprowadzanego oleju. Olej przedostaje się do wsadu spiekalniczego głównie w wyniku dodania zgorzeli walcowniczej. Zawartość oleju w zgorzelinie walcowniczej może być bardzo zróżnicowana, zależnie od źródła jej pochodzenia.

Techniki mające na celu ograniczenie do minimum ilości oleju wprowadzanego wraz z pyłami i zgorzeliną walcowniczą obejmują:

- ograniczenie ilości wprowadzanego oleju dzięki segregacji i dalszemu wykorzystaniu tylko pyłów i zgorzeli walcowniczej o niskiej zawartości oleju;
- zastosowanie technik „dobrego gospodarowania” w walcowniach może prowadzić do znacznego obniżenia zanieczyszczenia zgorzeli walcowniczej olejem;
- odolejanie zgorzeli walcowniczej z zastosowaniem następujących metod:
 - podgrzewanie zgorzeli walcowniczej do temperatury około $800 \text{ }^{\circ}\text{C}$, w wyniku czego węglowodory olejowe ulatniają się i otrzymuje się czystą zgorzelinę walcowniczą; lotne węglowodory mogą być spalane;
 - usuwanie oleju ze zgorzeli walcowniczej za pomocą rozpuszczalnika.

Energia

32. BAT mają na celu ograniczenie zużycia energii cieplnej w spiekalniach poprzez zastosowanie jednej z poniższych technik lub ich kombinacji:

- I. odzyskiwanie ciepła jawnego z gazu odlotowego chłodni spieku;
- II. odzyskiwanie ciepła jawnego, w miarę możliwości, z gazu odlotowego z rusztu spiekalniczego;
- III. maksymalizacja recyrkulacji gazów odlotowych w celu wykorzystania ciepła jawnego (opis i możliwości zastosowania – **zob. BAT nr 23**).

Opis

Ze spiekalni odprowadzane są dwa rodzaje potencjalnie odzyskiwalnej energii odpadowej:

- ciepło jawne z gazów odlotowych z urządzeń spiekalniczych;
- ciepło jawne odzyskiwane z powietrza chłodzącego chłodni spieku.

Częściowa recyrkulacja gazów odlotowych jest szczególnym przypadkiem odzysku ciepła z gazów odlotowych z urządzeń spiekalniczych i została omówiona w BAT nr 23. Ciepło jawne jest przekazywane bezpośrednio z powrotem do złoża spieku przez zwracane gorące gazy. W momencie powstawania niniejszego dokumentu (rok 2010) jest to jedyna praktyczna metoda odzysku ciepła z gazów odlotowych.

Ciepło jawne w gorącym powietrzu z chłodni spieku może być odzyskiwane na co najmniej jeden z następujących sposobów:

- wytwarzanie pary wodnej w kotle odzysknicowym, przeznaczonej do wykorzystania w hutach żelaza i stali;
- wytwarzanie gorącej wody dla sieci ciepłowniczej;
- wstępne podgrzewanie powietrza spalania w odciągu nad palnikiem zapłonowym maszyny spiekalniczej;
- wstępne podgrzewanie mieszanki wsadowej do spieku;
- wykorzystanie gazów z chłodni spieku w systemie recykulacji gazu odlotowego.

Możliwość zastosowania

W niektórych instalacjach istniejąca konfiguracja może prowadzić do bardzo wysokich kosztów odzysku ciepła z gazów odlotowych spieku lub z gazów odlotowych chłodni spieku.

Odzysk ciepła z gazów odlotowych przy pomocy wymiennika ciepła mógłby doprowadzić do niedopuszczalnej kondensacji i spowodować problemy z korozją.

9.3 Konkluzje dotyczące BAT dla grudkowni

O ile nie zaznaczono inaczej, konkluzje dotyczące BAT, przedstawione w niniejszym punkcie, mogą być stosowane w odniesieniu do wszystkich grudkowni.

Emisje do powietrza

33. BAT mają na celu ograniczenie emisji pyłu z gazów odlotowych

- ze wstępnego oczyszczania, suszenia, mielenia, zwilżania, mieszania surowców oraz z grudkowania;
- z linii utwardzania oraz
- z obróbki i sortowania grudek

poprzez zastosowanie jednej z poniższych technik lub ich kombinacji:

- I. elektrofiltr;
- II. filtr workowy;
- III. płuczka wodna;

Odpowiadający BAT poziom emisji pyłu wynosi $< 20 \text{ mg/Nm}^3$ w przypadku kruszenia, mielenia i suszenia oraz $< 10\text{--}15 \text{ mg/Nm}^3$ w przypadku wszystkich innych etapów procesu lub w przypadkach łącznego traktowania wszystkich gazów odlotowych, przy czym wszystkie podane przedziały zostały określone jako wartości średniodobowe.

34. BAT mają na celu ograniczenie emisji tlenków siarki (SO_x), chlorowodoru (HCl) oraz fluorowodoru (HF) z gazów odlotowych linii utwardzania poprzez zastosowanie jednej z następujących technik:

- I. płuczka wodna;
- II. pólucha adsorpcja, a następnie system odpylania.

Odpowiadające BAT poziomy emisji tych związków, określone jako średnie wartości dzienne, wynoszą:

- tlenki siarki (SO_x) w przeliczeniu na dwutlenek siarki (SO_2) $< 30 - 50 \text{ mg/Nm}^3$
- fluorowódor (HF) $< 1 - 3 \text{ mg/Nm}^3$
- chlorowódor (HCl) $< 1 - 3 \text{ mg/Nm}^3$.

35. BAT mają na celu ograniczenie emisji NO_x z sekcji suszenia i mielenia oraz gazów odlotowych z linii utwardzania poprzez zastosowanie technik zintegrowanych z procesem.

Opis

Należy zoptymalizować projekt instalacji poprzez zastosowanie odpowiednich rozwiązań w odniesieniu do niskich emisji tlenków azotu (NO_x) ze wszystkich sekcji wypalania. Tworzenie się NO_x w wyniku procesów termicznych można zredukować dzięki obniżeniu (maksymalnych) temperatur w palnikach i ograniczeniu nadmiaru tlenu w powietrzu spalania. Dodatkowo niższe emisje NO_x można osiągnąć dzięki połączeniu niskiego zużycia energii z niską zawartością azotu w paliwie (węglu i oleju).

36. BAT w odniesieniu do istniejących instalacji mają na celu ograniczenie emisji NO_x z sekcji suszenia i mielenia oraz gazów odlotowych z linii utwardzania poprzez zastosowanie jednej z następujących technik:

- I. selektywna redukcja katalityczna (SCR) jako technika „końca rury”;
- II. inna technika, która zapewni skuteczność redukcji NO_x , co najmniej na poziomie 80 %.

Możliwość zastosowania

W przypadku istniejących instalacji, zarówno z systemem „rusztu wzdłużnego”, jak i „pieca rusztowego”, trudno jest uzyskać warunki eksploatacji niezbędne do spełnienia wymogów reakcji SCR. Ze względu na wysokie koszty, wymienione techniki „końca rury” należy brać pod uwagę wyłącznie wtedy, gdy w innym przypadku niemożliwe byłoby spełnienie wymagań norm jakości środowiska.

37. BAT w odniesieniu do nowych zakładów mają na celu ograniczenie emisji NO_x z sekcji suszenia i mielenia oraz gazów odlotowych z linii utwardzania poprzez zastosowanie selektywnej redukcji katalitycznej (SCR) jako techniki „końca rury”.

Woda i ścieki

38. BAT dla grudkowni mają na celu ograniczenie do minimum zużycia wody i odprowadzania wody z przemywania, wody popłucznej i wody chłodzącej oraz, na ile to możliwe, ponowne jej wykorzystanie.
39. BAT dla grudkowni mają na celu oczyszczanie odprowadzanej wody przed jej zrzutem poprzez zastosowanie kombinacji następujących technik:

- I. neutralizacja;
- II. flokulacja;
- III. sedymentacja;
- IV. filtracja na filtrach piaskowych;
- V. wytrącanie metali ciężkich.

Odpowiadające BAT poziomy emisji, wyznaczone na podstawie kwalifikowanej próbki losowej lub 24-godzinnej próbki złożonej, wynoszą:

- zawiesina ciał stałych (suspended solids) < 50 mg/l
- chemiczne zapotrzebowanie na tlen (ChZT ⁽¹⁾) < 160 mg/l
- azot Kjeldahla < 45 mg/l
- metale ciężkie < 0.55 mg/l
(suma arsenu (As), kadmu (Cd), chromu (Cr), miedzi (Cu), rtęci (Hg), niklu (Ni), ołowiu (Pb) i cynku (Zn)).

⁽¹⁾ W niektórych przypadkach zamiast ChZT mierzony jest całkowity węgiel organiczny (TOC) (aby uniknąć stosowania HgCl₂ w badaniu ChZT). Korelacja pomiędzy ChZT i TOC musi zostać szczegółowo opracowana dla każdej grudkowni osobno. Stosunek ChZT/TOC może przybierać wartość w przedziale ok. 2–4.

Pozostałości poprodukcyjne

40. BAT mają na celu zapobieganie powstawaniu odpadów w grudkowniach dzięki skutecznemu wewnętrznemu recyklingowi lub ponownemu wykorzystaniu pozostałości (tj. za małych grudek surowych i grudek poddanych obróbce cieplnej)

BAT mają na celu kontrolowane zarządzanie pozostałościami z procesów technologicznych prowadzonych w grudkowniach, tj. szlamem po oczyszczeniu ścieków, których nie można uniknąć ani poddać recyklingowi.

Energia

41. BAT mają na celu ograniczenie zużycia energii cieplnej w grudkowniach poprzez zastosowanie jednej z poniższych technik lub ich kombinacji:

- I. zintegrowane z procesem ponowne wykorzystanie jak największej ilości ciepła jawnego z różnych odcinków linii utwardzania;
- II. wykorzystanie nadwyżki ciepła odpadowego w wewnętrznych lub zewnętrznych sieciach ciepłowniczych, jeśli istnieje zapotrzebowanie ze strony podmiotów zewnętrznych.

Opis

Gorące powietrze z odcinka chłodzenia wstępnego może być wykorzystywane jako wtórne powietrze spalania na odcinku opalania. Z kolei ciepło z odcinka opalania może być wykorzystywane na odcinku suszenia linii utwardzania. Ciepło z wtórnego odcinka chłodzenia może być również wykorzystywane na odcinku suszenia.

Nadmiar ciepła z odcinka chłodzenia może być wykorzystywany w komorach suszenia zespołu suszenia i mielenia. Gorące powietrze przepływa przez izolowany rurociąg zwany „traktem recyrkulacji gorącego powietrza”.

Możliwość zastosowania

Odzysk ciepła jawnego stanowi część zintegrowanego procesu w grudkowniach. „Trakt recyrkulacji gorącego powietrza” może być stosowany w podobnie zaprojektowanych, istniejących instalacjach, w których dostawy ciepła jawnego są wystarczające.

Operator może nie mieć wpływu na współpracę i zgodę podmiotów zewnętrznych, dlatego też mogą one nie mieścić się w zakresie pozwolenia.

9.4 Konkluzje dotyczące BAT dla instalacji koksowniczych

O ile nie zaznaczono inaczej, konkluzje dotyczące BAT przedstawione w niniejszym punkcie mogą być stosowane w odniesieniu do wszystkich koksowni.

Emisje do powietrza

42. BAT dla węglowni (przygotowanie węgla obejmujące kruszenie, mielenie, rozdrabnianie i przesiewanie) mają na celu zapobieganie emisjom pyłu lub ich ograniczenie przy zastosowaniu jednej z poniższych technik lub ich kombinacji:

- I. szczelne budynki i zabudowane (szczelne) urządzenia (kruszarki, młyny, sita) oraz
- II. skuteczne odciąganie pyłu, a następnie stosowanie układów odpylania na sucho.

Odpowiadający BAT poziom emisji pyłu wynosi $< 10\text{--}20 \text{ mg/Nm}^3$ jako średnia w okresie pobierania próbek (pomiar okresowy (grawimetryczny), próbki pobierane przez co najmniej pół godziny).

43. BAT w odniesieniu do magazynowania i transportu mieszanki węglowej mają na celu zapobieganie emisjom niezorganizowanym pyłu lub ich ograniczanie poprzez zastosowanie jednej z poniższych technik lub ich kombinacji:

- I. przechowywanie materiałów pyłących w zbiornikach i magazynach;
- II. stosowanie zamkniętych lub osłoniętych przenośników;
- III. ograniczenie do minimum różnic wysokości dróg transportowych węgla w zależności od wielkości i konstrukcji instalacji;
- IV. ograniczenie emisji podczas napełniania wieży węglowej i wozu zasypowego/wsadnicy;
- V. usuwanie zanieczyszczeń pyłowych poprzez odpylanie.

W przypadku zastosowania BAT V **odpowiadający BAT poziom emisji pyłu wynosi $< 10\text{--}20 \text{ mg/Nm}^3$ jako średnia w okresie pobierania próbek (pomiar okresowy (grawimetryczny), próbki pobierane przez co najmniej pół godziny).**

44. BAT mają na celu obsadzanie komór koksowniczych z zastosowaniem niskoemisyjnych systemów obsadzania. Opis

Z ogólnego punktu widzenia preferowane rodzaje obsadzania to zasypywanie „bezdymne” lub zasypywanie sekwencyjne z podwójnymi rurami wznosnymi lub rurami przerzutowymi, ponieważ wszystkie gazy i pył są wtedy usuwane w procesie oczyszczania gazu koksowniczego.

Jeżeli jednak gazy są usuwane i oczyszczane poza baterią i niezależnie od procesu oczyszczania gazu surowego, preferowaną metodą jest oczyszczanie poprzez skuteczne wyłapywanie gazów, a następnie ich spalanie, w celu ograniczenia ilości związków organicznych, oraz zastosowanie filtra workowego w celu ograniczenia ilości cząstek stałych.

Odpowiadający BAT poziom emisji pyłu z układów obsadzania z oczyszczaniem gazów przez urządzenia usytuowane przy baterii wynosi $< 5 \text{ g/t}$ koksu, co jest równoważne $< 50 \text{ mg/Nm}^3$, jako średnia w okresie pobierania próbek (pomiar okresowy (grawimetryczny), próbki pobierane przez co najmniej pół godziny).

Odpowiadający BAT czas trwania widocznej emisji z operacji obsadzania wynosi < 30 sekund na operację obsadzania jako średnia miesięczna przy zastosowaniu metody monitorowania opisanej w BAT nr 46.

45. BAT w odniesieniu do koksowania mają na celu możliwie najgłębsze odgazowanie mieszanki węglowej.

46. BAT w odniesieniu do instalacji koksowniczych mają na celu ograniczenie emisji dzięki uzyskaniu ciągłej i nieprzerwanej produkcji koksu przy zastosowaniu następujących technik:

- I. kompleksowa profilaktyka komór baterii, drzwi pieca i uszczelnienia ram, rur wznosnych, otworów zasypowych i innych urządzeń (systematyczny program realizowany przez specjalnie przeszkolony personel);
- II. unikanie dużych wahań temperatur;
- III. kompleksowa obserwacja i monitorowanie pieca koksowniczego;
- IV. czyszczenie drzwi, uszczelnień ram, otworów zasypowych, pokryw oraz rur wznosnych po operacjach (dotyczy nowych, a w niektórych przypadkach również istniejących instalacji);
- V. utrzymywanie swobodnego przepływu strumienia gazu w piecach koksowniczych;
- VI. odpowiednia regulacja ciśnienia podczas koksowania i zastosowanie dociskanych sprężynami drzwi z elastycznym uszczelnieniem lub drzwi z uszczelnieniem nożowym (w przypadku pieców o wysokości ≤ 5 m i w pełni sprawnych);
- VII. zastosowanie rur wznosnych z uszczelnieniem wodnym w celu ograniczenia emisji widzialnej z instalacji odprowadzającej gaz koksowniczy z baterii do odbieralnika, kolana rury wznosnej i rur przerzutowych;
- VIII. uszczelnienie pokryw otworów zasypowych za pomocą zawiesziny gliny (lub innego odpowiedniego materiału uszczelniającego), aby ograniczyć emisje widzialne ze wszystkich otworów;
- IX. zapewnienie pełnego procesu koksowania (unikanie wypychania „niedogarowanego” koksu) poprzez zastosowanie odpowiednich technik;
- X. stosowanie większych komór pieca koksowniczego (dotyczy nowych instalacji lub niektórych przypadków całkowitej odbudowy instalacji w obecnej lokalizacji);
- XI. na ile to możliwe, zastosowanie indywidualnej regulacji ciśnienia w komorach pieca podczas koksowania (dotyczy nowych instalacji i może stanowić rozwiązanie wariantowe dla istniejących instalacji; możliwość zastosowania tej techniki w istniejących instalacjach wymaga rozważnej oceny i zależy od indywidualnej sytuacji każdej instalacji).

Odpowiadający **BAT** procent widocznych emisji ze wszystkich drzwi wynosi $< 5-10$ %.

Odpowiadający **BAT VII** i **BAT VIII** procent widocznych emisji ze wszystkich rodzajów źródeł wynosi < 1 %.

Wartości procentowe odnoszą się do częstotliwości występowania nieszczelności w stosunku do całkowitej liczby drzwi, rur wznosnych lub pokryw otworów zasypowych jako średnia miesięczna przy zastosowaniu opisanej poniżej metody monitorowania.

Aby oszacować emisje niezorganizowane z pieców koksowniczych stosuje się następujące metody:

- metoda EPA 303;
- metoda DMT (Deutsche Montan Technologie GmbH);
- metoda opracowana przez BCRA (British Carbonisation Research Association);
- metoda stosowana w Holandii, opierająca się na liczeniu widocznych przecieków z rur wznosnych i otworów zasypowych z wyłączeniem widocznych emisji wynikających z normalnych operacji (obsadzanie, wypychanie koksu).

47. BAT w odniesieniu do instalacji oczyszczania gazów odlotowych mają na celu ograniczenie do minimum niezorganizowanych emisji gazów poprzez zastosowanie następujących technik:

- I. ograniczenie do minimum liczby kołnierzy dzięki stosowaniu, na ile to możliwe, spawanych złączy rur;
- II. zastosowanie odpowiednich uszczelnień kołnierzy i zaworów;
- III. zastosowanie gazoszczelnych pomp (np. pomp magnetycznych);
- IV. unikanie emisji z zaworów ciśnieniowych w zbiornikach magazynowych poprzez:

- podłączenie zaworu wylotowego do odbieralnika gazu koksowniczego (COG) lub
- odpowiednie spalanie odbieranego gazu.

Możliwość zastosowania

Techniki te mogą być stosowane zarówno w nowych, jak i w istniejących instalacjach. W nowych instalacjach wdrożenie konstrukcji gazoszczelnych może być łatwiejsze niż w instalacjach istniejących.

48. BAT mają na celu ograniczenie zawartości siarki w gazie koksowniczym (COG) poprzez zastosowanie jednej z następujących technik:

- I. odsiarczanie za pomocą systemów absorpcyjnych;
- II. odsiarczanie utleniające na mokro.

Odpowiadające BAT stężenia resztkowego siarkowodoru (H_2S), określone jako średnie dzienne, wynoszą $< 300\text{--}1000\text{ mg/Nm}^3$ w przypadku zastosowania BAT I (przy czym wyższe wartości związane są z wyższą temperaturą otoczenia, a niższe wartości są związane z niższą temperaturą otoczenia) oraz $< 10\text{ mg/Nm}^3$ w przypadku zastosowania BAT II.

49. BAT w odniesieniu do opalania pieca koksowniczego mają na celu ograniczenie emisji przy zastosowaniu następujących technik:

- I. zapobieganie nieszczelnościom między komorą pieca koksowniczego i kanałem grzewczym poprzez równomierną eksploatację pieców koksowniczych;
- II. usuwanie nieszczelności między komorą pieca koksowniczego i kanałem grzewczym (dotyczy tylko istniejących instalacji);
- III. wdrożenie technik o niskiej emisji tlenków azotu (NO_x) w przypadku budowy nowych baterii, jak np. spalanie stopniowe, a także zastosowanie cieńszych kształtek ceramicznych o lepszej przewodności cieplnej (dotyczy tylko nowych instalacji);
- IV. zastosowanie odsiarczonego gazu koksowniczego (COG).

Odpowiadające BAT poziomy emisji, określone jako wartości średniodobowe przy 5-procentowej zawartości tlenu, wynoszą:

- tlenki siarki (SO_x) w przeliczeniu na dwutlenek siarki (SO_2): $< 200\text{--}500\text{ mg/Nm}^3$;
- pył: $< 1\text{--}20\text{ mg/Nm}^3$ ⁽¹⁾;
- tlenki azotu (NO_x) w przeliczeniu na dwutlenek azotu (NO_2): $< 350\text{--}500\text{ mg/Nm}^3$ w przypadku nowych instalacji lub instalacji poddanych znaczącej modernizacji (nie starszych niż 10 lat) oraz $500\text{--}650\text{ mg/Nm}^3$ w przypadku starszych instalacji z odpowiednio eksploatowanymi bateriami i wdrożonymi technikami redukcji emisji tlenków azotu (NO_x).

⁽¹⁾ Dolna granica zakresu została określona na podstawie efektywności jednej konkretnej instalacji uzyskanej w realnych warunkach eksploatacyjnych dzięki BAT zapewniającym najlepszą efektywność środowiskową.

50. BAT w odniesieniu do wypychania koksu mają na celu ograniczenie emisji pyłu poprzez zastosowanie następujących technik:

- I. zastosowanie kaptura odciągowego zintegrowanego z wozem przelotowym;
- II. zastosowanie oczyszczania gazu za pomocą filtra workowego lub innych systemów redukcji emisji;
- III. zastosowanie jednopunktowego lub mobilnego wozu gaszenia.

Odpowiadający BAT poziom emisji pyłu z wypychania koksu wynosi $< 10\text{ mg/Nm}^3$ w przypadku filtrów workowych oraz $< 20\text{ mg/Nm}^3$ w pozostałych przypadkach. Wartości te zostały wyznaczone jako średnia w okresie pobierania próbek (pomiar okresowy (grawimetryczny), próbki pobierane przez co najmniej pół godziny).

Możliwość zastosowania

W istniejących instalacjach możliwość zastosowania może być ograniczona ze względu na brak miejsca.

51. BAT w odniesieniu do gaszenia koksu mają na celu ograniczenie emisji pyłu poprzez zastosowanie jednej z następujących technik:

- I. zastosowanie suchego gaszenia koksu (ang. coke dry quenching – CDQ) z odzyskiem ciepła jawnego i usuwaniem pyłu z operacji załadunku, transportu i sortowania koksu za pomocą filtra workowego;
- II. zastosowanie konwencjonalnego mokrego gaszenia niskoemisyjnego;
- III. zastosowanie gaszenia koksu przez zatapianie (ang. coke stabilisation quenching – CSQ).

Odpowiadające BAT poziomy emisji pyłu, wyznaczone jako średnia w okresie pobierania próbek, wynoszą:

- < 20 mg/Nm³ w przypadku suchego gaszenia koksu;
- < 25 g/t koksu w przypadku konwencjonalnego mokrego gaszenia niskoemisyjnego ⁽¹⁾;
- < 10 g/t koksu w przypadku gaszenia koksu przez zatapianie ⁽²⁾.

⁽¹⁾ Poziom ten określa się z wykorzystaniem nieizokinetycznej metody Mohrhauera (poprzednio VDI 2303)

⁽²⁾ Poziom ten określa się z wykorzystaniem izokinetycznej metody pobierania próbek zgodnie z VDI 2066

Opis BAT I

Istnieją dwie opcje w odniesieniu do ciągłej pracy instalacji suchego gaszenia koksu. W pierwszym przypadku instalacja suchego gaszenia koksu składa się z 2–4 komór chłodzących, a jedna komora jest zawsze w stanie gotowości jako zapasowa. Gaszenie mokre nie jest więc konieczne, ale dodatkowy, zapasowy układ suchego gaszenia koksu generuje dodatkowe wysokie koszty. W przeciwnym razie konieczny jest dodatkowy system mokrego gaszenia.

W przypadku przekształcenia instalacji mokrego gaszenia w instalację gaszenia suchego, istniejący system mokrego gaszenia może zostać zachowany. Taka instalacja gaszenia koksu nie wymaga już dodatkowej instalacji zapasowej.

Możliwość zastosowania BAT II

Istniejące wieże gaśnicze mogą być wyposażone w przegrody redukujące emisje. Aby zapewnić wystarczające warunki ciągu powietrza wieża musi mieć co najmniej 30 m wysokości.

Możliwość zastosowania BAT III

Ponieważ system ten jest większy niż system konwencjonalnego gaszenia, ograniczeniem dla możliwości zastosowania może być brak miejsca w zakładzie.

52. BAT w odniesieniu do sortowania i transportu koksu mają na celu zapobieganie lub ograniczanie emisji pyłu poprzez zastosowanie kombinacji następujących technik:

- I. szczelne budynki i zabudowane (szczelne) urządzenia;
- II. skuteczne odciąganie pyłu, a następnie odpylanie na sucho.

Odpowiadający BAT poziom emisji pyłu wynosi < 10 mg/Nm³, przy czym jest określony jako średnia dla okresu pobierania próbek (pomiar okresowy (grawimetryczny), próbki pobierane przez co najmniej pół godziny).

Woda i ścieki

53. BAT mają na celu ograniczenie do minimum ilości wody do gaszenia i jej ponowne wykorzystanie w jak największym stopniu

54. BAT mają na celu unikanie ponownego wykorzystania wód procesowych o znacznej zawartości składników organicznych (np. surowe ścieki koksownicze, ścieki z wysoką zawartością węglowodorów itp.) jako wody do gaszenia.

55. BAT mają na celu wstępne oczyszczanie ścieków z procesu koksowania i oczyszczania gazu koksowniczego (COG) przed odprowadzeniem do oczyszczalni ścieków poprzez zastosowanie jednej z poniższych technik lub ich kombinacji:

I. zastosowanie skutecznego usuwania smoły i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) metodą flokulacji, a następnie flotacji, sedymentacji i filtracji, oddzielnie lub w połączeniu;

II. zastosowanie skutecznego odpędzania amoniaku przy użyciu alkaliów i pary.

56. BAT w odniesieniu do wstępnie oczyszczonych ścieków z procesu koksowania i oczyszczania gazu koksowniczego (COG) mają na celu zastosowanie biologicznego oczyszczania ścieków ze zintegrowanymi etapami nityfikacji/denitryfikacji.

Odpowiadające BAT poziomy emisji, wyznaczone na podstawie kwalifikowanej próbki losowej lub 24-godzinnej próbki złożonej, w odniesieniu wyłącznie do pojedynczych instalacji oczyszczania wód z baterii koksowniczej, wynoszą:

- chemiczne zapotrzebowanie na tlen (ChZT ⁽¹⁾) < 220 mg/l
- biochemiczne zapotrzebowanie na tlen przez 5 dni (BOD₅) < 20 mg/l
- siarczki wolne ⁽²⁾ < 0,1 mg/l
- tiocyjanki (SCN⁻) < 4 mg/l
- cyjanki (CN⁻) wolne ⁽³⁾ < 0,1 mg/l
- wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) < 0,05 mg/l
(suma fluorantenu, benzo[b]fluorantenu,
benzo[k]fluorantenu, benzo[a]pirenu,
indeno[1,2,3-cd]pirenu i benzo[g,h,i]perylenu);
- fenole < 0,5 mg/l
- suma azotu amonowego (NH₄⁺-N),
azotu azotanowego (NO₃⁻-N) i azotu azotynowego (NO₂⁻-N) < 15 - 50 mg/l.

W odniesieniu do sumy azotu amonowego (NH₄⁺-N), azotu azotanowego (NO₃⁻-N) i azotu azotynowego (NO₂⁻-N) wartości < 35 mg/l są zwykle związane ze stosowaniem nowoczesnych instalacji biologicznego oczyszczania ścieków z predenitryfikacją/nitryfikacją i postdenitryfikacją.

⁽¹⁾ W niektórych przypadkach zamiast ChZT mierzony jest całkowity węgiel organiczny (TOC) (aby uniknąć stosowania HgCl₂ w badaniu ChZT). Korelacja pomiędzy ChZT i TOC musi zostać szczegółowo opracowana dla każdej instalacji koksowniczej osobno. Stosunek ChZT/TOC może przybierać wartość w przedziale ok. 2–4.

⁽²⁾ Poziom ten określa się według normy DIN 38405 D 27 lub dowolnej innej normy krajowej lub międzynarodowej, zapewniającej dane o równoważnej jakości naukowej.

⁽³⁾ Poziom ten określa się według normy DIN 38405 D 13-2 lub dowolnej innej normy krajowej lub międzynarodowej, zapewniającej dane o równoważnej jakości naukowej.

Pozostałości poprodukcyjne

57. BAT mają na celu zwracanie pozostałości poprodukcyjnych, takich jak frakcje smołowe i pozostałości z instalacji węglowodnych, a także osad nadmiarowy z oczyszczalni ścieków, do wsadu węglowego w koksowni.

Energia

58. BAT mają na celu stosowanie gazu koksowniczego (COG) jako paliwa lub reduktora, lub do produkcji substancji chemicznych.

9.5 Konkluzje dotyczące BAT dla wielkich pieców

O ile nie określono inaczej, przedstawione w niniejszym punkcie konkluzje dotyczące BAT mogą być stosowane do wszystkich wielkich pieców.

Emisje do powietrza

59. **BAT w odniesieniu do powietrza wypartego w trakcie załadunku z zasobników instalacji wdmuchiwanie węgla mają na celu wychwycenie emisji pyłu, a następnie suche odpylanie.**

Odpowiadający BAT poziom emisji pyłu wynosi $< 20 \text{ mg/Nm}^3$, przy czym jest określony jako średnia dla okresu pobierania próbek (pomiar okresowy (grawimetryczny), próbki pobierane przez co najmniej pół godziny).

60. **BAT dotyczące przygotowania (mieszania, przygotowywania mieszanki) i transportowania wsadu mają na celu zredukowanie do minimum emisji pyłu oraz – tam gdzie to konieczne – usuwanie, a następnie odpylanie w elektrofiltrze lub filtrze workowym.**

61. **BAT w odniesieniu do hali lejniczej (otwory spustowe, koryta spustowe, punkty załadunkowe kadzi torpedy, rynny żużlowe) mają na celu zapobieganie niezorganizowanym emisjom pyłu lub ich redukcję poprzez zastosowanie następujących technik:**

- I. przykrywanie koryt spustowych;
- II. optymalizacja efektywności wychwytywania niezorganizowanych emisji pyłu i oparów, a następnie oczyszczanie gazu odlotowego w elektrofiltrze lub filtrze workowym;
- III. redukcja dymów w trakcie spustu za pomocą azotu, tam gdzie jest to możliwe do zastosowania oraz wówczas, gdy nie jest zainstalowany żaden układ odbioru i odpylania emisji powstających podczas spustu;

W przypadku zastosowania BAT II **odpowiadający BAT poziom emisji pyłu wynosi $< 1-15 \text{ mg/Nm}^3$, przy czym jest określony jako wartość średniodobowa.**

62. **BAT mają na celu stosowanie bezsmołowych wyłożeń koryt spustowych.**

63. **BAT mają na celu ograniczenie do minimum uwalniania gazu wielkopieczowego w trakcie załadunku poprzez zastosowanie jednej z następujących technik lub ich kombinacji:**

- I. bezstożkowe zamknięcie gardzieli z funkcją wyrównania pierwotnego i wtórnego;
- II. system odzyskiwania gazu lub system wentylacji z funkcją odzysku;
- III. stosowanie gazu wielkopieczowego w celu zwiększenia ciśnienia w szczytowych zbiornikach zasypowych pieca;

Możliwość zastosowania BAT II

Techniki te mogą być stosowane w odniesieniu do nowych instalacji. Można je stosować w istniejących zakładach tylko w przypadku, kiedy piec jest wyposażony w bezstożkowe urządzenie zasypowe. BAT II nie mają zastosowania w instalacjach, w których do zwiększania ciśnienia w zbiornikach zasypowych pieca wykorzystywane są gazy inne niż gaz wielkopieczowy (np. azot).

64. **BAT mają na celu redukcję emisji pyłu z gazu wielkopieczowego poprzez zastosowanie jednej z następujących technik lub ich kombinacji:**

- I. stosowanie urządzeń do wstępnego suchego odpylania, takich jak:
 - i. odchylacze,
 - ii. odpylniki,
 - iii. cyklony,
 - iv. filtry elektrostatyczne;
- II. dalsza redukcja pyłu za pomocą takich urządzeń jak:
 - i. płuczki rusztowe,

- ii. płuczki Venturi,
- iii. płuczki z pierścieniowym przekrojem gardzieli,
- iv. mokre filtry elektrostatyczne,
- v. dezintegratory.

W przypadku oczyszczonego gazu wielkopieczowego odpowiadające **BAT** stężenie pyłu reszkowego wynosi $< 10 \text{ mg/Nm}^3$, przy czym jest określane jako średnia dla okresu pobierania próbek (pomiar okresowy (grawimetryczny), próbki pobierane przez co najmniej pół godziny).

- 65. BAT w odniesieniu do nagrzewnic dmuchu mają na celu redukcję emisji poprzez zastosowanie nadmiarowego odsiarczonego i odpylonego gazu koksowniczego, odpylonego gazu wielkopieczowego, odpylonego gazu konwertorowego i gazu ziemnego, oddzielnie lub łącznie.**

Odpowiadające BAT poziomy emisji, określone jako wartości średniodobowe przy 3-procentowej zawartości tlenu, wynoszą:

- tlenki siarki (SO_x) w przeliczeniu na dwutlenek siarki (SO_2): $< 200\text{--}500 \text{ mg/Nm}^3$;
- pył: $< 10 \text{ mg/Nm}^3$;
- tlenki azotu (SO_x) w przeliczeniu na dwutlenek azotu (NO_2): $< 100 \text{ mg/Nm}^3$.

Woda i ścieki

- 66. W odniesieniu do zużycia wody i jej zrzutów z procesu oczyszczania gazu wielkopieczowego BAT mają na celu ograniczenie do minimum zużycia wody płuczkowej i jej ponowne wykorzystanie w jak największym stopniu – np. do granulacji żużla – w razie potrzeby po oczyszczeniu na filtrze żwirowym.**

- 67. BAT w odniesieniu do oczyszczania ścieków z procesu oczyszczania gazu wielkopieczowego mają na celu zastosowanie, w razie potrzeby, flokulacji (koagulacji), sedymentacji i redukcji wolnych cyjanków.**

Odpowiadające BAT poziomy emisji, wyznaczone na podstawie kwalifikowanej próbki losowej lub 24-godzinnej próbki złożonej, wynoszą:

- | | |
|--|------------------------|
| • zawiesina ciał stałych (suspended solids) | $< 30 \text{ mg/l}$ |
| • żelazo | $< 5 \text{ mg/l}$ |
| • ołów | $< 0,5 \text{ mg/l}$ |
| • cynk | $< 2 \text{ mg/l}$ |
| • cyjanki (CN^-) wolne ⁽¹⁾ | $< 0,4 \text{ mg/l}$. |

⁽¹⁾ Poziom ten określa się według normy DIN 38405 D 13-2 lub dowolnej innej normy krajowej lub międzynarodowej, zapewniającej dane o równoważnej jakości naukowej.

Pozostałości poprodukcyjne

- 68. BAT mają na celu zapobieganie wytwarzania odpadów wielkopieczowych poprzez zastosowanie jednej z następujących technik lub ich kombinacji:**

- I. odpowiedni odbiór i magazynowanie ułatwiające odpowiedni proces oczyszczania;
- II. wewnątrzzakładowy recykling gruboziarnistego pyłu pochodzącego z procesu oczyszczania gazów wielkopieczowych oraz pyłu z odpylania hali lejniczej z należyтым uwzględnieniem skutków emisji z instalacji, w której przeprowadza się recykling;
- III. separacja szlamu w hydrocyklonie, a następnie wewnątrzzakładowy recykling frakcji gruboziarnistej (ma zastosowanie zawsze w przypadku odpylania na mokro i jeśli rozkład zawartości cynku w ziarnach o różnej wielkości uzasadnia separację);
- IV. przerób żużla – najlepiej w procesie granulacji (jeżeli umożliwiają to warunki rynkowe) – w celu wykorzystania na zewnątrz (np. w przemyśle cementowym lub przy budowie dróg).

BAT mają na celu kontrolowaną gospodarkę pozostałościami pochodzącymi z procesów wielkopieczowych, których nie można uniknąć ani poddać recyklingowi.

69. BAT w odniesieniu do ograniczania do minimum emisji z obróbki żużla mają na celu kondensację oparów, jeżeli zachodzi konieczność eliminacji zapachu.

Gospodarka zasobami

70. BAT w odniesieniu do zarządzania zasobami w procesach wielkopieczowych mają na celu zmniejszenie zużycia koksu dzięki bezpośredniemu wdmuchiwniu środków redukujących, takich jak pył węglowy, olej, olej ciężki, smoła, pozostałości olejowe, gaz koksowniczy, gaz ziemny oraz odpady, takie jak pozostałości metaliczne, zużyte oleje i emulsje, pozostałości zaolejone, tłuszcze i odpadowe tworzywa sztuczne, oddzielnie lub łącznie.

Możliwość zastosowania

Wdmuchiwanie węgla: metoda ta ma zastosowanie do wszystkich wielkich pieców wyposażonych w instalację wdmuchiwnia pyłu węglowego i wzbogacania w tlen.

Wdmuchiwanie gazu: wdmuchiwanie gazu koksowniczego przez dysze zależy w dużej mierze od dostępności gazu, który można skutecznie wykorzystać do innych celów w hutach zintegrowanych.

Wdmuchiwanie tworzyw sztucznych: należy zwrócić uwagę, że technika ta zależy w dużej mierze od lokalnych uwarunkowań i warunków rynkowych. Tworzywa sztuczne mogą zawierać Cl oraz metale ciężkie, takie jak Hg, Cd, Pb i Zn. Zawartość Hg, Cr, Cu, Ni i Mo w gazie wielkopieczowym może wzrastać w zależności od składu stosowanych odpadów (np. lekkiej frakcji z rozdrabniacza).

Bezpośrednie wtryskiwanie zużytych olejów, tłuszczy i emulsji, jako środków redukujących, oraz stałych pozostałości zawierających żelazo: ciągłość funkcjonowania tego systemu zależy od logistyki dostaw i składowania pozostałości. Szczególne znaczenie dla skuteczności powyższego rozwiązania ma również stosowana technologia transportu.

Energia

71. BAT mają na celu utrzymanie płynnej, nieprzerwanej eksploatacji wielkiego pieca w stanie stabilnym, aby ograniczyć do minimum uwalnianie substancji i zmniejszyć prawdopodobieństwo strat wsadu.
72. BAT mają na celu zastosowanie odzyskanego gazu wielkopieczowego jako paliwa.
73. BAT mają na celu odzysk energii ciśnienia wielkopieczowego gazu gardzielowego w przypadku występowania wystarczającego ciśnienia tego gazu i niskiego stężenia związków alkalicznych.

Możliwość zastosowania

Rozwiązanie polegające na odzysku ciśnienia gazu gardzielowego można stosować w nowych instalacjach, a w pewnych okolicznościach w instalacjach istniejących, chociaż wiąże się to z większymi utrudnieniami i dodatkowymi kosztami. Zasadnicze znaczenie przy stosowaniu powyższej techniki ma odpowiednia wartość ciśnienia gazu gardzielowego, przekraczająca 1,5 bara.

W nowych instalacjach turbina rozprężna gazu gardzielowego i instalacja oczyszczania gazu wielkopieczowego mogą zostać do siebie przystosowane, w celu osiągnięcia wysokiej skuteczności mokrego odpylania i odzysku energii.

74. BAT mają na celu wstępne podgrzewanie gazów opałowych nagrzewnic dmuchu lub powietrza spalania poprzez zastosowanie gazu odlotowego z nagrzewnic dmuchu w celu optymalizacji procesu spalania w nagrzewnicach dmuchu.

Opis

Aby zoptymalizować efektywność energetyczną nagrzewnicy dmuchu, można zastosować jedną z następujących technik lub ich kombinację:

- stosowanie komputerowego wspomaganie pracy nagrzewnic dmuchu;
- wstępne podgrzewanie paliwa lub powietrza spalania w połączeniu z izolowaniem przewodów zimnego dmuchu i przewodów kominowych spalin;
- stosowanie bardziej odpowiednich palników w celu poprawienia procesu spalania;
- szybki pomiar tlenu z dostosowaniem warunków spalania.

Możliwość zastosowania

Możliwość zastosowania wstępnego podgrzewania paliwa zależy od efektywności nagrzewnic, ponieważ jest to czynnik determinujący temperaturę gazów odlotowych (np. przy temperaturach gazów odlotowych niższych niż 250 °C rozwiązanie polegające na odzysku ciepła może być niepraktyczne ze względów technicznych lub nieopłacalne).

Wprowadzenie sterowania wspomaganego komputerowo może wymagać budowy czwartej nagrzewnicy w przypadku wielkich pieców z trzema nagrzewnicami (na ile jest to możliwe), aby zmaksymalizować korzyści.

9.6. **Konkluzje dotyczące BAT dla produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową i odlewania stali**

O ile nie zaznaczono inaczej, przedstawione w niniejszym punkcie konkluzje dotyczące BAT mogą być stosowane w odniesieniu do wszystkich procesów produkcji stali metodą konwertorowo-tlenową i odlewania stali.

Emisje do powietrza

75. BAT w odniesieniu do odzysku gazu z zasadowego konwertora tlenowego w procesie tłumienia spalania mają na celu odzyskanie jak największej ilości gazu konwertorowego w trakcie przedmuchiwania oraz jego oczyszczenie poprzez zastosowanie kombinacji następujących technik:

- I. zastosowanie procesu tłumionego spalania;
- II. wstępne odpylanie w celu usunięcia gruboziarnistego pyłu z zastosowaniem technik separacji na sucho (np. za pomocą deflektora, cyklonu) lub mokrych separatorów;
- III. redukcja pyłu za pomocą:
 - i. odpylania na sucho (np. w filtrze elektrostatycznym) w nowych i istniejących instalacjach,
 - ii. odpylania na mokro (np. w elektrofiltrze mokrym lub w płuczce) w istniejących instalacjach.

Odpowiadające **BAT** resztkowe stężenia pyłu po buforowaniu gazu konwertorowego wynoszą:

- 10–30 mg/Nm³ dla BAT III.i;
- < 50 mg/Nm³ dla BAT III.ii.

76. BAT w odniesieniu do odzysku gazu z zasadowego konwertora tlenowego (LD) w trakcie przedmuchiwania tlenem w procesie spalania pełnego mają na celu redukcję emisji pyłu poprzez zastosowanie jednej z następujących technik:

- I. odpylanie suche (np. na filtrze elektrostatycznym lub filtrze workowym) w nowych i istniejących instalacjach;
- II. odpylanie na mokro (np. na elektrofiltrze mokrym lub w płuczce) w istniejących instalacjach.

Odpowiadające BAT poziomy emisji pyłu, określone jako średnia dla okresu pobierania próbek (pomiar okresowy (grawimetryczny), próbki pobierane przez co najmniej pół godziny), wynoszą:

- 10–30 mg/Nm³ dla BAT I;
- < 50 mg/Nm³ dla BAT II.

77. BAT mają na celu zredukowanie do minimum emisji pyłu z otworu lancy tlenowej poprzez zastosowanie jednej z następujących technik lub ich kombinacji:

- I. przykrywanie otworu lancy w trakcie wdmuchiwanie tlenu;
- II. wdmuchiwanie gazu obojętnego lub pary wodnej do otworu lancy w celu rozproszenia pyłu;
- III. stosowanie innych alternatywnych konstrukcji uszczelnień otworu lancy w połączeniu z urządzeniami do jej czyszczenia.

78. BAT w odniesieniu do odpylania podrzędного, obejmującego emisje pochodzące z takich procesów jak:

- przelewanie gorącego metalu z kadzi torpedo (lub mieszalnika) do kadzi wsadowej,
- obróbka wstępna gorącego metalu (tj. podgrzewanie pojemników, odsiarczanie, odfosforowywanie, oddzielanie żużla, transport gorącego metalu i ważenie),
- procesy powiązane z procesem konwertorowo-tlenowym, takie jak wstępne podgrzewanie pojemników, wyrzucanie metalu i żużla z konwertora podczas

świeżenia, ładowanie gorącego metalu i złomu, spust płynnej stali i żuźla z konwertora oraz

- obróbka pozapiecowa i ciągle odlewanie stali,

mają na celu redukcję do minimum emisji pyłów za pomocą technik zintegrowanych z procesem, takich jak ogólne techniki zapobiegania emisjom niezorganizowanym lub ucieczkom emisji i ich kontrolowanie, oraz dzięki stosowaniu odpowiednich obudów i okapów z efektywnym wychwyceniem, a następnie oczyszczaniem gazów odlotowych w filtrze workowym lub filtrze elektrostatycznym.

Odpowiadająca BAT ogólna skuteczność odbierania pyłu wynosi > 90 %.

Odpowiadający BAT poziom emisji pyłu, określony jako średnia wartość dzienna, wynosi dla wszystkich odpylonych gazów odlotowych < 1–15 mg/Nm³ w przypadku filtrów workowych oraz < 20 mg/Nm³ w przypadku filtrów elektrostatycznych.

Jeżeli emisje ze wstępnej obróbki gorącego metalu i obróbki pozapiecowej są oczyszczane oddzielnie, **odpowiadający BAT poziom emisji** pyłu, określony jako wartość średniodobowa, wynosi < 1–10 mg/Nm³ w przypadku filtrów workowych oraz < 20 mg/Nm³ w przypadku filtrów elektrostatycznych.

Opis

Ogólne techniki zapobiegania emisjom niezorganizowanym i ucieczkom emisji z podrzędnych źródeł procesu konwertorowego tlenowego obejmują:

- niezależne wychwytywanie i stosowanie urządzeń odpylających w odniesieniu do każdego podprocesu w hali konwertorów;
- poprawne zarządzanie instalacją odsiarczania w celu zapobiegania emisjom do powietrza;
- całkowite obudowanie instalacji odsiarczania;
- pozostawianie zamkniętej pokrywy, kiedy kadź surówkowa nie jest używana, czyszczenie kadzi surówkowych oraz regularne usuwanie skrzepów lub alternatywnie zastosowanie systemu wyciągu dachowego;
- pozostawianie kadzi surówkowej naprzeciw konwertora przez około dwie minuty po umieszczeniu w nim surówki, jeżeli nie jest stosowany system wyciągu dachowego;
- sterowanie komputerowe i optymalizacja procesu produkcji stali, np. aby zapobiec wyrzucaniu metalu i żuźla z konwertora podczas świeżenia (tj. w sytuacji, w której żużel pieni się tak bardzo, że wycieka z pojemnika) lub je ograniczyć;
- redukcja wyrzucania żuźla w trakcie spustu w wyniku ograniczenia czynników powodujących ten proces oraz stosowanie środków zapobiegawczych;
- zamykanie drzwi od pomieszczenia konwertora w trakcie wdmuchiwania tlenu;
- ciągle monitorowanie dachu za pomocą kamer w celu stwierdzenia ewentualnych widzialnych emisji;
- stosowanie systemu wyciągu dachowego.

Możliwość zastosowania

Konstrukcja istniejących instalacji może ograniczać możliwości odpowiedniego wprowadzania emisji.

79. BAT w odniesieniu do przetwarzania żuźla na miejscu mają na celu redukcję emisji pyłu poprzez zastosowanie jednej z następujących technik lub ich kombinacji:

- I. efektywne wydzielanie emisji pyłu z kruszarki żuźla oraz urządzeń przesiewających, a następnie, w odpowiednich przypadkach, oczyszczanie gazów odlotowych;

- II. transport żużła nie poddanego obróbce za pomocą ładowarek łopatowych;
- III. wychwytywanie emisji lub zwilżanie węzłów przesypowych przenośników rozkruszonego materiału;
- IV. nawilżanie hałd żużła;
- V. stosowanie mgły wodnej w trakcie ładowania pokruszonego żużła.

W przypadku stosowania BAT I **odpowiadający BAT poziom emisji** pyłu wynosi $< 10\text{--}20$ mg/Nm³, przy czym jest określony jako średnia z okresu pobierania próbek (pomiar okresowy (grawimetryczny), próbki pobierane przez co najmniej pół godziny).

Woda i ścieki

80. BAT mają na celu zapobieganie zużyciu wody lub jego ograniczenie oraz zapobieganie wytwarzaniu ścieków pochodzących z głównego odpylania z zasadowego konwertora tlenowego dzięki jednej z następujących technik ustalonych w BAT 75 i BAT 76:

- odpylanie na sucho gazu konwertorowego;
- ograniczenie do minimum zużycia wody płuczkowej i jej ponowne wykorzystanie w jak największym stopniu (np. do granulacji żużła) w przypadku odpylania na mokro.

81. BAT mają na celu ograniczanie do minimum zrzutów ścieków z ciągłego odlewania poprzez zastosowanie kombinacji następujących technik:

- I. usuwanie cząstek stałych w procesach flokulacji, sedymentacji lub filtracji;
- II. usuwanie oleju w odłuszczacach lub za pomocą innych skutecznych urządzeń;
- III. recykulacja jak największej ilości wody chłodzącej i wody z procesu wytwarzania próżni.

Odpowiadające BAT poziomy emisji ścieków z urządzeń do ciągłego odlewania, określone na podstawie kwalifikowanej próbki losowej lub 24-godzinnej próbki złożonej, wynoszą:

- zawiesina ciał stałych (suspended solids) < 20 mg/l
- żelazo < 5 mg/l
- cynk < 2 mg/l
- nikiel $< 0,5$ mg/l
- chrom całkowity $< 0,5$ mg/l
- węglowodory całkowite < 5 mg/l.

Pozostałości poprodukcyjne

82. BAT mają na celu zapobieganie powstawaniu odpadów poprzez zastosowanie jednej z następujących technik lub ich kombinacji (zob. BAT nr 8):

- I. odpowiedni odbiór i magazynowanie ułatwiające odpowiedni proces oczyszczania;
- II. wewnętrzny recykling pyłu z oczyszczania gazu konwertorowego, pyłu z odpylania podrzędnego oraz zgorzeliny z ciągłego odlewania stali w ramach procesów produkcji stali, przy należytych uwzględnieniu skutków emisji z instalacji, w której przeprowadza się recykling;
- III. wewnętrzny recykling żużła konwertorowego i miału żużła konwertorowego do różnych zastosowań;
- IV. obróbka żużła w przypadku, w którym warunki rynkowe umożliwiają jego zewnętrzne wykorzystanie (np. jako kruszywo w materiałach lub w budownictwie);
- V. poddawanie pyłów z filtrów i szlamu zewnętrznemu odzyskowi żelaza i metali nieżelaznych, takich jak cynk, w przemyśle metali nieżelaznych;
- VI. stosowanie zbiorników osadowych dla szlamów, a następnie recykling gruboziarnistej frakcji w spiekalni/wielkich piecach lub w przemyśle cementowym, jeżeli rozkład wielkości ziaren umożliwia racjonalną separację.

Możliwość zastosowania BAT V

Brykietowanie na gorąco pyłu i recykling z odzyskiem grudek o dużej zawartości cynku do ponownego zewnętrznego wykorzystania jest możliwe do zastosowania w przypadku, w którym w celu oczyszczenia gazu konwertorowego stosuje się odpylanie elektrostatyczne na sucho. Odzysk cynku drogą brykietowania nie może być stosowany w systemach odpylania na mokro z powodu niestabilnego procesu sedymentacji w osadnikach, powodowanego powstawaniem wodoru (w reakcji cynku metalicznego i wody). Z uwagi na powyższe względy bezpieczeństwa zawartość cynku w szlamie należy ograniczyć do 8–10 %.

BAT mają na celu kontrolowaną gospodarkę pozostałościami z procesów konwertorowych, których nie można uniknąć ani poddać recyklingowi.

Energia

83. BAT mają na celu gromadzenie, oczyszczanie i buforowanie gazu konwertorowego do późniejszego wykorzystania jako paliwo.

Możliwość zastosowania

Niekiedy odzysk gazu konwertorowego poprzez tłumione spalanie może okazać się ekonomicznie nieopłacalny bądź niewykonalny z punktu widzenia odpowiedniego gospodarowania energią. W takich przypadkach gaz konwertorowy może być spalany w połączeniu z wytwarzaniem pary wodnej. Rodzaj procesu spalania (spalanie pełne lub tłumione) zależy od gospodarowania energią na szczeblu lokalnym.

84. BAT mają na celu zmniejszenie zużycia energii dzięki stosowaniu pokryw do kadzi.

Możliwość zastosowania

Pokrywy mogą być bardzo ciężkie, ponieważ są wykonywane z cegły ogniotrwalej, w związku z czym możliwość zastosowania w istniejących instalacjach może być ograniczona ze względu na udźwig suwnic i konstrukcję całego budynku. Istnieją różne rozwiązania techniczne w odniesieniu do budowania pokryw w warunkach poszczególnych stalowni.

85. BAT mają na celu zoptymalizowanie procesu i zmniejszenie zużycia energii dzięki stosowaniu procesu bezpośredniego spustu po przedmuchiwaniu stali.

Opis

Spust bezpośredni normalnie wymaga stosowania kosztownych urządzeń, takich jak systemy sublanc lub układy czujników zrzutowych, umożliwiających spust bez oczekiwania na analizę chemiczną pobranych próbek (spust bezpośredni). Alternatywnie opracowano nową technikę, aby umożliwić spust bezpośredni bez takich urządzeń. Technika ta wymaga dużego doświadczenia i szeroko zakrojonych prac rozwojowych. W praktyce węgiel jest wdmuchiwany bezpośrednio do poziomu 0,04 % przy jednoczesnym spadku temperatury kąpieli do racjonalnie niskiego poziomu docelowego. Przed spustem dokonuje się pomiaru temperatury i aktywności tlenu do celów dalszych czynności.

Możliwość zastosowania

Wymagane jest wyposażenie obejmujące odpowiedni analizator surówki oraz instalacje odcinania żużla, a dostępność pieca kadziowego ułatwia wdrażanie tej techniki.

86. BAT mają na celu ograniczenie zużycia energii dzięki stosowaniu techniki ciągłego odlewania pasm o kształcie zbliżonym do kształtu wyrobu gotowego (odlewanie bezpośrednio blach), jeżeli uzasadnia to jakość produkowanych gatunków stali i asortyment wykonywanych z niej produktów.

Opis

Odlewanie pasm o kształcie zbliżonym do kształtu wyrobu gotowego oznacza proces ciągłego odlewania stali, w wyniku którego otrzymuje się pasma o grubości mniejszej niż 15 mm. Proces odlewania jest połączony z bezpośrednim walcowaniem na gorąco, chłodzeniem i zwijaniem blach z pominięciem pośredniego pieca grzewczego, który stosuje się w przypadku tradycyjnych technik odlewniczych, np. ciągłego odlewania kęsisk lub cienkich kęsisk. W

związku z tym technika odlewania bezpośredniego blach jest techniką produkcji płaskich wyrobów stalowych o różnej szerokości i grubości mniejszej niż 2 mm.

Możliwość zastosowania

Możliwość zastosowania zależy od produkowanych gatunków stali (np. proces ten nie pozwala wytwarzać blach grubych) oraz od portfolio (asortymentu) produktów danej stalowni. W przypadku istniejących instalacji możliwość zastosowania może być ograniczona rozkładem i dostępnością przestrzeni, ponieważ np. zmodernizowanie poprzez montaż urządzenia do odlewania bezpośredniego blach wymaga dostępu na odcinku 100 m.

9.7. **Konkluzje dotyczące BAT dla produkcji i odlewania stali przy użyciu elektrycznych pieców łukowych**

O ile nie określono inaczej, przedstawione w niniejszym punkcie konkluzje dotyczące BAT mogą być stosowane w odniesieniu do wszystkich procesów produkcji i odlewania stali w elektrycznych piecach łukowych.

Emisje do powietrza

87. **BAT w odniesieniu do procesów w elektrycznych piecach łukowych mają na celu zapobieganie emisjom rtęci dzięki unikaniu, na ile to możliwe, stosowania surowców i materiałów pomocniczych zawierających rtęć (zob. BAT nr 6 i 7).**
88. **BAT w odniesieniu do głównego i podrzędnego odpylania elektrycznych pieców łukowych (obejmującego wstępne podgrzewanie złomu, załadunek, topienie, spust, piec kadziowy i obróbkę pozapiecową) mają na celu osiągnięcie efektywnego uchwycenia wszystkich źródeł emisji dzięki stosowaniu jednej z niżej wymienionych technik oraz późniejsze odpylenie w filtrze workowym:**
- I. połączenie systemów bezpośredniego wydzielenia gazów odlotowych (czwarty lub drugi otwór) i okapów;
 - II. układy bezpośredniego wydzielenia gazu i kieszeni zasypowych;
 - III. bezpośrednio wydzielenie gazu i odprowadzanie pyłu z całego budynku pieca (elektryczne piece łukowe o małej pojemności mogą nie wymagać bezpośredniego usuwania gazu, aby osiągnięta została taka sama efektywność usuwania).

Odpowiadająca **BAT** ogólna skuteczność odpylania wynosi $> 98 \%$.

Odpowiadający BAT poziom emisji pyłu wynosi $< 5 \text{ mg/Nm}^3$, przy czym jest określony jako wartość średniodobowa.

Odpowiadający BAT poziom emisji rtęci wynosi $< 0,05 \text{ mg/Nm}^3$, przy czym jest określony jako średnia dla okresu pobierania próbek (pomiar okresowy (grawimetryczny), próbki pobierane przez co najmniej pół godziny).

89. **BAT w odniesieniu do głównego i podrzędnego odpylania elektrycznych pieców łukowych (obejmującego wstępne podgrzewanie złomu, załadunek, topienie, spust, piec kadziowy i obróbkę pozapiecową) mają na celu zapobieganie emisjom polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów (PCDD/F) i polichlorowanych bifenyli (PCB), a także ich ograniczanie dzięki unikaniu, na ile to możliwe, stosowania surowców zawierających PCDD/F i PCB lub ich prekursorów (zob. BAT 6 i 7) oraz dzięki stosowaniu jednej z następujących technik lub ich kombinacji, w połączeniu z odpowiednim systemem usuwania pyłu:**

- I. odpowiednie oczyszczanie gazów po spalaniu;
- II. odpowiednie szybkie chłodzenie;
- III. wdmuchiwanie odpowiednich środków adsorpcyjnych do traktu spalinowego przed odpyleniem.

Na podstawie 6-8-godzinnej próbki losowej pobranej w niezmiennych warunkach **odpowiadający BAT poziom emisji** polichlorowanych dibenzodioskyn/dibenzofuranów (PCDD/F) wynosi $< 0,1 \text{ ng I-TEQ/Nm}^3$. W niektórych przypadkach odpowiadający BAT poziom emisji można osiągnąć tylko za pomocą środków pierwotnych.

Możliwość zastosowania BAT I

W przypadku istniejących instalacji ocena możliwości zastosowania musi uwzględniać takie uwarunkowania jak dostępna przestrzeń, dany system odprowadzania gazów odlotowych itp.

90. **BAT w odniesieniu do przetwarzania żużla na miejscu mają na celu redukcję emisji pyłu poprzez zastosowanie jednej z następujących technik lub ich kombinacji:**

- I. efektywne wydzielanie emisji pyłu z kruszarki żużla oraz urządzeń przesiewających, a następnie, w odpowiednich przypadkach, oczyszczanie gazów odlotowych;
- II. transport żużla nie poddanego obróbce za pomocą ładowarek łopatowych;
- III. wychwytywanie emisji lub zwilżanie węzłów przesypowych przenośników rozkruszonego materiału;
- IV. nawilżanie hałd żużla;
- V. stosowanie mgły wodnej w trakcie ładowania pokruszonego żużla.

W przypadku stosowania BAT I **odpowiadający BAT poziom emisji** pyłu wynosi $< 10\text{--}20$ mg/Nm³, przy czym jest określony jako średnia z okresu pobierania próbek (pomiar okresowy (grawimetryczny), próbki pobierane przez co najmniej pół godziny).

Woda i ścieki

- 91. BAT mają na celu ograniczenie do minimum zużycia wody z procesów w elektrycznych piecach łukowych dzięki stosowaniu, na ile to możliwe, układów chłodzenia z zamkniętym obiegiem wody do chłodzenia urządzeń pieca, chyba że stosowane są jednoprzeciściowe systemy chłodzenia.**
- 92. BAT mają na celu ograniczenie do minimum zrzutów ścieków z ciągłego odlewania poprzez zastosowanie kombinacji następujących technik:**
 - I. usuwanie cząstek stałych w procesach flokulacji, sedymentacji lub filtracji;
 - II. usuwanie oleju w odtłuszczaczach lub za pomocą innych skutecznych urządzeń;
 - III. recyrkulacja jak największej ilości wody chłodzącej i wody z procesu wytwarzania próżni.

Odpowiadające BAT poziomy emisji ścieków z urządzeń do ciągłego odlewania, określone na podstawie kwalifikowanej próbki losowej lub 24-godzinnej próbki złożonej, wynoszą:

- zawiesina < 20 mg/l
- żelazo < 5 mg/l
- cynk < 2 mg/l
- nikiel $< 0,5$ mg/l
- chrom całkowity $< 0,5$ mg/l
- węglowodory całkowite < 5 mg/l

Pozostałości poprodukcyjne

- 93. BAT mają na celu zapobieganie powstawaniu odpadów poprzez zastosowanie jednej z następujących technik lub ich kombinacji:**
 - I. odpowiedni odbiór i magazynowanie ułatwiające odpowiedni proces oczyszczania;
 - II. odzysk i wewnętrzny recykling materiałów ogniotrwałych z różnych procesów, a następnie wykorzystanie wewnętrzne, tj. jako materiał zastępujący dolomit, magnezyt i wapno;
 - III. przekazywanie pyłu zatrzymanego w filtrach do odzysku zewnętrznego metali nieżelaznych, takich jak cynk, w przemyśle metali nieżelaznych – w razie potrzeby po wzbogaceniu pyłu poprzez zawrócenie do elektrycznego pieca łukowego;
 - IV. oddzielanie zgorzeliny z ciągłego odlewania w procesie oczyszczania wody oraz odzysk, a następnie recykling, np. w spiekalniach/wielkich piecach lub w przemyśle cementowym;
 - V. zewnętrzne wykorzystywanie materiałów ogniotrwałych i żużla z procesów produkcji stali w elektrycznych piecach łukowych jako surowca wtórnego, jeżeli umożliwiają to warunki rynkowe.

BAT mają na celu kontrolowaną gospodarkę pozostałościami z procesów produkcji stali w elektrycznych piecach łukowych, których nie można uniknąć ani poddać recyklingowi.

Możliwość zastosowania

Zewnętrzne wykorzystanie lub recykling pozostałości poprodukcyjnych, zgodnie z BAT III–V, zależą od współpracy i zgody podmiotów zewnętrznych, na które operator może nie mieć wpływu, dlatego też mogą one nie mieścić się w zakresie pozwolenia.

Energia

94. BAT mają na celu ograniczenie zużycia energii dzięki stosowaniu techniki ciągłego odlewania pasm o kształcie zbliżonym do kształtu wyrobu gotowego (odlewanie bezpośrednie blach), jeżeli uzasadnia to jakość produkowanych gatunków stali i asortyment wykonywanych z niej produktów.

Opis

Odlewanie pasm o kształcie zbliżonym do kształtu wyrobu gotowego oznacza proces ciągłego odlewania stali, w wyniku którego otrzymuje się pasma o grubości mniejszej niż 15 mm. Proces odlewania jest połączony z bezpośrednim walcowaniem na gorąco, chłodzeniem i zwijaniem blach z pominięciem pośredniego pieca grzewczego, który stosuje się w przypadku tradycyjnych technik odlewniczych, np. ciągłego odlewania kęsisk lub cienkich kęsisk. W związku z tym technika odlewania bezpośredniego blach jest techniką produkcji płaskich wyrobów stalowych o różnej szerokości i grubości mniejszej niż 2 mm.

Możliwość zastosowania

Możliwość zastosowania zależy od produkowanych gatunków stali (np. proces ten nie pozwala wytwarzać blach grubych) oraz od portfolio (asortymentu) produktów danej stalowni. W przypadku istniejących instalacji możliwość zastosowania może być ograniczona rozkładem i dostępnością przestrzeni, ponieważ np. zmodernizowanie poprzez montaż urządzenia do odlewania bezpośredniego blach wymaga dostępu na odcinku 100 m.

Hałas

95. BAT mają na celu redukcję emisji hałasu z elektrycznych pieców łukowych i zachodzące w nich procesy, generujące wysoką energię akustyczną, dzięki stosowaniu kombinacji poniższych technik konstrukcyjnych i operacyjnych, w zależności od lokalnych warunków i zgodnie z nimi (oprócz stosowania technik wymienionych w BAT nr 18):

- I. wykonanie budynku mieszczącego elektryczny piec łukowy w taki sposób, aby pochłaniał hałas uderzeń mechanicznych będących efektem pracy pieca;
- II. wykonanie i montaż suwnic przeznaczonych do przemieszczania koszy zasypowych tak, aby zapobiec wstrząsom mechanicznym;
- III. specjalne zastosowanie izolacji akustycznej na wewnętrznych powierzchniach ścian i dachów, aby zapobiec rozchodzeniu się w powietrzu hałasu z budynku elektrycznego pieca łukowego;
- IV. oddzielenie pieca i ścian zewnętrznych, aby zmniejszyć rozchodzący się po elementach konstrukcyjnych hałas z budynku elektrycznego pieca łukowego;
- V. umieszczenie procesów generujących wysoką energię akustyczną (tj. elektrycznego pieca łukowego i urządzeń do odwęglania) w głównym budynku.

10. ALTERNATYWNE TECHNIKI PRODUKCJI STALI

[383, EIPPCB 2006]

Niniejszy rozdział nie jest tak szczegółowy jak poprzednie, bowiem w chwili obecnej funkcjonuje tylko jedna alternatywna instalacja produkcji stali w UE, a mianowicie zakład DRI w Niemczech.

Choć proces wielkopieczowy (BF) to główny proces w produkcji żelaza, opracowuje się i wprowadza do użytku komercyjnego wiele nowych procedur produkcyjnych gorącego metalu. Te techniki „redukcji wytapiania” niezmiennie wykorzystują węgiel zamiast koksu jako główny czynnik redukujący. Kilka z tych nowych technik zastępuje także pelety i spiek sproszkowaną rudą miałką. Te alternatywne technologie opisane są bardziej szczegółowo poniżej.

Od ponad 500 lat żelazo było produkowane w wielkich piecach. W tym czasie wielkie piece przekształciły się w reaktory o wysokiej sprawności. Jednakże obecnie dostępne są także inne techniki, które mogłyby zastąpić procesy wielkopieczowej produkcji surówki.

Wielkie piece wymagają koksu, a koksownie są kosztowne i stwarzają wiele problemów środowiskowych związanych z ich eksploatacją. Stąd też, z ekonomicznego i środowiskowego punktu widzenia korzystne byłoby, gdyby surówka była produkowana bez stosowania koksu. W chwili opracowywania niniejszego dokumentu (2010r.) w przypadku prawie wszystkich wielkich pieców zużycie koksu jest znacznie obniżane poprzez wtłaczanie środka redukującego do zestawu dysz powietrznych. Jednakże, koks nigdy nie będzie mógł być w całości zastąpiony w wielkich piecach z powodu jego podstawowej funkcji, jaką jest wspieranie wsadu. Minimalny wskaźnik koksu wielkiego pieca wynosi około 260 kg/t surówki.

Coraz więcej stali produkowane jest ze złomu w elektrycznych piecach łukowych (EAF). Produkcja stali ze złomu zużywa znacznie mniej energii w porównaniu do produkcji stali z rudy żelaza. Problemy z otrzymywaniem odpowiedniej jakości stali produkowanej na bazie złomu powodują pewne ograniczenia, a wykorzystanie bezpośrednio zredukowanego żelaza jako tworzywa wsadowego, zwiększa możliwości procesu produkcji stali elektrycznej z wykorzystaniem elektrycznych pieców łukowych.

Podsumowując, poniższe aspekty należą do najbardziej istotnych zagadnień związanych z procesem produkcji stali z wykorzystaniem wielkich pieców:

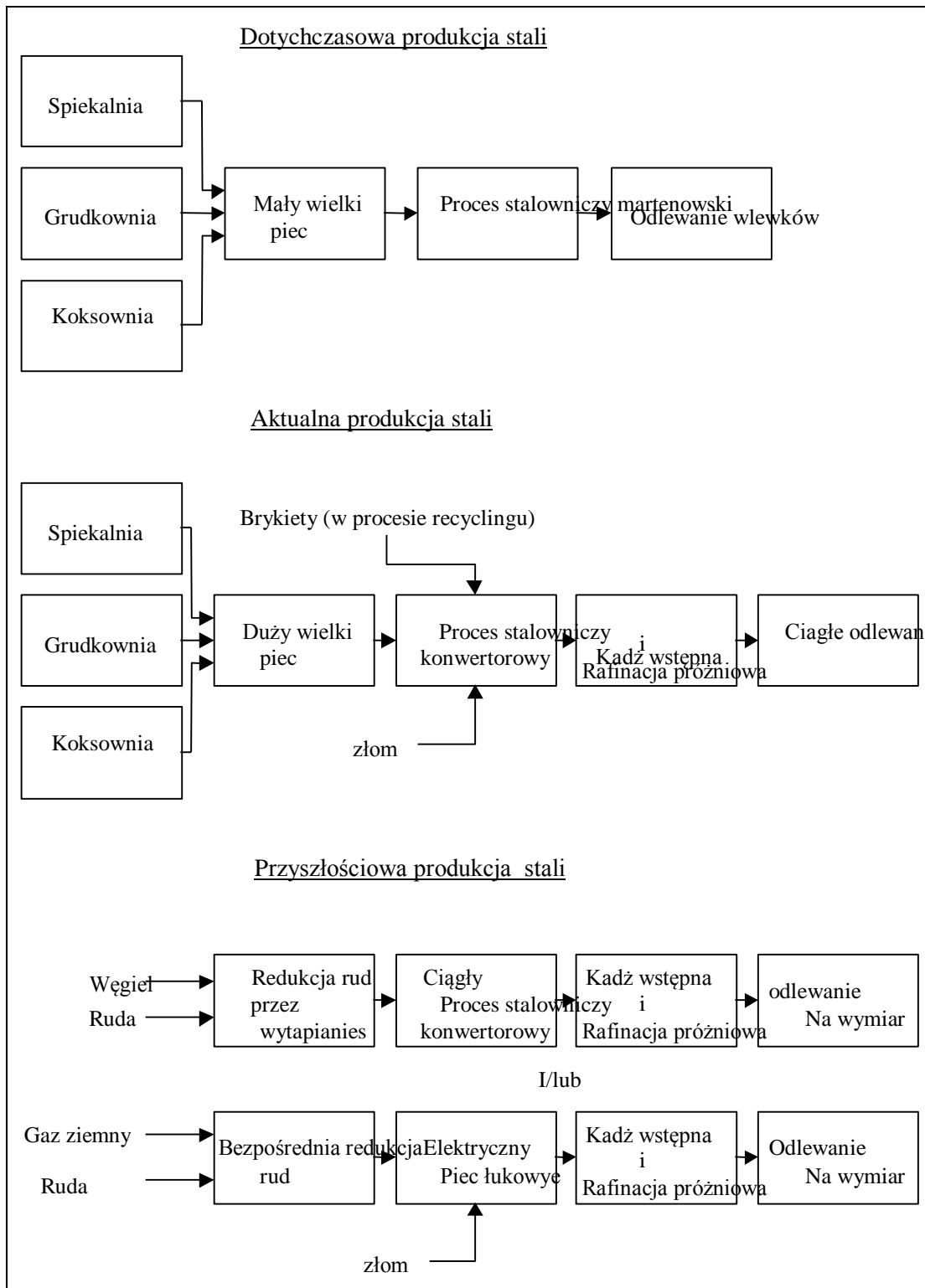
- Aspekty środowiskowe spiekalni
- Aspekty środowiskowe i ekonomiczne koksowni;
- Względny brak elastyczności i skala produkcji surówki;
- Zwiększająca się konkurencja ze strony procesu produkcji stali elektrycznej na bazie złomu i procesu obejmującego bezpośrednią redukcję żelaza i elektryczny piec łukowy.

Należy jednak uwzględnić korzyści procesu wielkopieczowego w zakresie możliwości recyklingu i ekonomicznych inwestycji.

To wszystko spowodowało podjęcie działań zmierzających do ulepszenia procesu wielkopieczowego z punktu widzenia ochrony środowiska i aspektów ekonomicznych oraz do rozwoju alternatywnych procesów produkcji stali.

Poniżej przedstawiono dwa główne rodzaje alternatywnych procesów produkcji stali, które mogą być uważane za sprawdzone: Redukcja bezpośrednia (DR) i redukcja przez wytapienie (SR).

Na rysunku 10.1 przedstawiono procesy produkcji żelaza i stali, które były używane dawniej, są używane obecnie lub będą używane w przyszłości.



Rysunek 10.1 Procesy produkcji żelaza i stali, które były używane dawniej, są używane obecnie lub będą używane w przyszłości.

10.1 Redukcja bezpośrednia (DR)

Bezpośrednia redukcja obejmuje produkcję żelaza pierwotnego z rud żelaza i środka redukującego (np. gazu ziemnego). Stały produkt jest nazywany bezpośrednio zredukowanym żelazem i jest głównie stosowany jako tworzywo wsadowe w elektrycznych piecach łukowych. Proces redukcji bezpośredniej zaczął być wykorzystywany w celach komercyjnych

w latach siedemdziesiątych dwudziestego wieku i od tego czasu zostało wdrożonych wiele procesów.

Ze względu na fakt, iż w zakładzie redukcyjnym nie prowadzi się separacji żelaza ze skały płonnej, rudy o wysokiej klasie lub koncentraty (68% Fe a 27% zawartości skały płonnej) muszą być stosowane do redukcji rudy żelaza na rudę metaliczną w stanie stałym. Stąd temperatury procesu są mniejsze niż 1000°C. Bezpośrednio zredukowane żelazo ma prędkość metalizacji >92% i zawartość węgla < 2%. Bezpośrednio zredukowane żelazo jest zwykle wykorzystywane jako tworzywo zasilające dla elektrycznego pieca łukowego.

DRI może zawierać duże ilości skały płonnej a to ogranicza jej wartość w w procesie stalowniczym wykorzystującym elektryczny piec łukowy, w szczególności na obszarach gdzie odnotowuje się wysokie koszty energii elektrycznej.

Ujemną stroną bezpośrednio zredukowanego żelaza jest to, że może powodować niebezpieczeństwo pożaru. Dlatego bezpośrednio zredukowane żelazo może być stapiane w brykiety jako tak zwane gorące żelazo brykietowe, gdy produkt ma być magazynowany lub transportowany na większą odległość.

Pierwsze komercyjne instalacje wybudowano pod koniec lat sześćdziesiątych dwudziestego wieku. Ponieważ wiodące procesy redukcji bezpośredniej wymagają taniego źródła gazu ziemnego, większość zakładów znajduje się w pasie bogatym w olej i gaz wzdłuż równika.

Tabela 10.1 przedstawia odsetek dotyczący światowej produkcji gorącego metalu w latach 1996 i 2006.

Tabela 10.1: Światowa produkcja DRI

Rok	Świat - rocznie produkcja (Mt)	Odsetek dotyczący światowej produkcji gorącego metalu (%)
1996/97	36.5	4.4 %
2006	59.8	6.8 %

Źródło: [200, Commission 2001] [260, Germany 2007].

Dwie trzecie światowej produkcji DRI w 2006 r. skupiono w pięciu krajach: Indie (15.0 Mt - 4 Mt więcej niż w 2005 r.), Wenezuela (8.6 Mt), Iran (6.9 Mt), Meksyk (6.2 Mt) i Arabia Saudyjska (3.6 Mt). Rozpoczęto budowę nowych zakładów w Indiach, Nigerii, Trinidadzie, Arabii Saudyjskiej, Katarze i w Rosji [260, Germany 2007]. Metoda DR okazała się sukcesem, szczególnie przy produkcji proszków.

Dostępne procesy

Procesy DRI można podzielić według typu stosowanego reaktora, a mianowicie:

- Piece szybowe (Midrex®, HyL)
- Piece obrotowe (proces SL/RN)
- Piece z obrotowym trzonem (Fastmet®/Fastmelt®, Inmetco®/RedIron®, oraz ITmk3®)
- Redukcje złoża fluidalnego (Circofer®).

Wiele z tych procesów dotyczących ciał stałych wykorzystuje gaz ziemny jako paliwo i jako czynnik redukujący (tlenek węgla i wodór). Około 92% bezpośrednio zredukowanego żelaza jest produkowane z użyciem gazu (reformowanego) ziemnego jako paliwa. Jedynie w kilku miejscach jako paliwa używa się węgla.

W procesie z piecem szybowym jako wsad używane są pelety lub ruda w kawałkach (MIDREX, HyL), natomiast w procesie ze złożem fluidalnym używane są ruda mialka i koncentraty (CIRCORED, FINMET, IRON CARBIDE) podobnie jak w piecu karuzelowym (FASTMET®, INMETCO®).

Alternatywą dla bezpośrednio zredukowanego żelaza jest węgiel żelaza (Fe_3C). Węgiel żelaza produkowany jest także przy pomocy redukcji bezpośredniej, ale produkt zawiera około 90 % wag. Fe_3C . Zawartość węgla jest względnie wysoka: 6 % wag. co dostarcza wystarczającej energii pozwalającej na zmniejszenie zużycia energii elektrycznej w elektrycznym piecu łukowym. Węgiel żelaza może być użyty w niektórych zastosowaniach tak samo jak bezpośrednio zredukowane żelazo. Pierwszy komercyjny zakład produkujący węgiel żelaza o zdolności produkcyjnej 300 000 ton na rok uruchomiono w 1995 r. w Trynidadzie (faktyczna produkcja w 1998 wynosiła 150 000 t/rok).

W tabeli 10.2 przedstawiono parametry handlowe dostępnych metod bezpośredniego wytwarzania żelaza.

Tabela 10.2: Charakterystyka procesów bezpośredniej redukcji dostępnych w warunkach komercyjnych

Parametr	Proces			
	MIDREX	HyL III	FASTMET/ INMETCO	FINMET
Status	Przemysłowy	Przemysłowy	Przemysłowy	Przemysłowy
Rodzaj reaktora	szybowy	szybowy	z obrotowym trzonem	ze złożem fluidalnym
Źródło żelaza	Pelety/ Ruda kawałkowa	Pelety/ Ruda kawałkowa	Ruda drobnoziarnista / koncentraty	Ruda dronoziarnista 0,1-12 mm
Rodzaj paliwa	gaz ziemny (natural gas)	gaz ziemny (natural gas)	Węgiel/ Gaz ziemny	gaz ziemny (natural gas)
Wykorzystanie	-	Para	-	Para
Urządzenia peryferyjne	Piec do reformowania	Piec do reformowania - usuwanie CO_2	-	Piec do reformowania - usuwanie CO_2
Typowa zdolność produkcyjna (tys. t/rok)	1000	1000	450	500
Energia wejściowa (GJ/t produktu)	10.5	11.3	12.6	12.5
Produkt	bezpośrednio zredukowane żelazo/gorące żelazo brykietowe	DRI	bezpośrednio zredukowane żelazo/gorące żelazo brykietowe	HBI
Współczynnik metalizacji produktu (%)	>92	>92	>92	>92
Zawartość	1 -2	1 -2	<0.2	0.5 - 1.5

węgla (%)				
Źródło: [98, Nagai 1995] [177, Eurofer 2009].				

W procesie produkcji żelaza, metoda DRI jest lepsza niż produkcja żelaza ze złomu pod względem czystości i jednorodności składu. Korzyści te uzyskuje się jednak większym kosztem.

Zastosowanie bezpośrednio zredukowanego żelaza jest uzasadnione w następujących sytuacjach:

- Kiedy brak jest złomu o dobrej jakości i w związku z tym pogarsza się jakość produktów stalowych oraz kiedy niezbędne jest dodanie zredukowanego żelaza w celu podniesienia jakości surowca.
- Zredukowane żelazo może być także użyte jak główny surowiec w mini hutach wybudowanych w regionach, gdzie dostawy złomu są utrudnione lub tam, gdzie ze względu na wielkość zapotrzebowania nie ma konieczności budowy zintegrowanego zakładu z wielkim piecem. [98, Nagai 1995]
- w wielkich piecach, w których wymagana jest większa zdolność produkcyjna gorącego metalu.

Aspekty środowiskowe bezpośredniej redukcji żelaza

Główną zaletą procesu bezpośredniej redukcji żelaza w porównaniu z wielkim piecem jest to, że zespół redukcji bezpośredniej wykorzystuje gaz ziemny lub węgiel jako paliwo. Stąd też nie są potrzebne baterie koksownicze i zostają znacząco ograniczone emisje. Wpływ na środowisko samego zespołu redukcji bezpośredniej żelaza jest bardzo ograniczony. Występuje niewielka emisja pyłu, która jest łatwa do wychwycenia. Zapotrzebowanie na wodę jest niewielkie, a woda może być w znacznym stopniu poddana recyklingowi. Ponadto, zespół redukcji bezpośredniej żelaza, którego działanie opiera się na metanie, produkuje znacznie mniej CO₂ niż ten oparty na węglu.

Jednakże, bezpośrednio zredukowane żelazo zawiera pewne ilości skały płonnej (3-6%), co prowadzi do zwiększenia zużycia mocy w elektrycznym piecu łukowym wraz ze wzrostem wsadu bezpośrednio zredukowanego żelaza. Można to częściowo kompensować bezpośrednim gorącym ładunkiem DRI. Dostawcy technologii ITmk3 twierdzą, że ze względu na fakt, iż część ciepła pochodzącego z gazów odlotowych może zostać odzyskana i ponownie wykorzystana do podgrzania wkładu opałowego jako wstępnie podgrzane powietrze, przewidywane emisje CO₂ z tego procesu oraz EAF wynoszą 20 - 25 % mniej niż w procesach BF+BOF [208, Lindfors et al. 2006].

10.2 Redukcja poprzez wytapiania (SR)

Redukcję poprzez wytapiania (SR) kojarzy się z produkcją surówki z rudy żelaza bez użycia koksu. SR wykorzystuje dwie jednostki: w pierwszej ruda żelaza jest podgrzewana i zredukowana z wykorzystaniem gazów generowanych przez drugą jednostkę będącą piecem do wytapiania – gazogenerator zasilany węglem i tlenem. Częściowo zredukowana ruda jest następnie topiona w drugiej jednostce i produkowany jest surówka lub (w niektórych przypadkach) ciekła stal. Technologia topienia i redukcji pozwala na wykorzystanie szerokiej gamy węgla w procesie produkcji żelaza.

Przykłady tej technologii obejmują procesy Corex[®] i Finex[®] realizowane w warunkach komercyjnych.

10.2.1 Procesy Corex i Finex

Opis

Proces Corex jest procesem dwustopniowym: w pierwszym etapie ruda żelaza jest zredukowana do żelaza gąbczastego w piecu szybowym za pomocą gazu redukującego. W

drugim etapie zredukowane żelazo jest stapiane w zbiorniku - kotle do topienia – tzw. czadnicy. Gaz redukujący (CO i H₂), który jest stosowany w szybie redukcyjnym jest dostarczany poprzez gazyfikację węgla za pomocą tlenu, formowanie stałego/fluidalnego złoża w czadnicy. Częściowe spalanie węgla w czadnicy wytwarza ciepło do stopienia zredukowanego żelaza. Płynne żelazo i żużel są wylwane z dołu, przy zastosowaniu tradycyjnej procedury wytapiania podobnej do tej stosowanej w eksploatacji wielkich pieców. Z powodu rozdzielania redukcji żelaza i wytapiania żelaza/gazyfikacji węgla na dwa etapy, osiągnięty jest wysoki stopień elastyczności pracy procesu oraz może być stosowany szeroki asortyment węgla. Proces jest zaprojektowany tak, aby mógł być realizowany przy podwyższonym ciśnieniu dochodzącym do 5 barów. Ładowanie węgla i rudy żelaza jest realizowane poprzez układ zamykanego kosza samowyładowczego.

Gaz redukujący zawiera około 65-70% tlenku węgla CO, 20-25% wodoru H₂ i 2-4% dwutlenku węgla CO₂. Po wyjściu z kotła do topienia - czadnicy gorący gaz jest mieszany z gazem chłodzącym w celu osiągnięcia temperatury około 850°C. Następnie gaz jest oczyszczany w gorących cyklonach i dostarczany do pieca szybowego jako gaz redukujący. Kiedy gaz opuszcza piec szybowy ma on nadal stosunkowo wysoką wartość opałową i może być stosowany jako gaz, jeżeli jest taka możliwość. Wartość opałowa gazu oceniana jest na 7,5 MJ/Nm³ w przypadku zastosowania typowego węgla energetycznego (28,5% części lotnych), ale inne rodzaje węgla mogą prowadzić do innych wartości opałowych (odstawianego) gazu.

Dalszym rozwojem procesu Corex jest Finex, proces opracowany wspólnie przez Siemens VAI i koreańskiego producenta stali POSCO. Główna różnica między Corex i Finex polega na tym, że Finex może bezpośrednio korzystać z rudy drobnoziarnistej r 260, Niemcy 2007 1. W procesie Finex proces składa się z czterech etapów – cztery etapy fluidalnego złoża umieszczone są powyżej gazogeneratora. Po redukcji rud drobnoziarnistych w złożu fluidalnym, rezultat ubijany jest na ciepło przed załadowaniem do kotła do topienia – czadnicy.

Uzyskane korzyści dla środowiska

Proces Corex wykorzystuje węgiel jako źródło energii. Dlatego możliwe było wyeliminowanie emisji z pieca koksowniczego. Wszystkie węglowodory, które są uwalniane z węgla są krakowane (rozkładane) na CO i H₂ w kotle do topienia - czadnicy. Dlatego też nie powstają żadne półprodukty takie jak smoła, fenol, benzen, toluen, ksylen (BTX), wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) itp.

Siarka stosowana z węglem w procesie jest w dużym zakresie wychwytywana w piecu szybowym poprzez bezpośrednią redukcję żelaza oraz kalcynowane (prażone) dodatki, a następnie jest dostarczana do kotła do topienia - czadnicy. Tutaj większość siarki jest przenoszona do płynnego żużlu tak, jak w procesie wielkopiecowym i staje się nieszkodliwa dla środowiska. Ilość siarki wydalanej z procesu Corex wraz z gazem i wodą (2-3% całkowitej ilości siarki wejściowej) jest znacznie mniejsza niż w tradycyjnym procesie obejmującym piec koksowniczy/spiekalnię/wielki piec (20-30%). Gaz zawiera 10-70 ppm H₂S, w zależności od rodzaju zastosowanego węgla i warunków eksploatacyjnych. Ponieważ zamiast powietrza do gazyfikacji węgla odbarwiającego stosowany jest tlen (O₂), nie tworzą się żadne znaczące ilości tlenków azotu NO_x i cyjanku (CN). Wymagane wykorzystanie tlenu prowadzi do znacznego dodatkowego zapotrzebowania na całkowitą energię.

Emisje pyłów z zakładu Corex są znacznie mniejsze niż w tradycyjnym procesie produkcji. Unika się przede wszystkim emisji pyłów z pieca koksowniczego. Zawartość pyłu odprowadzanego (eksportowanego) gazu jest mniejsza niż 5 mg/Nm³. Większość pyłu, który jest przechwytywany w układzie oczyszczania gazu jest odzyskiwana do procesu.

Niektóre dane eksploatacyjne zakładu Iscor w Republice południowej Afryki podano w tabeli 10.3.

Tabela 10.3: Dane eksploatacyjne zakładu Corex w zakładach Iscor Pretoria Works, Afryka Południowa – (zamknięte i rozebrane w 1998 r.)

Parametr		Jednostka	Wykorzystanie rudy kawałkowej	Wykorzystanie grudek	
Wydajność topienia		t GM*/godz	45	53	
Jednostkowa wydajność topienia		t GM/m ³ na dzień	3.0	3.4	
Zużycie węgla		kg/t GM	1080	1000	
C _{fix} -zużycie		kg/t GM	615	570	
O ₂ -zużycie		Nm ³ /t GM	540	500	
Ilość żużlu		kg/t GM	450	300	
Skład gorącego metalu	Węgiel	%	4.5	4.5	
	Krzem	%	0.3	0.3	
	Siarka	%	0.05	0.05	
	Fosfor	%	0.15	0.15	
Odprowadzany gaz	Ilość	Nm ³ /t GM	1750	1710	
	Niższa wartość opałowa	MJ/t GM	7.5	7.5	
	Skład	CO	%	45	45
		CO ₂	%	32	32
		H ₂	%	16	16
Pył		mg/Nm ³	<5	<5	
Emisja	Pył	g/t GM	39 - 139	39 - 139	
	SO ₂	g/t GM	26 - 333	26 - 333	
	NO _x	g/t GM	21 - 33	21 - 33	
Zużycie energii		GJ/t GM	17	17	
Uwaga: GM = gorący metal					
Źródło: [78, Kreulitsch et al. 1994] [82, Lemperle et al. 1993].					

Oddziaływanie na środowisko

Gaz redukcyjny z kotła do topienia - czadnicy jest oczyszczany w cyklonach. Pył z tych cyklonów może być odzyskiwany do kotła do topienia - czadnicy. Gaz wielkopieczowy z pieca szybowego oraz gaz chłodzący (dla chłodzenia gazu redukcyjnego) są oczyszczane w mokrych odpylaczach i tym samym powstaje szlam. Szlam może być w dużym stopniu odzyskiwany w kotle do topienia - czadnicy po granulacji lub może być dostarczany do przemysłu cementowego. Mała (nieokreślona ilościowo) część może być zagospodarowana. Proces Corex ma duże jednostkowe zużycie węgla i stosunkowo wysoki przepływ gazu odlotowego przy średniej wysokiej wartości opałowej. Zastosowanie takiego gazu odlotowego w dużej mierze określa sprawność energetyczną procesu. Woda chłodząca jest dostarczana w obwodzie zamkniętym.

Dane operacyjne

Brak danych.

Możliwość zastosowania

Brak danych.

Aspekty ekonomiczne

Podawane koszty inwestycji wyniosły: 195 EUR/ tonę gorącego metalu Dla celów przykładu waluta została przeliczona na ECU w 1996 r. a dla celów przeglądu na EUR.

Sila napędowa realizacji

Brak danych.

Przykładowe zakłady

Po zakończeniu budowy zakładu Corex w 1995 przez Posco, Pohang Works, Korea Południowa, instalację przerobiono na Finex o zdolności produkcyjnej 600 000 ton rocznie w 2003 r. W tym zakładzie, czteroetapowy system znajduje się przed kotłem do topienia - czadnicą. Po redukcji rud drobnoziarnistych w kąpielach złożu fluidalnym, wynik ubijany jest na ciepło przed załadowaniem do kotła do topienia – czadnicy. Drugi zakład o rocznej wydajności 1,5 mln ton oddany został do użytku w Pohang w kwietniu 2007 roku.

Pod koniec 2007 roku, w sumie sześć zakładów Corex i dwa zakłady Finex były w eksploatacji o łącznej pojemności 7.450.000 ton gorącego metalu.

Tabela 10.4: Przegląd zakładów Corex i Finex

Instalacja Corex/ Finex	liczba	Budowa	Wsad/obciążenie	Wydajność w mln ton/rok
Posco, Pohang Works, Korea Południowa	1	1995/2003 (Corex/Finex)	Ruda kawałkowa/miało	0.60
	1	2007 (Finex)	Miało	1.5
Jindal South West Steel, Torangallu, Indie	2	1997/2001	Pelety/ Ruda kawałkowa	1.60 (2 x 0.8)
Mittal Steel, Saldanha RPA	1	1999	Pelety/ Ruda kawałkowa	0.65
Baosteel, Shanghai, Chiny	1	2007	Ruda kawałkowa	1.50
	1	Uruchomienie w 2010	pelety	1.5
Essar Steel, Hazira, Indie	2	2007	pelety	1.60 (2 x 0.8)

Źródło: [260, Germany 2007 1 [312, Dr. Michael Degner et al. 2008 1.

Innym przykładem redukcji wytopiania jest technika Primus® stosująca proces dwuetapowy. Technika ta polega na połączeniu pieca półkowego (MHF), mającego na celu wysuszenie, podgrzanie i zainicjowanie redukcji, z elektrycznym piecem łukowym (EAF), prowadzącym do całkowitej redukcji żelaza, a tym samym zapewnienie gorącego metalu, tworząc żużel i zakończeniu redukcji cynku. Ta technika pozwala na oczyszczanie wszystkich typowych pozostałości żelaza i produkcji stali, które nie mogą być poddane recyklingowi w ramach istniejącej instalacji, takich jak pył w EAF, osadu BF, osadu hutniczego i tłustej zgorzeliny walcowniczej (patrz punkt 2.5.4.4.3).

Bibliografia

r 44, Freuhan 1994 1 r 78, Kreulitsch et al. 1994 1 r 82, Lemperle et al. 1993 1 r 312, Dr. Michael Degner et al. 2008 1

10.2.2 Procesy w trakcie rozwoju

Poniższe procesy redukcji wytopiania są na zaawansowanym etapie rozwoju i zostały pokrótce opisane w niniejszym paragrafie:

- Hismelt
- DIOS
- AISI-DOE/CCF

- ROMELT

W tabeli 10.5 zebrano parametry tych procesów. Krótki opis poszczególnych procesów będzie podany na następnych stronach.

Tabela 10.5: Parametry procesów redukcji wytapiania będących obecnie na etapie rozwoju

Proces				
	HIs melt (Australia)	DIOS (Japonia)	AISI-DOE/CCF (USA/Holandia)	ROMELT (Rosja)
Główne elementy	- Pionowa redukcja topienia	<ul style="list-style-type: none"> • Wstępnie zredukowane złożo • Piec przekształcający gaz • piec do redukcji w stanie ciekłym (smelting reduction furnace) Tlenownia	<ul style="list-style-type: none"> • Konwertor cyklonowy (cyclone converter furnace) • - Zbiornik kąpielowego topienia Tlenownia	- Kąpielowy piec do wytapiania
Tworzywo wsadowe	Miał	Miał	Miał	Miał/tlenki odpadowe
Paliwo	Pył węglowy	Miał węglowy / węgiel granulowany	Węgiel drobnoziarnisty	Węgiel drobnoziarnisty
Produkt metalowy	Płynne żelazo	Płynne żelazo	Płynne żelazo	Płynne żelazo
Zużycie tlenu (Nm ³ /t GM)	Wykorzystuje dmuch gorący	500	430 - 680	750 - 850
Zużycie węgla (kg/t GM)	630 - 700	950	700 - 750	900 - 1200
Ilość gazu odlotowego (Nm ³ /t GM)	1850	2080	n.d	n.d
Wartość opałowa netto (MJ/Nm ³)	1.44	3.74	n.d	n.d
Zużycie energii netto (GJ/t GM)	n.d	n.d	n.d	n.d
Energia wyjściowa (GJ/t GM)	2.7	7.8	4.0	n.d
Status	Pilot	Pilot	Pilot	Pilot
Uwaga: GM = gorący metal — NA = nie dotyczy – brak danych. Źródło: [44, Freuhan 1994] [98, Nagai 1995].				

Hlsmelt

Opis

W procesie tym rudy, węgiel i topniki wstrzykiwane są do kąpielii stali przez łącznie osiem lanc, z których cztery wykorzystuje się do zimnego węgla i wapna, a cztery do wstrzykiwania rudy i dolomitów (5%) w stanie gorącym (600-700°C). Bezpośrednio w kąpielii ruda jest redukowana i stapiana. Gorący dmuch (1200 - 1250°C) przy 35% zawartości O₂ jest wtryskiwany przez centralną lancę przez żużel powodując że frakcje CO i H₂ spalane są w gazie odlotowym. Studzienka gorącego metalu jest zwykle wymagana w celu uruchomienia zakładu. Ostukiwanie gorącego metalu jest w sposób ciągły za pomocą zasilacza, a ostukiwanie żużlu jest wykonywane przez ostukiwanie partii spustowej co dwie, trzy godziny przez otwór żużłowy [312, dr Michael Degner et al. 2008 1.

Dane operacyjne

SR w procesie Hlsmelt prowadzi do niższej zawartości silikonowych wynoszące mniej niż 0,01%, a także mniejszej zawartości fosforu mniejszej niż 0,02% w gorącym metalu. [312, Dr. Michael Degner et al. 2008].

Status

Zakład Hlsmelt został oddany w Kwinana, Australia Zachodnia przez Hlsmelt Corporation. Zakład ten został zaprojektowany do zapewnienia rocznej produkcji na poziomie 800 000 ton gorącego metalu [312, Dr. Michael Degner et al. 2008].

Skutki dla środowiska

W porównaniu z produkcją stali wykorzystanie wielkich pieców pozwala na 10% oszczędności paliwa. Ponadto nie jest wtedy dłużej konieczne funkcjonowanie zakładu ze wstępnym przygotowaniem rudy żelaza (grudkowania, spiekalnia) oraz koksowni. W przeciwieństwie do pozostałych procesów redukcji wytapiania, potrzebny jest gorący dmuch. Prawdopodobnie będzie to miało negatywny wpływ na emisję tlenków azotu NO_x w tym procesie.

DIOS

Opis

Proces bezpośredniej redukcji wytapiania rudy żelaza (DIOS) składa się trzech podprocesów: pieca do wstępnej redukcji złoża fluidalnego (PRF) do wstępnej redukcji rudy żelaza, pieca do reformowania gazu (GRF) do mieszania pyłu węglowego z gazem, i pieca do wytapiania redukcyjnego (SRF) do kolejnej redukcji i wytapiania rudy żelaza.

Tlen spalania jest wtryskiwany z góry do pieca wytapiania redukcyjnego. Powstały tlenek węgla (CO) jest wykorzystywany do wstępnej redukcji rudy żelaza w piecu do wstępnej redukcji złoża fluidalnego (PRF). Żużel w piecu jest mieszany poprzez wtryskiwanie azotu na dnie pieca do wstępnej redukcji złoża fluidalnego.

Status

W zakładach NKK's Keihin Works, Japonia zakład pilotażowy pracował od 1994 roku, produkując około 500 ton stali na dzień.

Skutki dla środowiska

Oczekuje się, że zużycie energii procesu DIOS będzie o 5-10% niższe w porównaniu z obiegiem wielkopiecowym. Ponadto, zakład wstępnego przygotowania rudy żelaza (grudkowania, spiekalnia) oraz koksownia nie są już dłużej potrzebne.

Bibliografia

[78, Kreulitsch et al. 1994 1

AISI-DOE/CCF

Opis

Projekt AISI-DOE i konwertor cyklonowy (cyclone converter furnace CCF) zaczęły funkcjonować jako dwa odrębne projekty rozwojowe.

Projekt AISI-DOE był wspólnym projektem badawczo - rozwojowym dotyczącym bezpośredniej produkcji surówki (redukcji wytapiania) realizowanym przez kilka uniwersytetów oraz amerykańskie i kanadyjskie firmy produkujące stal. Projekt był koordynowany przez Amerykański Instytut Żelaza i Stali oraz był sponsorowany przez Amerykański Departament Energii. Celem projektu było wyprodukowanie stali ze wstępnie zredukowanej rudy żelaza i węgla w pionowym piecu do wytapiania. Opracowanie pionowego kąpielowego pieca do wytapiania było najważniejszą częścią projektu.

Projekt CCF był wspólną inicjatywą holenderskiego Corus, Ijmuiden i włoskiego Ilva. Najważniejszą częścią projektu jest opracowanie reaktora cyklonowego. W cyklonie ruda żelaza jest wstępnie zredukowana i stapiana. Stopiona mieszanka opada do niższej części zbiornika, gdzie następuje zakończenie redukcji. Paliwo składa się z ziarnistego węgla, który jest wtłaczany razem z tlenem do niższej części zbiornika.

Wysoka temperatura robocza reaktora cyklonowego i fakt, że może on pracować przy wysokim poziomie tworzyw pochodzących z kąpeli stali, czyni możliwym bezpośrednie połączenie etapów wstępnej redukcji i redukcji ostatecznej. Połączenie dwóch etapów oznacza, że skuteczność przenoszenia ciepła nie jest krytyczna, ponieważ nie występuje chłodzenie na etapie pośrednim. Fakt, że zarówno wstępna, jak i końcowa redukcja przebiegają w jednym zbiorniku stanowi istotną różnicę pomiędzy procesem cyklonowego pieca konwertorowego, a innymi istniejącymi zespołami przeznaczonymi do kąpielowej redukcji wytapiania.

Projekt cyklonowego pieca konwertorowego koncentrował się głównie na opracowaniu reaktora cyklonowego.

W 1995 roku obie firmy uznały możliwość połączenia swoich technologii. Przy połączonych technikach projekt huty z pilotażową redukcją wytapiania może zostać zrealizowany.

Status

Przeprowadzono kilka prób projektu AISI-DOE, ale nie został uruchomiony żaden zakład. Projekt CCF realizowany był jako projekt pilotażowy o wydajności 20 ton na godzinę.

Aspekty środowiskowe

Ponieważ nie jest konieczna żadna koksownia, spiekalnia lub grudkownia, oznaczona redukcja emisji może być osiągnięta. Zużycie energii na tonę stali również będzie obniżone. Ponadto, energia może być wytwarzana z gazów spalinowych, których temperatura na wyjściu z cyklonu wynosi około 1800°C.

Bibliografia

[43, Freuhan 1993] [65, InfoMil 1997] [78, Kreulitsch et al. 1994]

ROMELT

Opis

Proces ROMELT jest w trakcie opracowywania w Rosji od ponad 10 lat. Jest on podobny do innych procesów wytapiania kąpielowego, ale nie wykorzystuje wstępnego reduktora. Proces wykorzystuje rudę lub tlenki produkcyjne. Podaje się, że zużycie węgla w tym procesie wynosi 900-1200 kg/tonę.

Status

Huta pilotująca o wydajności 500-1000 ton/dzień w Nowolipcku, w Rosji produkowała ponad 300000 ton metrycznych gorącego metalu. Opracowano także szczegółowe plany dotyczące instalacji o wydajności 350 000 ton metrycznych/rok.

Aspekty środowiskowe

Ponieważ nie jest wymagana żadna koksownia, spiekalnia lub grudkownia, można oczekiwać znaczącego obniżenia emisji w porównaniu z tradycyjną produkcją surówki. Zużycie energii na tonę stali będzie również niższe.

Bibliografia

[44, Freuhan 1994] [65, InfoMil 1997]

Pozostają jeszcze dwa dodatkowe procesy redukcji wytapiania wymagające krótkiego opisu, a mianowicie

- Proces PLASMASMELT
- Proces AUSMELT

Proces PLASMASMELT

W procesach redukcji wytapiania opartych na technologii plazmowej, reakcje przebiegają w piecu szybowym wypełnionym koksem z dysz rozmieszczonych symetrycznie wokół dolnej części pieca. Dysza jest całkowicie wypełniona koksem. Generatory plazmowe i urządzenia do iniekcji z tlenków metali, miesza się z tworzącym żużel materiałem i ewentualnie substancjami redukującymi przyczepionymi do dysz. Z przodu każdej dyszy powstaje wnęka wewnątrz kolumny koksu gdzie odbywają się redukcja i wytapianie. W regularnych odstępach czasu, wytwarzany żużel i metal są pobierane z dna pieca szybowego. W przypadku wytopu rudy żelaza, gazy odlotowe z pieca, składające się głównie z tlenu węgla i wodoru, mogą być stosowane do wstępnej redukcji rudy. W innych zastosowaniach procesu, takich jak odzyskiwanie składników stopu metali z pyłu, gaz ten jest stosowany jako paliwo gazowe. Jeżeli surowiec zawiera metale o wysokich ciśnieniach pary, na przykład cynk i ołów, te metale opuszczają piec wraz z gazami odlotowymi, które są następnie przepuszczane przez chłodnicę, gdzie metale są odzyskiwane z gazu [383 , 2006 EIPPCB]

Proces AUSMELT

Proces Ausmelt został opracowany przez Ausmelt Ltd. w Australii. Rudy kawałkowe lub miał poradwane jednocześnie do konwertera wraz z węglem kawałkowym i topnikiem. Węgiel drobnoziarnisty, tlen i powietrze wtłaczane są do komory w celu umożliwienia spalania pod powierzchnią. Stopień utleniania i redukcji jest kontrolowany przez dostosowanie paliwa do wskaźników powietrza i węgla, jak również proporcji mialu węglowego wtryskiwanego przez lancę. Wszystkie reakcje są zakończone w jednym reaktorze

10.3 Porównanie konwencjonalnego procesu wielkiego pieca z procesem bezpośredniej redukcji i redukcji wytapiania

Zasadniczą zaletą dla środowiska w przypadku procesów bezpośredniej redukcji (DR) i redukcji wytapiania (SR) jest to, że mogą one funkcjonować bez koksu lub spieku. Dzięki temu procesy te pozwalają uniknąć konieczności stosowania koksowni i maszyn spiekalniczych, które mają potencjalnie duży wpływ na środowisko.

Emisje z zakładu redukującego są ogólnie niskie, przy czym po obniżeniu emisji możliwe jest uzyskanie emisji pyłu rzędu 10 mg/Nm^3 . Techniki ograniczania emisji są zwykle oparte na mokrej technologii, co prowadzi do wodnego strumienia odpadowego. Problem ten może zostać jednak rozwiązany poprzez recykling wody lub przez suche oczyszczanie. Jeżeli w procesach bezpośredniej redukcji żelaza lub redukcji wytapiania wykorzystuje się grudki żelaza lub spiek, to emisja związana z przeróbką tych tworzyw musi być rozpatrywana przy porównywaniu oddziaływania na środowisko różnych obiegów produkcji surowki.

Tabela 10.6 przedstawia porównanie konwencjonalnego procesu wielkopieczowego z obiegiem wykorzystującym redukcję bezpośrednią i redukcję wytapiania.

Tabela 10.6: Porównanie konwencjonalnego procesu wielkopieczowego z obiegiem wykorzystującym redukcję bezpośrednią i redukcję wytapiania.

Cechy	Tradycyjny obieg wielkopieczowy (¹)	Bezpośrednia redukcja (DR)	Redukcja wytapiania (SR)
Zakres produkcji	Używane od dawna, wydajne pod względem energetycznym i surowcowym w zakładach o produkcji gorącego metalu od 2 do 4,77 Mt/rok lub większej. Podstawowa technologia w produkcji żelaza - 95% produkcji światowej.	Proces w przeważającej większości oparty na gazie, z 63% światowej produkcji należącej do technologii MIDREX. Największy istniejący obecnie zakład posiada zdolność produkcyjną 1,76 Mt/rok. Produkowane bezpośrednio redukowane żelazo jest używane jako produkt zastępujący złom w procesie stalowniczym wykorzystującym elektryczny piec łukowy. Procesy bezpośredniej redukcji żelaza mają stosunkowo niskie wydajności produkcyjne w porównaniu z wielkim piecem i zostały zainstalowane głównie po to, by wykorzystać miejscowe czynniki takie, jak bardzo niski koszt energii i/lub nadawy rudy żelaza.	Redukcja wytapiania jest mniej rozproszona. Jedyne procesy COREX/FINEX mają zastosowanie handlowe. W chwili obecnej zainstalowana zdolność produkcyjna wynosi około 7,45 Mt/rok (8 zakładów).
Tworzywa wsadowe	<p>Węgiel</p> <ul style="list-style-type: none"> Wymagany jest węgiel koksujący do produkcji koksu. Koksik i antracyt (jeśli jest używany) w spiekalni. Węgiel do wtlaczania do wielkiego pieca (może być to węgiel nie koksujący) <p>Tworzywa wtlaczane do wielkiego pieca Poza węglem, olej (np. olej odpadowy), gaz ziemny i tworzywa sztuczne są w całości wtlaczane do wielkiego pieca</p>	<p>Węgiel (tam gdzie jest stosowany – mniejszość procesów)</p> <ul style="list-style-type: none"> Węgiel (tam gdzie jest używany – w mniejszej liczbie procesów) Szeroki zakres paliw stałych od antracytu do węgla brunatnego i drzewnego (piece obrotowe) <p>Gaz</p> <ul style="list-style-type: none"> Zawartość siarki w gazie musi być niska ze względu na jej szkodliwe działanie na katalizator reformera i wpływ na jakość produktu. <p>Tworzywa metaliczne</p>	<p>Węgiel</p> <ul style="list-style-type: none"> Można używać węgla niekoksującego, wymagania dotyczące specyfikacji są bardziej elastyczne niż w przypadku wielkich pieców. <p>Tworzywa metaliczne</p> <ul style="list-style-type: none"> Ruda kawałkowa, pelety i spiek. <p>Tlen</p> <ul style="list-style-type: none"> Proces COREX wymaga dużych ilości tlenu (związane z tym implikacje energetyczne).

	Tworzywa metaliczne Używany jest szeroki zakres wsadu o różnej jakości i charakterystyce.	<ul style="list-style-type: none"> Ponieważ w procesie nie ma zmiany fizycznego stanu skupienia niezbędne są jedynie pelety i ruda kawałkowa o wysokiej jakości. 	
Wymagania dotyczące energii	Zwykle około 17-18 GJ/t płynnego żelaza (mniej gazu, pary i mediów grzewczych ze względu na zawartość węgla w żelazie).	Zwykle 10,5 – 14,5 GJ/t stałego bezpośrednio zredukowanego żelaza (na bazie gazu) przyjmując 100% pracę na rudzie kawałkowej (dodatkowa energia potrzebna przy topieniu i peletach, jeśli są stosowane).	Trudno ocenić ilościowo, ponieważ wydajność procesu zależy od dopłat do eksportowanego proszku lub od większej produkcji żelaza DRI w procesach bazujących na gazie.
Jakość produktu	Jakość stabilna i pewna.	Produkt podatny na wtórne utlenianie dopóki nie zostanie spasywowany lub zbrykietowany. Jakość silnie zależna od jakości wsadu.	Identyczna jak w procesie wielkopiecowym.
Cechy	Tradycyjny obieg wielkopiecowy (1)	Bezpośrednia redukcja (DR)	Redukcja wytapiania (SR)
Osiągnięty poziom emisji odpowiadający BAT	Emisje do środowiska obejmują pyły, lotne związki organiczne, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) i różnorodne związki organiczne powstające w piecach koksowniczych. Spiekalnie uwalniają SO ₂ , tlenki azotu NO _x , pył, lotne związki organiczne, polichlorowane bifenyle, polichlorowane dibenzodiodksyny/furany i wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) (patrz tabela 4.1) podczas gdy wielki piec uwalnia pył i SO ₂ z hali lejniczej (patrz tabela 6.4 do 6.6). W procesie wielkopiecowym zużywana są także duże ilości wody. Jednak w tym obiegu istnieje możliwość recyklingu szeregu produktów	Ponieważ w większości procesów redukcji bezpośredniej DR używa się pelet należy uwzględnić wpływ na środowisko emisji w procesie peletyzacji. Bezpośrednio zredukowane żelazo zawiera zwykle 2-4% skały płonnej, a zatem należy uwzględnić dodatkową energię do przetworzenia i uwalnianie dodatkowych emisji zanieczyszczeń. Emisje pyłu podobnie jak w procesie wielkopiecowym są uwalniane w skutek przesiewania surowców przed ich przetworzeniem. Jeśli redukcja bezpośrednia ma zastąpić tradycyjną metodę wytwarzania żelaza, to należy znaleźć zadawalający pod względem środowiskowym proces utylizacji przesiewu. Tlenki azotu NO _x są uwalniane	W niektórych procesach redukcji wytapiania SR powstają duże ilości gazów odpadowych wymagających odzysku. Oprócz tego wymagania energetyczne SR i emisje CO ₂ są wyższe niż w tradycyjnym obiegu wielkopiecowym. Jeśli redukcja wytapiania ma zastąpić tradycyjną metodę wytwarzania żelaza, to należy znaleźć zadawalający pod względem środowiskowym proces utylizacji przesiewu.

	<p>odpadowych/półproduktów, a możliwości tej nie ma w wielu procesach bezpośredniej redukcji żelaza. Możliwość odsiarczania wielkiego pieca pozwala na użycie paliw i środków redukujących zawierających wyższe koncentracje siarki w sposób przyjazny dla środowiska. Żużel wielkopieczowy może być użyty w budownictwie drogowym lub po speletyzowaniu może być użyty do produkcji cementu żużlowego. Obydwa półprodukty mają tą korzyść z punktu widzenia ochrony środowisk, że obniżają zapotrzebowanie na składowanie odpadów. Należy pamiętać, że tradycyjna trasa produkcji surówki stwarza wiele możliwości odzyskiwania i zagospodarowania dla powstających związków zawierających żelazo, placków filtracyjnych i oleju w produkcji stali o tradycyjnym obiegu, który może nie być dostępny w wielu procesach redukcji. Tradycyjny obieg ma również możliwość wykorzystywania szerokiego zakresu podawanych tworzyw i środków redukujących różnej jakości.</p>	<p>w procesie reformowania gazu. W najlepszych procesach bezpośredniej redukcji używa się gazu ziemnego, chociaż węgiel jest największym źródłem energii dostępnym dla ludzi. W warunkach ciągłego rozwoju należy rozważyć możliwość wykorzystania gazu do produkcji wyrobów wysokowartościowych. Eksploatacja bez koksowni pozwala na uniknięcie emisji do powietrza pyłu i lotnych związków organicznych z pieców oraz emisji szeregu organicznych związków chemicznych do powietrza i wody z zakładów produkujących półprodukty. Emisja z procesów oczyszczania pozostałości oleju przy produkcji koksu i smoły z pieców koksowniczych będzie również wyeliminowana. Dodatkowo zaoszczędzi się duże ilości wody wykorzystywanej w procesie. Usunięcie spiekalni obniży emisje do atmosfery pyłu metalicznego/niemetalicznego i zanieczyszczeń gazowych takich, jak dwutlenek siarki. Większość wielkich pieców jest obecnie wyposażona w instalacje wywiewne pyłów hali lejniczej i bezstożkowe układy zasilania, i tym samym ich wyniki pod względem oddziaływania na środowisko będą porównywalne z emisjami z zakładów redukcji o równoważnych układach.</p>	
Cechy	Tradycyjny obieg wielkopieczowy ⁽¹⁾	Bezpośrednia redukcja (DR)	Redukcja wytapiania (SR)

Efekty przekrojowe		Ponieważ bezpośrednia redukcja nie powoduje żadnych fizycznych zmian stanu lub oddzielenia zanieczyszczeń chemicznych, jakość produktu jest w całości zależna od jakości podawanych tworzyw. Wytwarzane w procesie bezpośrednio zredukowanego żelaza może być gorszej jakości niż surówka z wielkich pieców, jeżeli podawane tworzywa będą niskiej jakości. Aby możliwe było porównanie pod względem aspektów środowiskowych bezpośrednio zredukowane żelazo musi być w formie stopionej, aby mogło być ono bezpośrednio porównywalne z surówką wielkiego pieca. Należy wziąć pod uwagę także dodatkowe wymagania dotyczące energii i emisji związanej z tego rodzaju zmianą stanu.	W przypadku procesów redukcji wytopiania duże ilości gazów wielkopieczowych powstają podczas procesu COREX, a sprawność energetyczna jest gorsza jeśli gazy nie są wykorzystywane do wytwarzania mocy produkcji, lub są wykorzystane do produkcji żelaza gąbczastego. Zużycie węgla i wymagania dotyczące tlenu są wyższe niż w przypadku obiegu wielkopieczowego, a emisja dwutlenku węgla jest znacznie większa. Tlenki azotu muszą być brane pod uwagę zarówno w operacjach redukcji wytopiania, jak i bezpośredniej redukcji.
Koszty instalacji (indykatywne)	1150 milionów EUR przy 3,5 Mt/rok (obejmuje koszty spiekalni i pieców koksowniczych)	210 milionów EUR przy 1,36 Mt/rok (zakładając możliwość otrzymania odpowiednich pelet oraz rudy kawałkowej)	240 milionów EUR przy 0,60 Mt/rok (uwzględniając koszt tlenowni i zakładając możliwość pracy na bazie rudy kawałkowej)
<p>(¹) piec koksowniczy, spiekalnia i wielki piec;. <i>Źródło:</i> [200, Commission 2001 1 [260, Germany 2007 1 [312, Dr. Michael Degner et al. 2008 1.</p>			

11 NOWE TECHNIKI

Określenie „nowa technika” w niniejszym dokumencie należy rozumieć jako innowacyjną technikę, która jeszcze nie była komercyjnie stosowana w żadnym sektorze przemysłu. W niniejszym rozdziale opisano techniki, które mogą pojawić się w niedalekiej przyszłości i mieć zastosowanie w sektorze produkcji żelaza i stali. Przykładowo, w niniejszym rozdziale:

- wskazano nowe techniki zapobiegania zanieczyszczeniom i ich kontroli, co do których wiadomo, że są w trakcie rozwijania i mogą zapewnić w przyszłości korzyści dla gospodarki lub dla środowiska,
- uwzględniono techniki w zakresie problemów ochrony środowiska, które niedawno stały się przedmiotem zainteresowania w omawianym sektorze,
- nie omówiono technik, które już są stosowane w innych sektorach, a które mogą znajdować zastosowanie praktyczne w omawianym sektorze.

W sektorze tym Unia Europejska od ponad 50 lat realizuje silny program badawczo-rozwojowy mający na celu rozwój sektora stali. Niektóre projekty omawiane w niniejszym rozdziale były finansowane w ramach tych programów.

11.1 Nowe techniki w ujęciu ogólnym

11.1.1 Strategie łagodzenia emisji dwutlenku węgla (projekt ULCOS)

[378, Eurofer 2007], [250, EC 2006]

Ze względu na to, że CO₂ powstający przy zużywaniu energii jest gazem cieplarnianym, cel oszczędzania energii zmienił się zasadniczo – kwestia ta jest obecnie uważana za element rozwiązania problemu globalnego ocieplenia, problemu ekologicznego o skali światowej.

Jak wspomniano w sprawozdaniu IPCC, nie ma jednego sposobu na łagodzenie zmian klimatu. Rozwiązaniem jest raczej wachlarz działań łagodzących mających na celu ustabilizowanie stężeń gazów cieplarnianych w atmosferze.

Postępy w tej dziedzinie w istocie były ostatnio spore i zwykła ekstrapolacja istniejących technologii nie daje już dużych możliwości drastycznego zmniejszenia emisji.

Aby pokonać tę rzeczywistą trudność, należy badać technologie przełomowe, które w przeszłości nie cieszyły się większym zainteresowaniem, jako niepasujące do aktualnego stanu wiedzy gospodarczej i technologicznej. Jeśli rozważamy zmiany, celem powinno być ograniczenie emisji gazów cieplarnianych, nie zaś tylko oszczędzanie energii – po osiągnięciu już większości możliwych oszczędności, jak to ma miejsce w przypadku najnowocześniejszych firm produkujących stal, aby dalej łagodzić emisje, należy rozdzielić kwestię dwutlenku węgla i energii.

ULCOS jest skrótem od ultra-low carbon dioxide (CO₂) steelmaking (produkcja stali przy bardzo niskiej emisji CO₂). Jest to konsorcjum 48 europejskich firm i organizacji z 15 państw w Europie, które uruchomiły wspólną inicjatywę badawczo-rozwojową mającą na celu umożliwienie zdecydowanego ograniczenia emisji dwutlenku węgla (CO₂) z produkcji stali. W skład konsorcjum wchodzi wszystkie większe europejskie firmy produkujące stal, energię oraz ich partnerzy budowlani, instytuty badawcze i uniwersytety, jest ono wspierane przez Komisję Europejską. Celem projektu ULCOS jest zmniejszenie emisji dwutlenku węgla (CO₂) o co najmniej 50 procent za pomocą najnowocześniejszych technik. Łączny budżet projektu to 47 mln EUR (w latach 2004 – 2009). Projekt ma być kontynuowany po 2015 r. w postaci kilku pełnowymiarowych realizacji na przemysłowych liniach produkcyjnych.

W tej dziedzinie badane są trzy obszary:

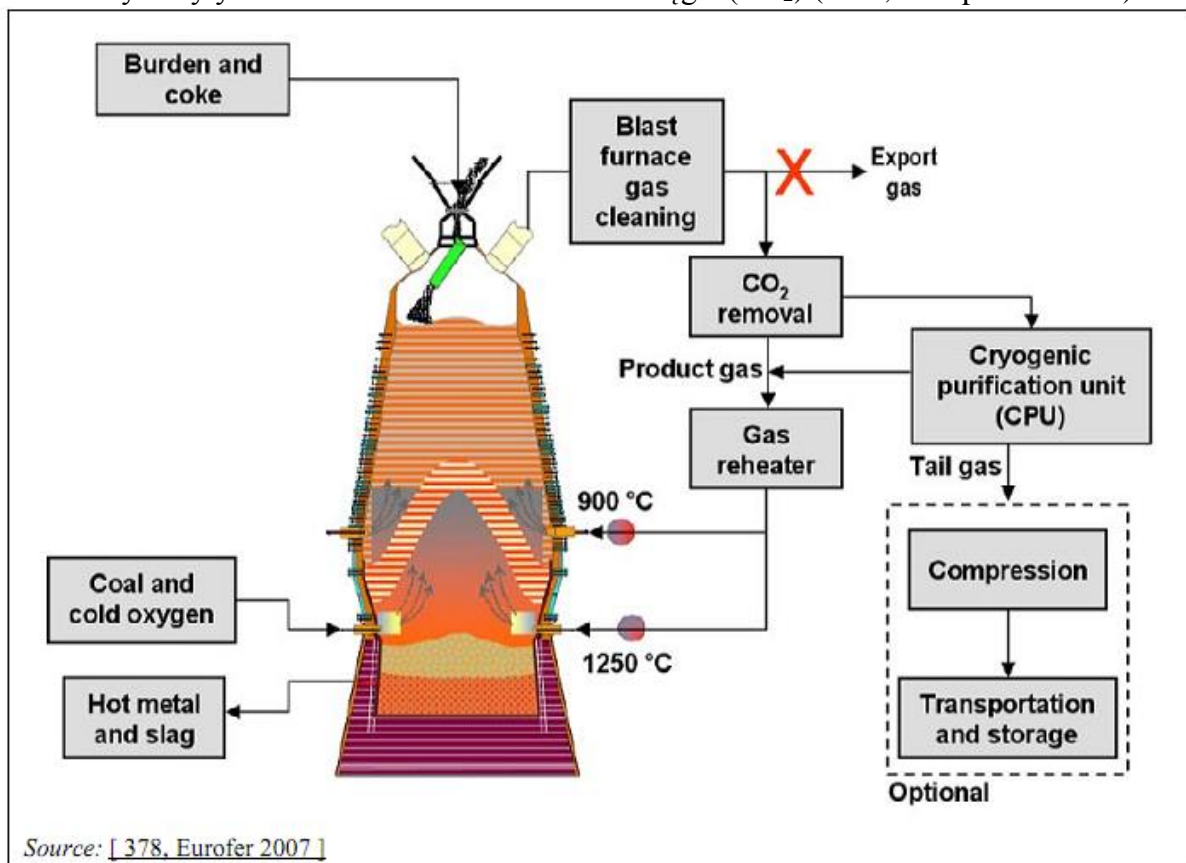
- wychwytywanie i sekwestracja CO₂ wraz z opcjonalnym transportem i przechowywaniem,

- wykorzystanie energii i środków redukujących nieopartych na węglu, czyli: wodoru, elektryczności oraz, w mniejszym stopniu, gazu ziemnego,
- wykorzystanie zrównoważonych zasobów biomasy, np. pochodzącej z plantacji eukaliptusów.

Wszystkie te kwestie są przedmiotem intensywnych badań w ramach europejskiego projektu ULCOS i innych programów na świecie.

11.1.1.1 Recykulacja gazu gardzielowego (top gas-recycling blast furnace)

Koncepcja wielkiego pieca z recykulacją gazu gardzielowego (*top gas-recycling blast furnace*, TGR-BF) opiera się na separacji gazów odlotowych tak, aby użyteczne składniki można było ponownie wprowadzić do pieca i wykorzystać jako środek redukujący. Pozwoliłoby to na ograniczenie ilości koksu potrzebnego w piecu (zob. koncepcja wielkiego pieca z recykulacją gazu gardzielowego, obecnie w trakcie optymalizacji w ramach projektu ULCOS, Rysunek 11.1). Ponadto koncepcja wdmuchiwanie do pieca tlenu (O_2) zamiast wstępnie podgrzanego powietrza polega na usuwaniu niepożądanego azotu (N_2) z gazu, co ułatwia wychwytywanie i składowanie dwutlenku węgla (CO_2) (CCS, zob. punkt 10.1.2).



Rysunek 11.1: Schemat wielkiego pieca z recykulacją gazu gardzielowego, mającego ograniczyć emisję gazów cieplarnianych oraz służyć do wychwytywania i ewentualnie składowania CO_2

EN	PL
Burden and coke	Wsad i koks
Blast furnace gas cleaning	Oczyszczanie gazu wielkopieczowego
Export gas	Gaz wylotowy
CO_2 removal	Usuwanie CO_2
Product gas	Gaz produktowy
Cryogenic purification unit (CPU)	Układ separacji kriogenicznej (CPU)

Gas reheater	Podgrzewacz gazu
Tail gas	Gaz resztkowy
Coal and cold oxygen	Węgiel i chłodny tlen
Compression	Sprężanie
Hot metal and slag	Surówka i żużel
Transportation and storage	Transport i składowanie
Optional	Opcjonalnie
Source: [378, Eurofer 2007]	Źródło: [378, Eurofer 2007]

W celu eksperymentalnego zbadania tej koncepcji zbudowano instalację separacji gazu obok eksperymentalnego wielkiego pieca w instytucie badawczym MEFOS w Szwecji. W eksperymentalnym wielkim piecu zainstalowano wyposażenie do pracy z czystym tlenem (O₂) i ponownym wdmuchiowaniem gazowego tlenku węgla (CO). Połączenie zmodyfikowanego wielkiego pieca i instalacji separacji gazu przetestowano z powodzeniem w 2007 r.

Nawet bez CCS koncepcja TGR-BF prowadzi do znacznego złagodzenia emisji CO₂, związanego głównie ze zmniejszonym zużyciem koksu (o około 25 % na tonę surówki). Ponieważ w wyniku recyrkulacji gazu gardzielowego nadwyżka tego gazu dostępna do celów produkcji energii jest mniejsza, ta ilość energii musi być zatem wytwarzana z innych źródeł i łączna oszczędność CO₂ nie sięga 25 %, ale nadal pozostaje w zakresie 10-20 % (w zależności od stosowanej mieszanki paliwowej).

W czasie pisania publikacji (2010 r.) plany przetestowania tej techniki w wielkim piecu o skali komercyjnej są w trakcie opracowywania. Testy mają się odbyć w kolejnej fazie projektu ULCOS, wymagającej początkowych inwestycji w badania i rozwój rzędu setek milionów EUR.

W drugim etapie wychwycony CO₂ będzie sprężany i przewożony w celu składowania w formacjach geologicznych takich jak pola ropy i gazu, złoża węgla nienadające się do eksploatacji i głębokie formacje solne (sekwestracja CO₂), w węglanach nieorganicznych lub do wykorzystania w procesach przemysłowych.

11.1.1.2 Paliwa o niskiej zawartości węgla i środki redukujące

Zastąpienie węgla wodorem lub energią elektryczną jest wyzwaniem na większą skalę, jako że zarówno wodór, jak i elektryczność są nośnikami energii, które trzeba wyprodukować z innych paliw.

Jest to jak dotąd powodem, dla którego elektryczność jest droższa niż węgiel, gaz czy ropa. Z tego też powodu w głównym nurcie badań i rozwoju w sektorze stali nie przeprowadzono dotąd zbyt wielu prac dotyczących produkcji żelaza w drodze elektrolizy rud żelaza.

Obraz ten w przyszłości może ulec zasadniczej zmianie. Ograniczenia w emisji dwutlenku węgla nałożone w ramach polityki ustalonej w Kioto i późniejszych strategii zmieniają strukturę cenową paliw. Na przykład cena węgla będzie miała dodatkowy składnik związany z potrzebą wychwytywania i sekwestracji CO₂. W związku z tym na każdą kilowatogodzinę wyprodukowaną w toku wytworzenia 1000 g/kWh do kosztu każdej megawatogodziny dodawane będzie 20 – 80 EUR, co należy rozpatrywać w powiązaniu z dzisiejszymi światowymi cenami energii elektrycznej w przemyśle, kształtującymi się pomiędzy 5 a 80 EUR/MWh. Energia elektryczna nieoparta na węglu nie byłaby obciążona tymi dodatkowymi kosztami, a zatem, *mutatis mutandis*, zastąpiłaby bezpośrednio wykorzystanie węgla. Doprowadziłoby to prawdopodobnie do drastycznych zmian struktury cenowej energii. Obliczenia dla podobnych rzędów wielkości wykazują, że w przemyśle stalowym można byłoby wykorzystywać duże ilości wodoru, gdyby był on w takich ilościach dostępny za

odpowiednią cenę, podobne byłoby wykorzystanie w przemyśle transportu, gdyby doszło do przejścia na samochody zasilane ogniwami paliwowymi.

W takich nowych warunkach ekonomicznych wstępna redukcja żelaza wodorem stałaby się rozsądną alternatywą, zwłaszcza że z inżynierskiego punktu widzenia przejście z gazu ziemnego na wodór jest dość proste. Podobnie elektroliza rudy żelaza jest z punktu widzenia fizyki wyraźnie określoną możliwością. Pojawiły się nawet argumenty, że byłaby to technologia „łatwiejsza” ze względów termodynamicznych niż elektroliza tlenku glinu.

Elektroliza rudy żelaza według zachowawczych oszacowań wymagałaby 4,5 MWh/t żelaza lub 16,2 GJ/t – wielkość ta jest tego samego rzędu, co obecna energochłonność nowoczesnej stalowni fazy gorącej. Do wytworzenia 1 mln ton rocznie potrzeba byłoby 0,514 GW energii elektrycznej, tak że produkcja równoważna wydajności huty o pełnym cyklu produkcyjnym (4 Mt/rok) wymagałaby prawdopodobnie dedykowanej elektrowni. W przypadku wykorzystywania standardowej elektrowni opalanej węglem (1000 g CO₂ na kWh) powodowałoby to wytworzenie 4,5 t CO₂ na tonę stali – około 3 razy więcej niż w wielkim piecu, dla którego określony jest poziom odniesienia, czy też w stosunku do współczynnika wydajności pomiędzy elektrownią a wielkim piecem. Gdyby jednak produkcja energii elektrycznej nie powodowała powstawania CO₂, w metodzie tej powstawałoby zaledwie 27 kg CO₂ na tonę stali. Ponieważ w przyszłości, po ustaleniu protokołu z Kioto, technologia elektrowni ulegnie zmianom, liczby te – przynajmniej związane z elektrowniami opalonymi węglem – zmniejszą się wraz z wdrożeniem kogeneracji i koncepcji CCS takich jak technologia bloku gazowo-parowego z zintegrowanym zgazowaniem paliwa. W perspektywie długoterminowej energia elektryczna może potencjalnie odgrywać znaczną rolę, pod warunkiem, że można będzie zagwarantować niską intensywność emisji CO₂ i utrzymać współmierność cen energii do cen stali.

Elektroliza wody jest to nowoczesna technologia, w której elektrolizę prowadzi się w stanie ciekłym. W jednostkach zazwyczaj powstaje 200 Nm³/h wodoru, potrzeba byłoby zatem 600 takich jednostek w celu zaspokojenia potrzeb instalacji DRI o wydajności 1 Mt/rok (przy poziomie 1050 Nm³ H₂/t DRI). Zapotrzebowanie na energię elektryczną wynosiłoby 4,85 MWh/t stali (w tym topienie w elektrycznym piecu łukowym) i 4800 GWh/rok na 1 Mt stali.

11.1.1.3 Biomasa

Na koniec trzeba również poważnie rozważyć biomasę jako alternatywę w zmniejszaniu emisji CO₂. Byłby to interesujący zwrot z historycznego punktu widzenia, ponieważ przez tysiąclecia stal produkowano za pomocą biomasy, ale po rozpoczęciu industrializacji sposób ten nie był ekologicznie zrównoważony i węgiel stał się istotnym konkurentem dla drewna i węgla drzewnego. W dzisiejszych czasach jednak zrównoważone leśnictwo istnieje, co potwierdzają międzynarodowe organy certyfikacyjne takie jak Forest Stewardship Council (FSC). Ponadto biolodzy i ekolodzy zajmujący się lasami od niedawna wykazują, że w warunkach zrównoważonego wzrostu plantacje służące do składowania dwutlenku węgla faktycznie mogą być neutralne z punktu widzenia akumulacji gazów cieplarnianych w atmosferze.

Co więcej, z rejestrów gruntów, które mogłyby być dostępne dla upraw roślin energetycznych, wynika, że istnieją określone możliwości stworzenia większej ilości plantacji, które mogłyby się wyraźnie przyczynić do produkcji stali na świecie. Kwestia ta wymaga bardzo starannego rozważenia i ewidentnie nie jest rozstrzygnięta, ale w ramach projektu ULCOS mają być przeprowadzone konieczne prace.

11.1.2 Wychwytywanie i składowanie CO₂

Opis

Jednym z wariantów zmniejszania emisji CO₂ jest wychwytywanie i składowanie dwutlenku węgla (*Carbon Capture and Storage*, CCS), uważane za technologię pomostową o pewnym potencjale łagodzenia zmiany klimatu przez kilka dekad. Obecnie rozwijane są zastosowania CCS w produkcji energii i w instalacjach przemysłowych o dużej intensywności produkcji CO₂ takich jak np. zakłady produkcji żelaza i stali.

CCS to łańcuch procesowy obejmujący trzy kolejne etapy:

- a) wychwytywanie: separacja CO₂ z gazu odlotowego lub strumienia gazu przemysłowego,
- b) transport: oddzielony CO₂ jest kondensowany do cieczy lub stanu nadkrytycznego i transportowany do miejsca składowania.
- c) składowanie (sekwestracja) w formacjach geologicznych.

Jeśli chodzi o etap a): wychwytywanie, wiele procesów wychwytywania znajduje się wciąż w fazie badań i rozwoju. W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat stosowano również inne procesy, ale obecnie nie ma wielkoskalowego zakładu referencyjnego, który stanowiłby dowód na możliwość ich zastosowania. Jak dotąd procesy absorpcji chemicznej i fizycznej stosowano przede wszystkim w odniesieniu do usuwania CO₂ przy wydobyciu gazu ziemnego. W odróżnieniu od gazu ziemnego, w gazach odlotowych obecne są inne związki pochodzące z procesów utleniania, takie jak NO_x, SO_x, O₂ itp., co prowadzi do problemów technologicznych takich jak duże zużycie rozpuszczalnika związane z degradacją utleniającą. Nadal istnieje potrzeba dalszego rozwijania procesów wychwytywania, zwłaszcza w kierunku zmniejszenia znacznego zapotrzebowania na energię w tych procesach.

Etap b): transport CO₂ dotyczy gazu sprężonego (w stanie ciekłym lub nadkrytycznym) i odbywa się np. rurociągami lub, w pojedynczych zastosowaniach, drogą morską. Nie należy transportować CO₂ ciężarówkami z uwagi na energochłonność tej formy transportu, jak również ze względów bezpieczeństwa.

Etap c): składowanie (sekwestracja) polega na przechowywaniu CO₂ w stanie nadkrytycznym w formacjach geologicznych, np. w złożach ropy i gazu ziemnego, wyeksploatowanych kopalniach węgla lub solankowych warstwach wodonośnych. Konwencja OSPAR zabrania przechowywania CO₂ w kolumnie wody morskiej i na dnie morza. Zgodnie z dyrektywą 2009/31/WE możliwe jest również wtłaczanie do złóż, z których nadal wydobywany jest gaz ziemny lub ropa (intensyfikacja wydobycia węglowodorów – EHR, ang. *Enhanced Hydrocarbon Recovery*), w tym przypadku jednak znaczną ilość wtłoczonego CO₂ transportuje się poza miejsce składowania geologicznego w toku trwającej produkcji węglowodorów.

CCS w przemyśle produkcji żelaza i stali

Możliwym rozwiązaniem dla wychwytywania CO₂ w produkcji żelaza i stali mogłoby być wykorzystanie tlenu zamiast powietrza do gazyfikacji węgla w procesie wielkopiecowym, technologii absorpcji ciśnieniowej lub próżniowej do separacji CO i CO₂ z gazów wylotowych z wielkiego pieca oraz wtłaczanie wytworzonego CO. Proces ten nazywa się recyrkulacją gazu gardzielowego (TGR-BF) i jest obecnie przedmiotem badań w przemyśle produkcji stali w Europie w ramach projektu ULCOS (zob. sprawozdanie IEA [[180, N.N. 2008](#)])

Korzyści dla środowiska

Emisja CO₂ znacznie spada, gdy istnieje możliwość przechowywania oddzielonego CO₂ w lądowych lub morskich formacjach geologicznych.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Wychwytywanie i składowanie CO₂ znacznie zwiększa zapotrzebowanie na energię (zwłaszcza do wychwytywania i kondensacji), co zazwyczaj zwiększa emisje CO₂ i substancji

zanieczyszczających powietrze (np. NO_x). Ilość unikniętych emisji lub wychwyconego CO₂ netto jest to różnica pomiędzy emisją przy zastosowaniu tej techniki i bez jej stosowania.

Składowanie CO₂ przez dziesięciolecia prowadzono przede wszystkim w toku intensyfikacji wydobycia ropy (*enhanced oil recovery*, EOR) w Stanach Zjednoczonych, na lądzie i na dnie morza, np. w złożu gazu ziemnego Sleipner w Norwegii. W tych przedsięwzięciach CO₂ i inne substancje pochodzące z oczyszczania gazu ziemnego / ropy są ponownie wtłaczane do złoża gazu/ropy i nie przewiduje się oddziaływania chemicznego z nadkładem skalnym. CO₂ pochodzący z innych procesów może zawierać więcej substancji, które przedtem nie stykały się z nadkładem skalnym. Należy dokładniej zbadać możliwe interakcje tych zanieczyszczeń strumienia CO₂ z nadkładem skalnym.

Składowanie CO₂ w solankowych warstwach wodonośnych to metoda nowa i nieznana, a jej długoterminowy wpływ na jakość wód gruntowych itp. nadal wymaga badań.

Określono wymagania jakościowe w zakresie czystości CO₂ i akceptowalnych ilości innych substancji obecnych w strumieniu CO₂, np. w ramach projektu DYNAMIS [181, Vangkilde-Pedersen et al. 2007], ich możliwość zastosowania w praktyce należy jednak jeszcze wykazać.

Należy poprawić dokładność i limity wykrywalności technik monitorowania integralności miejsc składowania CO₂ i wycieku/przesączenia z tych miejsc.

Transport CO₂ jest problematyczny pod względem bezpieczeństwa dla zdrowia ludzi i przyrody.

Dane operacyjne

Według Międzynarodowej Agencji Energetycznej (MAE) i wyników uzyskanych w testowaniu eksperymentalnych wielkich pieców, wychwytywanie i składowanie CO₂, zastosowane do wielkiego pieca procesu podstawowego, może dać do 75% redukcję łącznej emisji.

Wychwytywanie pozostałego CO₂ emitowanego z procesów innych niż proces podstawowy, takich jak procesy w koksowniach, spiekalniach, zasadowych konwertorach tlenowych i walcowniach, wiąże się ze znacznie wyższymi kosztami.

Możliwość zastosowania

Wyniki pierwszych testów eksperymentalnego wielkiego pieca wskazują, że CO₂ z wielkich pieców można usuwać poprzez zmianę konstrukcji wielkiego pieca tak, aby wykorzystywać tlen i usuwać CO₂ za pomocą absorbentów fizycznych. Potrzebne są dalsze testy tej technologii i możliwości zastosowania tego procesu w większej skali, do działającego wielkiego pieca.

Aspekty ekonomiczne

IPCC podaje rząd wielkości kosztów wychwytywania pomiędzy 25-115 USD/t wychwyconego CO₂ netto (2002 r.) w sektorze przemysłu. Tak szeroki rozrzut wynika z jednej strony z różnorodności wykorzystywanych technologii, a z drugiej odzwierciedla brak doświadczenia w ich stosowaniu. Te opublikowane liczby należy zatem traktować tylko jako ogólne oszacowania przedstawiające jeden scenariusz spośród wielu możliwych. Dzięki pracom badawczo-rozwojowym koszty te można w ciągu kolejnych 10 lat zmniejszyć o co najmniej 20-30 %. W kwestii kosztów w sektorze przemysłu takim jak branża produkcji żelaza i stali pozostaje jednak wiele niepewnych punktów na skutek braku doświadczenia w wychwytywaniu dwutlenku węgla. Dodatkowe koszty związane z wychwytywaniem to koszty transportu (1-8 USD/t CO₂ przewożonego na odległość 250 km (2002 r.)) oraz koszty składowania geologicznego (0,5-29 USD/t CO₂ (2002 r.)).

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Brak dostępnych danych.

Bibliografia

[179, Metz et al. 2005] [180, N.N. 2008] [181, Vangkilde-Pedersen et al. 2007]

11.1.3 Filtry ceramiczne do zmniejszania zawartości cząstek i tlenków azotu w strumieniach gazu

Opis

W niniejszej metodzie oczyszczania gazów odlotowych na sucho wykorzystuje się filtry ceramiczne. Są one zaprojektowane tak, aby w jednym układzie zachodziła filtracja i reakcja selektywnej redukcji katalitycznej. Filtry te umożliwiają wykorzystanie wysokoenergetycznej zawartości strumienia gazu, jak również zapobiegają zatkaniu katalizatora (tlenków Ti, V i W). Ponadto połączenie dwóch układów w jeden zmniejsza koszty przetwarzania oraz koszty inwestycji i utrzymania.

Ceramiczne elementy filtra gorącego gazu z zewnętrzną membraną do drobnego filtrowania i katalizatorem zintegrowanym z elementami konstrukcyjnymi filtra można wykorzystać do skutecznego usuwania zarówno cząstek, jak i NO_x. Wykorzystanie tych elementów filtra umożliwia połączenie w jeden układ filtra i jednostki selektywnej redukcji katalitycznej. Ponadto działanie zintegrowanej warstwy katalitycznej można dostosować tak, aby umożliwić nie tylko katalityczne usuwanie NO_x, ale również katalityczne utlenianie lotnych związków organicznych (LZO).

Zanieczyszczenia w postaci SO₂ i HCl usuwane są za pomocą np. wodorowęglanu sodu (NaHCO₃) lub wodorotlenku wapnia (Ca(OH)₂) działających jako sorbenty, podczas gdy NO_x ulega konwersji katalitycznej z NH₃ i O₂ do N₂ i H₂O, przechodząc przez katalityczne elementy filtra.

Korzyści dla środowiska

Wstępne wyniki pokazują zmniejszenie zawartości NO o 83-98 % (zawartość NO na wlocie rzędu 500 – 1720 ppmv przy temperaturze w zakresie 140-360 °C). Po iniekcji wodorowęglanu sodu skuteczność usuwania SO_x może sięgnąć 99 %. Skuteczność filtrowania zazwyczaj przekracza 99,99%.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Nie wykryto powstawania N₂O.

Dane operacyjne

Układ jest prostszy w konstrukcji w porównaniu z procesem oczyszczania na mokro i zazwyczaj jest mniejszy. Układ może działać w wysokich temperaturach (do 500 °C).

Możliwość zastosowania

Można stosować zwłaszcza w małych i średnich instalacjach.

Aspekty ekonomiczne

Inwestycje kapitałowe, koszty konserwacji i eksploatacji są niższe niż w przypadku konwencjonalnego, wieloetapowego układu oczyszczania gazów odlotowych na mokro. Ponadto dzięki systemowi oczyszczania na sucho w procesie oczyszczania gazu nie powstają ścieki.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Technikę przetestowano w Hiszpanii, w elektrowni na biomasę o mocy 3,5 MW_{th}.

Bibliografia

[377, Heidenreich et al. 2007] [381, Pall 2006]

11.1.4 Spalanie i ponowne wykorzystywanie suchego pyłu odpadowego

Opis

Technika ta ma na celu oczyszczanie suchego pyłu ze stalowni o pełnym cyklu produkcyjnym, np. pirometalurgiczne oczyszczanie pyłów z gazu konwertorowego lub wielkopieczowego w specjalnym reaktorze. W ten sposób można wyeliminować lotne i niebezpieczne metale i związki i uzyskać frakcję bogatą w żelazo.

W tym przypadku reaktor ma kształt owalny i wymiary 4,5 m długości, 2,8 m szerokości i 3.1 m wysokości. Pył jest niesiony do reaktora w strumieniu azotu. Gdy znajdzie się w reaktorze, zawarty w pyłe węgiel (do 30 %) i dodatkowy propan wykorzystywane są jako paliwo do palnika tlenowo-paliwowego, w którym wytwarzany jest płomień o temperaturze adiabatycznej 2200 - 2350 °C. W tej temperaturze pył ulega stopieniu i tworzy krople płynnego żużłu, które spuszcza się co 2-3 godziny. Ten żużel zawierający tlenek żelaza stanowi około 80 % wsadu, który może być następnie ponownie użyty w procesie wielkopieczowym w celu wykorzystania żelaza. Gaz odlotowy odprowadzany jest do dopalacza w celu dalszego utlenienia metali i związków organicznych. Pył ulega separacji w filtrze kasetowym i stanowi około 20 % wsadu.

Główne części wyposażenia to:

- system transportu pyłu
- miejsce składowania pyłu
- urządzenie do ważenia pyłu
- pneumatyczny system transportu pyłu do reaktora
- reaktor wyposażony w palnik tlenowo-paliwowy i otwór do spuszczenia
- system odprowadzania i chłodzenia gazów wylotowych po spalaniu
- filtr kasetowy
- dodatkowe oprzyrządowanie i układ sterowania procesem.

Przepustowość instalacji pilotażowej to maksymalnie 20 000 ton przerabianego pyłu. W przypadku Ovako Koverhar pył pochodzi głównie z procesu konwertorowo-tlenowego i z procesu wielkopieczowego. Łączna ilość pyłu rocznie to 20 000 ton, co odpowiada maksymalnej przepustowości instalacji.

Produkt opuszczający reaktor składa się w przybliżeniu w 50 % z Fe w formie FeO/Fe₃O₄. Zawartość cynku wynosi zazwyczaj 0,1-0,2 %, a K₂O – od 0,5 do 1,0 %. Produkt nadaje się do ponownego wykorzystania w wielkim piecu.

Ilość pyłu w filtrze kasetowym stanowi 15 - 20 % pyłu będącego wsadem. Zawartość cynku w tym pyłe wynosi około 10 %, a zasad (K₂O+Na₂O) – od 20 do 30 %. Pyłem tym zajmuje się firma zewnętrzna.

Korzyści dla środowiska

Pył wielkopieczowy kwalifikowany jest jako pył problematyczny. Pył z procesu konwertorowo-tlenowego stanowi poważne zagrożenie dla środowiska, ale można go umieścić na odpowiednim składowisku.

Po przeskalowaniu działalności do większych rozmiarów, w instalacji tej można będzie przetwarzać cały pył produkowany w hucie o pełnym cyklu produkcyjnym. Ilość pyłu, jaka trafia na składowisko odpadów, zmniejsza się o około 80 %. Dzięki oczyszczaniu pirometalurgicznemu i dopalaniu można uważać pył, jaki ma trafić na składowisko, za mniej niebezpieczny.

Emisje po użyciu filtra kasetowego nie przekraczają 5 mg/Nm³.

Efektywność energetyczna procesu jest wysoka dzięki minimalnemu zapotrzebowaniu na energię z zewnątrz. (zawartość C w pyłe wielkopieczowym wynosi 20 - 30 %).

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Brak dostępnych danych.

Dane operacyjne

Z metalurgicznego punktu widzenia proces co do zasady działa dobrze, jednak potrzebne są pewne dalsze prace rozwojowe nad wyposażeniem.

Możliwość zastosowania

Oczekuje się, że możliwości zastosowania tego procesu do obróbki suchego pyłu będą dobre. Głównym celem opracowania tej techniki było oczyszczanie pyłów wielkopieczowych i pochodzących z procesu konwertorowo-tlenowego w stalowniach, ale można założyć, że będzie ona również nadawała się do oczyszczania szerokiego wachlarza pozostałości produkcyjnych w metalurgii.

Aspekty ekonomiczne

Obróbka pyłu przez firmę zewnętrzną jest droższa w porównaniu z obróbką na miejscu, zwłaszcza gdy wykorzystywana jest pełna przepustowość instalacji.

Motywacja do wdrożenia techniki

Przesłanki do wdrożenia techniki obejmują:

- znaczne poprawienie efektywności środowiskowej,
- oszczędności w zakresie łącznych kosztów,
- potencjał dla działalności budowlanej.

Przykładowe zakłady

Ovako, Koverhar, Finlandia.

Bibliografia

[208, Lindfors et al. 2006]

11.2 Nowe techniki w spiekalniach

11.2.1 Stosowanie tworzywa sztucznych nasyconych węglem do adsorpcji PCDD/F

Opis

Tworzywa sztuczne znajdują szerokie zastosowanie w konstrukcji urządzeń do oczyszczania gazów odlotowych dzięki bardzo dobrej odporności na korozję. Tworzywa sztuczne (polimery zawierające cząstki węgla) absorbują PCDD/F i są zazwyczaj stosowane po innych procedurach oczyszczania ścieków (np. płuczkach mokrych).

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Dla sektora spalania odpadów odnotowano następujące wyniki: przy stężeniu na wlocie 6-10 ng I-TEQ/Nm³ skuteczność usuwania z fazy gazowej w płuczce mokrej była rzędu 60-75 %, w porównaniu z 0-4 %, gdy nie stosowano nasyconego węglem materiału wypełnienia. Skuteczność adsorpcji nie zmniejszyła się w okresie testowania (jeden rok). Gdy zamiast płuczki mokrej zastosowano system oczyszczania na sucho, skuteczność usuwania była wyższa (ponad 97 % w jednym badaniu obejmującym 9 miesięcy działalności), ponieważ warstwa wody w płuczce mokrej stanowi barierę dla transportu PCDD/F.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Materiał adsorbentu ulega nasyceniu po pewnym czasie. Taki materiał można zatem okresowo usuwać w celu unieszkodliwienia lub, jeśli jest to dozwolone, spalać w piecu.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Zastosowanie

Tworzywa sztuczne nasycone węglem są używane w sektorze spalania odpadów, ale nie stosowano ich jeszcze w sektorze produkcji żelaza i stali. Technikę można również wykorzystać w większych wypełnieniach wieży lub w połączeniu z oczyszczaniem gazów odlotowych zawierających dioksyny przed kolumną lub za nią. Temperatura robocza wynosi 60-80 °C.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Motywacją do wdrożenia tej techniki jest zmniejszenie emisji PCDD/F do poziomów dopuszczalnych.

Przykładowe zakłady

Brak dostępnych danych.

Bibliografia

[239, Setterstig 2006] [285, EC 2006]

11.2.2 Wyeliminowanie tworzenia się PCDD/F dzięki dodaniu związków azotu do gazów odlotowych

Opis

Przy założeniu, że znaczna część PCDD/F powstaje w wyniku syntezy *de novo* w skrzyniach powietrznych poniżej taśmy spiekalniczej, włącza się związki azotu takie jak trietanolamina (TEA) czy monoetanolamina (MEA) pod prąd do gazów odlotowych w skrzyniach powietrznych w celu zatrzymania powstawania PCDD/F. Aminy te można rozpuścić w wodzie i rozpylać za pomocą dysz umieszczonych w skrzyniach powietrznych.

Osiągnięte korzyści dla środowiska

Włączanie MEA do dymów ze spiekalni w zakładzie ArcelorMittal, Ghent, Belgia (2-4 % lotnego pyłu) nie zmniejszyło emisji zanieczyszczeń: emisja pyłu i mikrozanieczyszczeń w rzeczywistości wzrosła na skutek kombinacji kilku czynników:

- akumulacja MEA z powodu recyrkulacji pyłu z filtra elektrostatycznego do mieszanki spiekalniczej, powodująca nasycenie węgla aktywnego,
- powstawanie soli amoniowych,
- lepki pył (mniej korzystne warunki do usuwania pyłu za pomocą filtra elektrostatycznego podczas wstrząsania elektrod zbierających),
- niska reaktywność MEA w stosunku do mikrozanieczyszczeń w temperaturze około 150 °C.

Według wiedzy badaczy (opartej na ich długoletnich doświadczeniach i na przeglądzie dostępnej literatury) nie istnieją wiarygodne dowody na korzystne działanie MEA na emisje ze spiekalni. Korzystne wyniki otrzymane przy użyciu MEA przez Centre de Recherches Metallurgiques (CRM) w ArcelorMittal, Ghent, Belgia w latach 1999-2001 były tylko rezultatami wstępnymi otrzymanymi w bardzo krótkich okresach (analizy kropłowe), których nie potwierdzono w pełnej skali i dłuższym okresie. Badania laboratoryjne przeprowadzone na Uniwersytecie w Liege przez Xhrouet C. pokazują, że można się spodziewać pewnej redukcji PCDD/F poddając pył zawierający PCDD/F działaniu wysokich temperatur (325-400 °C) przez kilka godzin, trudno jednak przewidzieć, czy tę metodę można zastosować w spiekalniach.

Efekty wzajemnych powiązań pomiędzy różnymi komponentami środowiska

Podczas testów większość MEA ulegała absorpcji na pyłe w gazach odlotowych i wychwyceniu wraz z pyłem przez filtr elektrostatyczny, a na końcu wracała do mieszanki spiekalniczej. Można zatem założyć, że tak samo by się działo po dodaniu MEA bezpośrednio do mieszanki spiekalniczej.

Dane operacyjne

Aby osiągnąć wspomniane współczynniki inhibicji dla spiekalni produkującej 230 ton żużla na godzinę, potrzeba 46 kg MEA/h. Odpowiada to 0,2 kg/t sortowanego spieku.

Możliwość zastosowania

Technikę można stosować w istniejących zakładach i włączać ją do projektowania nowych zakładów.

Aspekty ekonomiczne

Oszacowano, że przy pełnym wdrożeniu procesu inhibicji za pomocą MEA w spiekalni produkującej 230 ton żużla na godzinę koszty reagentów wynosiłyby 0,149 EUR na tonę

żuźła, a koszty inwestycyjne wynosiłyby około 0,008 EUR na tonę żuźła, co razem daje 0,157 EUR/t żuźła.

Motywacja do wdrożenia techniki

Motywacją do wdrożenia tej techniki jest zmniejszenie emisji dioksyn.

Przykładowe zakłady

Testy z wykorzystaniem MEA i TEA rozcieńczonych w wodzie przeprowadzono w latach 1999-2001 w ArcelorMittal, Ghent, Belgia.

Bibliografia

[224, Xhrouet 2002] [230, Brouhon et al. 2001] [231, Xhrouet et al. 2002]

11.2.3 Szybkie chłodzenie

Inną metodą zahamowania powstawania PCDD/F w skrzyniach powietrznych może być szybkie chłodzenie gorących gazów odlotowych poprzez wtłaczanie zimnej mgły wodnej do skrzyń powietrznych. Wtłaczanie powinno zachodzić jak najbliżej dolnej części warstwy spieku, aby zahamować powstawanie PCDD/F ($T < 260$ °C) [265, Tan et al. 2004].

11.3 Nowe techniki w koksowniach

11.3.1 Superpiec koksowniczy

[253, ICSTI 06 2006] [320, Eurofer 2007] [343, Eurofer 2007]

Przykładem superpieca koksowniczego jest projekt SCOPE 21 w Japonii, z którego pochodzi podany poniżej opis pilotażowej jednostki w Nagoya. SCOPE 21 to skrót od *Super coke oven for productivity and environment enhancement toward the 21st century* (Superpiec koksowniczy dla zwiększenia produktywności i ochrony środowiska w XXI w.).

Ten krajowy japoński projekt opracowania pieca koksowniczego nowej generacji rozpoczęła japońska federacja żelaza i stali (JISF) w latach 90. Celem projektu jest opracowanie innowacyjnego procesu produkcji koksu charakteryzującego się przyjaznością dla środowiska, efektywnością energetyczną i dużą wydajnością.

Projekt SCOPE 21 uległ zakończeniu w 2003 r. Wszyscy główni producenci stali w Japonii (NSC, KSC, NKK, Sumitomo Metals itp.) wspierali te badania, współpracując z uniwersytetami. Obecnie prowadzonych jest kilka działań mających na celu zastosowanie tego procesu do rzeczywistych urządzeń.

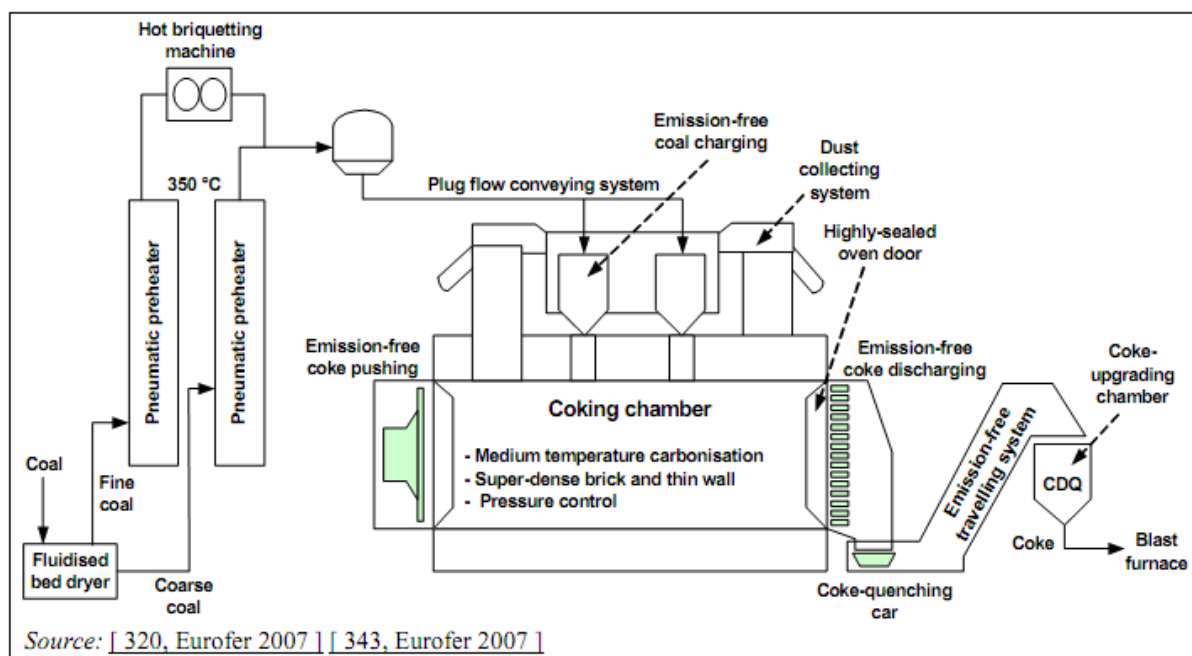
W ramach SCOPE 21 skonstruowano przemysłową baterię koksowniczą i oddano ją do użytku w 2008 r. w zakładzie Oita dla Nippon Steel Corporation, Japonia. Wydajność zakładu wynosi 1 mln ton koksu rocznie. Mieszanka węglowa jest wstępnie podgrzewana do 250 °C, gazy odlotowe mają temperaturę 1270 °C, a koksowanie trwa 13 godzin.

Opis

Ideą projektu SCOPE 21 jest połączenie dobrze znanych technik stosowanych w instalacjach koksowniczych, takich jak:

- wstępne podgrzewanie mieszanki węglowej do 350 - 400 °C w złożu fluidalnym z możliwością częściowego brykietowania,
- transport i załadunek mieszanki grawitacyjnie, za pomocą dozowników, bez emisji,
- koksowanie ładunku w klasycznym piecu zbudowanym z cegieł krzemionkowych o bardzo wysokiej gęstości wykazujących wysoką przewodność cieplną i wyposażonym w bardzo szczelne drzwi. Łączny czas koksowania wynosi od 6 do 8 godzin, końcowa temperatura koksu to 850 °C,
- wypychanie koksu w obiekcie suchego gaszenia, gdzie koks najpierw podgrzewa się do 1000 °C w komorze wstępnej, a następnie schładza na sucho w celu transportu.

Wszelki transport materiałów odbywa się w zamkniętym układzie transportowym. Piec pilotażowy jest zbudowany na skalę półtechniczną (wysokość: 7,5 m; długość: 8 m; szerokość: 450 mm). Na Rysunek 11.2: przedstawiono schemat technologiczny procesu.



Rysunek 11.2: Schemat technologiczny superpieca koksowego z projektu SCOPE 21

EN	PL
Hot briquetting machine	Brykociarka do materiału gorącego
Emission-free coal charging	Bezemisyjny załadunek węgla
Dust collecting system	Układ zbierania pyłu
Plug flow conveying system	Układ transportowy z przepływem tłokowym
Pneumatic preheater	Podgrzewacz pneumatyczny
Highly-sealed oven door	Szczelne drzwi do pieca
Emission-free coke pushing	Bezemisyjne wtlaczanie koksu
Emission-free coke discharging	Bezemisyjne wypychnie koksu
Coke-upgrading chamber	Komora wzbogacania koksu
Coking chamber	Komora koksownicza
Medium temperature carbonisation	Koksowanie w średniej temperaturze
Super-dense brick and thin wall	Cienka ściana z cegły o dużej gęstości
Pressure control	Sterowanie ciśnieniem
Coal	Węgiel
Fine coal	Węgiel drobny
Emission-free travelling system	Bezemisyjny układ transportowy
Fluidised bed dryer	Suszarka ze złożem fluidalnym
Coarse coal	Węgiel gruboziarnisty
Coke	Koks
Blast furnace	Wielki piec
Coke-quenching car	Wózek do gaszenia koksu

Wyniki

Z badań dotyczących optymalizacji ekonomicznej całego układu wynika, że instalacja koksownicza SCOPE 21 mogłaby przynieść następujące korzyści:

- większa zdolność produkcyjna – wzrosła ok. 2,4 raza w porównaniu z konwencjonalnym piecem koksowniczym,
- lepsza jakość koksu,
- zwiększenie udziału niespiekającego się lub lekko spiekającego się węgla do 50 %,

- oszczędzenie 20 % energii zużywanej w procesie produkcji koksu,
- ograniczenie emisji NO_x o 30 %,
- zapobieganie powstawaniu dymu i pyłu.

11.3.2 Technika kontroli ciśnienia w pojedynczych piecach

W momencie sporządzania niniejszego dokumentu (2010 r.) w konwencjonalnych koksowniach przepływ gazu z pojedynczej komory do głównego rurociągu zbiorczego jest kontrolowany przez zawór dwustanowy lub za pomocą techniki regulacji ciśnienia zmiennego zwanej PROven (zob. pkt 5.3.10).

Podstawą przedmiotowej techniki kontroli ciśnienia w pojedynczym piecu (SOPRECO®, ang. *single oven pressure control*) opisaney w niniejszym punkcie jest modyfikacja tego zaworu, zoptymalizowana na podstawie praktyki i symulacji CFD.

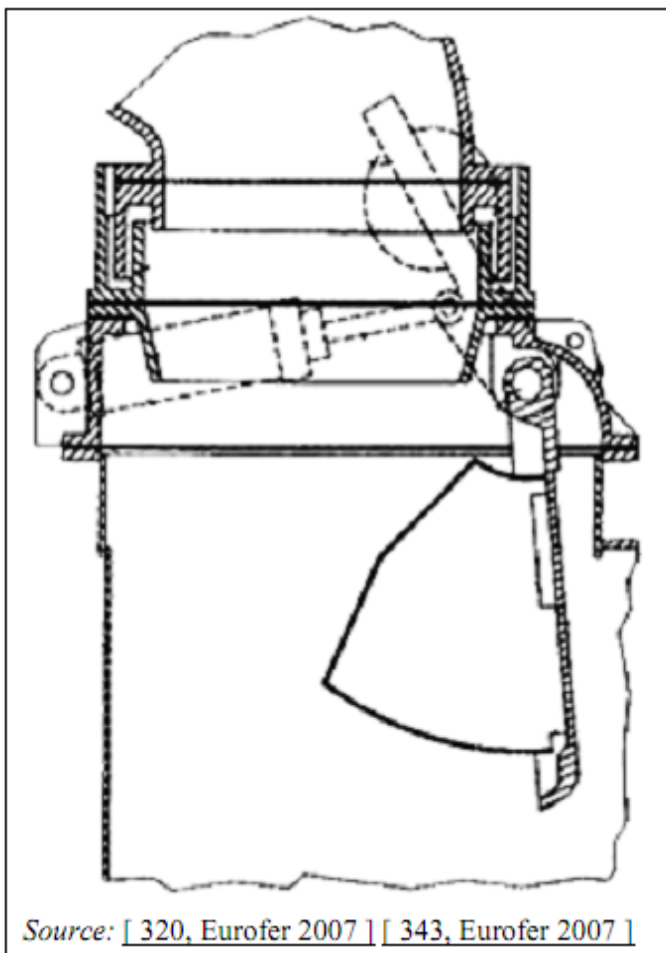
System opiera się na specjalnym zaworze sterowanym siłownikiem hydraulicznym lub pneumatycznym i kontrolowanym za pomocą ciśnienia w rurze wznosnej. Zawór ten ma odpowiedni kształt do działania w pełnym zakresie warunków przepływu przez cały cykl koksowania.

Ciągła kontrola ciśnienia w piecu podczas koksowania może zapobiec nadmiernemu wzrostowi ciśnienia podczas pierwszej fazy procesu poprzez utrzymywanie podciśnienia w głównym rurociągu zbiorczym; umożliwia to ograniczenie emisji z drzwi, otworów załadowniczych itp.

Ponadto ciągła kontrola ciśnienia w piecu zapobiega powstawaniu względnego podciśnienia na dnie pieca podczas ostatniej fazy koksowania, gdy prędkość przepływu gazu koksowniczego jest mała. Z powodu możliwego przedostawania się powietrza, a co za tym idzie, zapaleniem się koksu i uszkodzeniem materiału na poziomie trzonu pieca, konieczne jest zapobieganie powstawaniu ciśnienia niższego od ciśnienia atmosferycznego. Zalety kontrolowania ciśnienia w piecu odnoszą się zatem zarówno do ograniczenia emisji (podczas pierwszej fazy destylacji), jak i zapobiegania przedostawaniu się powietrza (podczas ostatniej fazy destylacji).

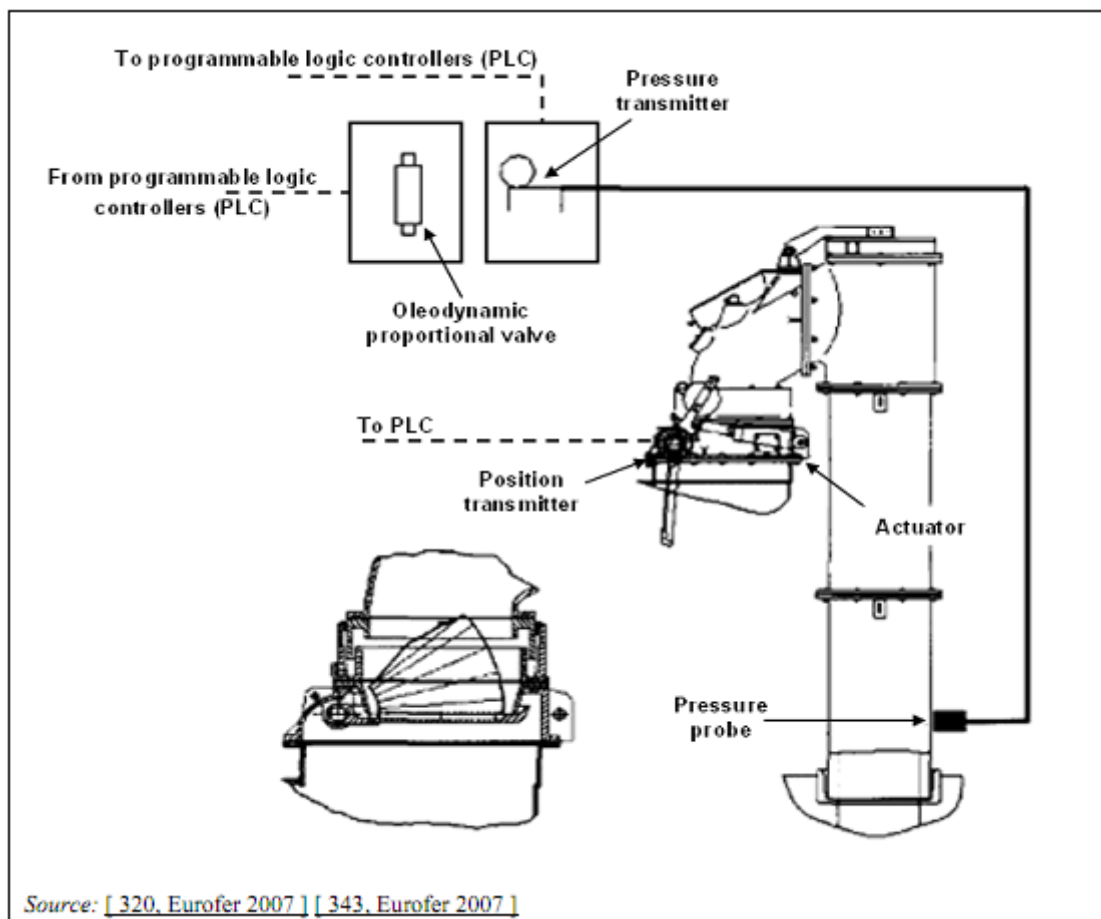
System pierwotnie zaprojektowano do instalacji w istniejących działających bateriach koksowniczych, bez znacznych modyfikacji i bez zakłócania działania obiektu. W przypadku awarii system można łatwo i natychmiastowo przestawić na konwencjonalny tryb działania. Są to główne zalety w porównaniu z innymi istniejącymi systemami. Jednak dla nowych zakładów opracowano nową konstrukcję zaworu, zgodną z wynikami symulacji CFD, aby uzyskać jeszcze lepszą kontrolę ciśnienia.

Na Rysunek 11.3 przedstawiono prostą geometrię zaworu SOPRECO przeznaczonego do instalacji w istniejących, działających piecach koksowniczych.



Rysunek 11.3: Zawór SOPRECO

Na Rysunek 11.4 przedstawiono schemat ogólny systemu SOPRECO.



Rysunek 11.4: Schemat systemu SOPRECO

EN	PL
To programmable logic controllers (PLC)	Do programowalnych sterowników logicznych (PLC)
Pressure transmitter	Przełącznik ciśnienia
From programmable logic controllers (PLC)	Od programowalnych sterowników logicznych (PLC)
Oleodynamic proportional valve	Zawór proporcjonalny oleodynamiczny
To PLC	Do PLC
Position transmitter	Przełącznik położenia
Actuator	Siłownik
Pressure probe	Sonda ciśnienia

System przetestowano w piecu nr 45 w koksowni Lucchini, Piombino, Włochy, i wykazano pełną niezawodność i dobre działanie. W marcu 2006 r. firma Sollac Mediterranee zdecydowała o instalacji tego systemu w nowej baterii koksowniczej w ArcelorMittal, Fos sur Mer, Francja. Instalacja jest obecnie w fazie oddawania do eksploatacji.

Opracowano drugą generację systemu SOPRECO zwaną Model 2, w celu zaspokojenia większego zapotrzebowania ze strony baterii koksowniczej. Zawór ten dodaje się do głównego zaworu zbiorczego pomiędzy zaworem klapowym rurociągu zbiorczego a łącznikiem rurowym, dla rury wznosnej robi się przedłużenie.

SOPRECO umożliwia kontrolę ciśnienia w piecu oddzielnie w różnych stanach takich jak „otwieranie/zamykanie”. Podano, że można osiągnąć bardzo wysoką dokładność regulacji ciśnienia w komorze pieca, co jest potrzebne zwłaszcza w przypadku zapieczutowanej naładowanej komory. W tym przypadku wymagane zasysanie utrzymywane jest za pomocą

ciśnienia 6 hPa (- 60 mm słupa wody) w głównym rurociągu zbiorczym, podczas gdy w komorze ciśnieniowej należy utrzymywać ciśnienie od 0 do 1 hPa (0-10 mm słupa wody). Łącznie należy dokładnie regulować różnicę ciśnień do 7 hPa (70 mm słupa wody), za pomocą sterownika PLC indywidualnie dla każdego zaworu.

System SOPRECO można stosować w nowopowstałych i istniejących koksowniach. Ponieważ zawory klapowe rurociągu zbiorczego pozostają na miejscu, system SOPRECO można instalować i włączać do eksploatacji w każdym piecu oddzielnie.

System z powodzeniem przetestowano w trzech piecach załadowanej baterii koksowniczej w okresie 6 miesięcy. Zainstalowano system w nowej baterii koksowniczej nr 3 w ZKS Dillingen i uruchomiono w styczniu 2010 r.

Na Rysunek 11.5 przedstawiono 50 zaworów SOPRECO Model 2 zainstalowanych w zapieczętowanej, załadowanej baterii koksowniczej o wysokości komór 6,30. Baterię oddano do użytku w styczniu 2010 r.



Rysunek 11.5: Zawory SOPRECO Model 2 w zapieczętowanej, załadowanej baterii

11.3.3 Alternatywne zastosowania gazów z pieców koksowych

[206, Diemer et al. 2004]

W przypadku niektórych zakładów z piecami koksowymi, z różnych powodów korzystnie jest odejść od konwencjonalnych zastosowań gazów z pieców koksowych (COG). Alternatywne zastosowania wymagają różnych metod i etapów produkcyjnych wstępnego oczyszczenia COG. Zbadane możliwości wykorzystywania COG koncentrują się na odzyskiwaniu wodoru, syntezie metanolu, produkcji pary wodnej dla celów wytwarzania energii oraz wykorzystywania jako substancje redukujące w procesach wielopieczowych lub w procesach redukcji bezpośredniej (DR). Te alternatywne zastosowania COG poddawane są ogólnej ocenie z uwzględnieniem odpowiedniej infrastruktury zakładów produkcji żelaza i stali. Korzyści, jakie niosą ze sobą bezpośrednie i pośrednie produkty pieców koksowych zależą od szczegółowych lokalnych i operacyjnych wymogów w danym zakładzie.

Dla celów energetycznego wykorzystania COG, alternatywą dla klasycznego odzysku ciepła jest uwalnianie z pieca nieoczyszczonego gazu o temperaturze ok. 800 °C w formie nieochłodzonej i odprowadzać go bezpośrednio do systemu spalania lub częściowego utleniania. Technika ta nie doczekała się jeszcze zastosowań komercyjnych, bowiem nie istnieje jeszcze obiecujące rozwiązanie techniczne do kontrolowania ciśnienia w indywidualnych komorach pieca w warunkach wysokiej temperatury.

Inne alternatywne zastosowania COG obejmują:

- Wstrzykiwanie COG i smoły jako dodatkowe substancje redukujące w procesach wielkopiecowych. Technika ta została wprowadzona w życie.
- Wykorzystanie COG jako substancja redukująca w produkcji żelaza bezpośrednio zredukowanego (DRI) lub gorącego brykietu żelaza (HBI). W przypadku produkcji DRI, stosowanie COG jako substancji redukującej, konieczny jest dodatkowy proces produkcyjny. W tym przypadku COG są częściowo oczyszczane.

11.4 Nowe techniki w wielkich piecach

[233, Poos et al. 1993] [356, Eurofer 2007]

11.4.1 redukcja emisji CO z gorących pieców z wewnętrzną komorą spalania

Opis

W sekcji 6.1.4 opisano dwa podstawowe rodzaje budowy gorących pieców (z wewnętrzną i zewnętrzną komorą spalania). W przypadku wewnętrznych komór spalania, wysokie emisje CO następują w wyniku przecieków przez spęknięcia materiałów ogniotrwałych. Przecieki wydają się nieuniknione i prowadzą do emisji niespalonych gazów. Istnieje jednak możliwość ograniczenia tych przecieków poprzez umieszczenie odpowiedniej jakości płyt stalowych w warstwie ogniotrwałej ścianek w czasie ponownego uszczelniania.

Uzyskane korzyści dla środowiska

Wpływ spęknięć (wysokie emisje CO) można w sposób znaczący ograniczyć. Wyniki pomiarów przeprowadzonych przed i po wprowadzeniu płyt stalowych nie są jeszcze dostępne.

Status

Działanie to zostało już wprowadzone w jednym zintegrowanym zakładzie produkcji stali w UE-27.

11.4.2 Odzyskiwanie ciepła z żużła

Opis

Płynny żużel z procesów wielkopiecowych zawiera duże ilości ciepła jawnego. Jego temperatura wynosi ok. 1450 °C i około 250-300 kg/t gorącego metalu produkuje się w nowoczesnych wielkich piecach. Żaden z komercyjnie stosowanych systemów na świecie nie korzysta z tego potencjalnego źródła energii. Wynika to głównie z trudności technicznych związanych z opracowaniem bezpiecznego i efektywnego energetycznie systemu, który nie wpływałby jednocześnie na jakość żużłu.

Uzyskane korzyści dla środowiska

Odzyskana energia mogłaby wynieść około 0,35 GJ/t gorącego metalu.

Status

Testy przeprowadzono pod koniec lat 90. dwudziestego wieku.. Jak dotąd nie odnotowano żadnych zastosowań komercyjnych.

Bibliografia

[65, InfoMil 1997]

11.4.3 Wstrzykiwanie odpadów do wielkich pieców

Przeprowadzono badania na temat możliwości stosowania olejowej zgorzeliny walcowniczej w połączeniu z popiołem lotnym. Przetestowano tempo wstrzykiwania wynoszące do 100 kg/t gorącego metalu [238, Janke et al. 1997].

11.5 Nowe techniki w konwertorach tlenowych (BOF) i odlewnictwie

11.5.1 Poprawa stabilności żużłu z BOF w celu zapewnienia szerszej gamy zastosowań

Opis

Korzystanie z żużła pochodzącego z BOF w inżynierii lądowej jest ograniczone w związku z dużą zawartością wapnia, co wpływa na stabilność ilościową. W ostatnim czasie opracowano proces oczyszczania płynnego żużłu w celu przezwyciężenia tego problemu. Po spuszczeniu żużła do zbiornika, płynny żużel jest oczyszczany poprzez iniekcje z tlenu i piasku (SiO_2). W ten sposób, wolny wapń jest wiązany w fazy stabilne i wynikowe agregaty żużłowe są stabilne ilościowo. Ponadto istnieje możliwość poprawy zachowań środowiskowych żużłu.

Status

Ten etap przetwórczy opracowano w projekcie badawczym w 1998 r. W chwili powstawania niniejszego dokumentu (2010) technologia ta stosowana jest w dwóch europejskich zakładach produkcji stali opartych na technologii tlenowej. Wdrożenie w dużym stopniu zależy od popytu na rynku inżynierii lądowej oraz od uwarunkowań politycznych dotyczących szerszego stosowania tego produktu ubocznego.

Proces ten jest znacznie trudniejszy do kontrolowania niż oczekiwano; lepkość może powodować problemy związane z reaktywnością i jednolitością. Problemy techniczne rozwiązywane są globalnie. Przewidywalność odpowiedniości danej partii do oczyszczenia w celu uzyskania odpowiedniej jakości uległa znacznej poprawie. Prowadzone obecnie próby mają na celu optymalizację procesu i ograniczenie kosztów. Przykładowe zakłady: ThyssenKrupp Steel Beeckerwerth, Duisburg, Niemcy oraz ArcelorMittal, Ghent, Belgia.

Główne osiągnięcia

Wraz z poprawą stabilności, wymogi dotyczące stosowania żużłu w inżynierii lądowej mogą zostać spełnione. W budowie dróg, żużel zastępuje materiały naturalne i zapobiega emisjom w procesach produkcji materiałów naturalnych. Oszczędności wynikające z zastosowania żużła mogą być dwukrotnie większe niż koszty samego żużłu, bowiem charakteryzuje się on lepszymi własnościami nośności i izolacji termicznej. Stanowi podstawę większej efektywności wykorzystania zasobów w odniesieniu do surowca koniecznego do produkcji stali oraz ograniczenie składowania.

Bibliografia

[363, Eurofer 2007]

11.5.2 Poprawa zawartości pyłów w gazach oczyszczonych w instalacjach BOF z płuczkami poprzez zastosowanie hybrydowych filtrów wodnych (Hydro Hybrid Filters)

Opis

Większość zakładów BOF na świecie wyposażonych jest w płuczkowy system oczyszczania gazów. Zakłady te zazwyczaj osiągają zawartości pozostałości pyłowych w gazach na poziomie od 30 do 50 mg/Nm^3 .

Modernizacja istniejących zakładów poprzez instalację małego mokrego filtra elektrostatycznego (mokre ESP) może jeszcze bardziej zmniejszyć emisję pyłów w gazach oczyszczonych. Taki system połączony nazywa się „Hydro Hybrid Filter”.

Idea polega na tym, że oczyszczanie gazów z BOF nie jest już oparta tylko na istniejącej płuczce. Płuczka wykorzystywana jest jako urządzenie do wstępnego odpylania w celu odprowadzenia grubych pyłów i jako wieża chłodząca i warunkująca dla dolno biegowego ESP. Utrata ciśnienia płuczki może być znacznie obniżona a co za tym idzie istnieje możliwość zmniejszenia zużycia energii przez wiatrak.

Dolnostrumieniowy mokry ESP to małe urządzenie składające się z jednego lub większej liczny pól, bowiem zawartość pyłów jest już znacznie obniżona przez płuczkę. Ponadto w związku z obniżeniem temperatury spada także ilość gazów.

Już istniejący sprzęt, taki jak wiatrak czy urządzenia do oczyszczania wody itp. można w dalszym ciągu wykorzystywać po wprowadzeniu drobnych modyfikacji. Stosowane obecnie odzyskiwanie gazów w BOF nie jest w żaden sposób zagrożone w wyniku tych modyfikacji.

Status

Technika jest obecnie rozwijana.

Uzyskane korzyści dla środowiska

Systemy hybrydowych filtrów wodnych (Hydro Hybrid Filter) pozwalają na uzyskanie niskich emisji pyłów z gazów czystych na poziomie $<10 \text{ mg/Nm}^3$. Dodatkowe zużycie energii na potrzeby ESP zostanie skompensowane przez mniejsze zużycie energii przez wiatrak.

Efekty przekrojowe

Brak dostępnych danych.

Zastosowanie

Technika jest obecnie rozwijana.

Instalacja ta jest możliwa do zainstalowania we wszystkich istniejących zakładach BOF wyposażonych w płuczki, Nowe instalacje powinny być wyposażone w instalacje korzystających z suchych technik ESP.

Aspekty ekonomiczne

W związku z niewielkim rozmiarem dodatkowych ESP i dalszym stosowaniem istniejącego sprzętu, koszty inwestycji są niewielkie.

Koszty operacyjne można obniżyć w wyniku zmniejszenia ciśnienia różnicowego płuczki, co w konsekwencji zmniejsza zużycie energii przez wiatrak.

Motywacja do wdrożenia techniki

Ta względnie niedroga inwestycja pozwalająca na poprawę istniejących systemów oczyszczania gazów opartych na płuczkach w celu spełnienia lokalnych wymogów dotyczących emisji może prowadzić do wdrożenia hybrydowego filtra wodnego (Hydro Hybrid Filter) tam gdzie nie ma możliwości pełnej wymiany płuczek.

Przykładowe zakłady

Technika jest obecnie rozwijana.

Bibliografia

Wniosek patentowy [192, Schluter 2009].

11.5.3 Okapy wirowe do wtórnego odpylania

Opis

Emisje pyłów powodowane przez ostukiwanie konwertera lub przez załadunek złomu do konwertera są trudne do odprowadzenia, bowiem konwerter jest odchylony od pozycji pionowej a opary uciekają i rozpraszają się po hali produkcyjnej. Ze względów produkcyjnych konieczne jest pozostawienie pewnej przestrzeni nad pokrywami konwertera aby istniała możliwość ustawienia dźwigu i kosza na złom. Dlatego też okap odsysający powinien być umieszczony w pewnej odległości od źródła pyłu. Aby uzyskać dobre wyniki odsysania w odpylaniu wtórnym mimo ograniczeń konstrukcyjnych, opracowano różne formy okapów odsysających. Najnowszym rozwiązaniem jest „okap wirowy” lub „cyklonowy”. W okapie generowany jest wir powietrza poprzez odprowadzanie powietrza po obu stronach na osiach wiru. Te warunki przepływu przenoszą cząsteczki w części osiowej wiru dzięki rozłożeniu ciśnienia w wirze i odprowadzane są przez otwory dwóch przeciwległe położonych rur do systemu odpylania. Istnieje konieczność zapewnienia, że ciśnienie odsysania w okapie wirowym jest odpowiednio wysokie aby zapewnić stabilność.

Status

Konstrukcja tego Roszaku okapu wirowego opracowana została kilka lat temu. Zebrano jak dotąd kilka doświadczeń w zakresie załadunku w niektórych zakładach produkcji stali i w najbliższej przyszłości zbudowany zostanie całkiem nowy system.

Uzyskane korzyści dla środowiska

Jeśli system jest dobrze zaprojektowany, powinien uzyskiwać lepsze wyniki odzyskiwania cząstek nieorganizowanych których nie można odprowadzić bezpośrednio u źródła. Nie ma możliwości skwantyfikowania tego efektu, bowiem odprowadzanie tych cząstek nie może zostać zmierzone i musi być szacowany na podstawie widocznych emisji pyłów. Nie ma żadnych wyników z działających instalacji, pozwalających na porównanie tej budowy, bowiem jakkolwiek zmiana w systemie odciągania wiąże się także z poprawą całego systemu odsysania.

Bibliografia

[363, Eurofer 2007]

11.5.4 Ponowne wykorzystanie żużlu kadziowego (BOF i EAF) jako czynnik przepływowy w elektrycznym procesie produkcji stali

Opis

Jak dotąd przetestowano wiele technik ponownego wykorzystania żużlu kadziowego w BOF i EAF

- a) Ponowne wykorzystanie płynnego żużlu kadziowego w EAF Można osiągnąć recykling na poziomie 80%.
- b) Ponowne wykorzystanie stałego żużlu kadziowego w EAF Ok. 15% wapna zastąpiono żużlem kadziowym w stosunku 1:2. Możliwe było odzyskanie ok. 50% wygenerowanego żużlu kadziowego.
- c) recykling zużytych materiałów ogniotrwałych z EAF, BOF i metalurgii wtórnej. Ostrożne przetwarzanie i kontrola jakości są warunkami koniecznymi w recyklingu.

Uzyskane korzyści dla środowiska

W odniesieniu do techniki a) nie ma konieczności przetwarzania żużlu. W odniesieniu do techniki b) nie ma konieczności przetwarzania żużlu. W odniesieniu do techniki c) zużyty magnezyt jest odpowiednim materiałem zastępczym dla oliwinu i lekko spalonego dolomitu.

Efekty przekrojowe

W odniesieniu do techniki a) obserwuje się pewne zwiększenia całkowitego zużycia energii w wyniku konieczności dodatkowego otwarcia pieca.

Dane eksploatacyjne

W odniesieniu do techniki a) nie zaobserwowano negatywnych skutków dla jakości stali w EAF. W odniesieniu do techniki b) obsługa materiałów stałych ma tę zaletę, iż istnieje możliwość wyboru preferowanego składu żużlu. Obserwuje się także niewielkie skutki w metalurgii i jakości stali.

Zastosowanie

W przypadku techniki c) przeprowadzono test recyklingu w spiekarni, wielkim piecu i konwerterze BOF.

Aspekty ekonomiczne

W przypadku techniki b) koszty operacyjne są zbilansowane oszczędnością czasu. Korzyści ekonomiczne wynikają z redukcji ilości wyrzucanego żużlu kadziowego.

Motywacja do wdrożenia techniki

Krok w kierunku produkcji stali bez pozostałości to główna siła napędowa do wdrożenia tej techniki.

Przykładowe zakłady

RIVA Acciaio, Verona Works, Włochy; Krupp Edelstahlprofile (KEP), Siegen, Niemcy; EKO Stahl, Eisenhüttenstadt, Niemcy.

Bibliografia

[386, Cores et al. 2005]

11.6 Nowe techniki w elektrycznych piecach łukowych (EAF)

11.6.1 Elektryczny piec łukowy Contiarc

Opis

Elektryczny piec łukowy Contiarc jest pracującym nieprzerwanie piecem z szybem pierścieniowym zbudowanym ze zbiornika zewnętrznego i wewnętrznego. Piec działa nieprzerwanie, a surowiec jest ładowany od góry szybu pierścieniowego. Zanurzenie i ciągła praca pieca powodują, że jest on bardziej efektywny energetycznie niż żeliwiaki. Ponadto, istnieje nawet możliwość zarówno stopienia jak i wytopienia stali w tym samym systemie pieców produkującym 80 ton/godzinę przy jednoczesnym topieniu i wytapianiu. Piec może przyjmować złom niskiej jakości (części i złom samochodowy), żelazo bezpośrednio zredukowane (DRI) i/lub gorący brykiety żelaza (HBI) i łączyć je z węglem i skałą krzemianą w celu wyprodukowania wysokiej jakości podstawowego żelaza sferoidalnego o 3,5% zawartości węgla (C) i 2,5% zawartości krzemu (Si).

Piec ładowany jest automatycznie poprzez system lejów dostarczających wsad na przenośnik transportujący surowiec na wierzch pieca. W momencie, gdy wsad dociera do szczytu pieca, wprowadzany jest do jednego z ośmiu lejów umieszczonych na obrotowej karuzeli wokół szczytu kotła. Skomputeryzowany system załadunku działa w sposób skoordynowany ze skomputeryzowanym systemem kontroli pieca w celu określenia gdzie w pierścieniowym szybie konieczne jest podanie kolejnej porcji wsadu.

Dzięki utrzymaniu pełnego zasobu materiału wsadowego, ciepło gazów odprowadzanych z pieca pozwala na wstępne podgrzanie materiału wsadowego. Ze względu na ilość tych gazów, przecieki nie stanowią problemu – należy jednak o zapewnieniu odpowiedniej wielkości materiału wsadowego, aby zapobiec tworzeniu się spiętrzeń w kominie.

Koncepcja ciągłego topienia łukowego opiera się na centralnej katodzie (elektroda grafitowa) umieszczonej w zbiorniku wewnętrznym i odpowiedniej anodzie umieszczonej na dnie. W tradycyjnym piecu łukowym, po podaniu wsadu elektroda unoszona jest na wierzch wsadu. W ciągłym piecu łukowym, zbiornik wewnętrzny utrzymuje elektrodę w stanie zanurzenia. Centralna elektroda grafitowa chroniona jest przed uszkodzeniami przez spadający złom poprzez zastosowanie zbiornika wewnętrznego. Jej wierzchołek umieszczony jest w pewnej odległości od dna tego zbiornika, a zatem długi łuk prądu stałego powstaje pomiędzy elektrodą a kapielą stopionego metalu. Obudowa chroniona jest przed promieniowaniem łuku prądu stałego przez materiał wsadowy.

Całkowicie zamknięty piec do topnienia zapewnia atmosferę redukcyjną w dolnej części pieca i nieco utleniające warunki w szybie w celu uzyskania pożądanego procesu metalurgicznego i wykorzystaniu gazów. Ponadto taka budowa pozwala na niskie straty utlenionego żelaza lub krzemu. System workowy pozwala na odfiltrowanie emisji.

Główne osiągnięcia

Piec Contiarc zaprojektowany jest w taki sposób by wykonywać operacje zarówno topienia jak i wytopu. Daje to następujące korzyści:

- Zdolność do topienia taniego i powszechnie dostępnego złomu rozdrobnionego, opiłków, HBI i/lub DRI (a zatem utrzymywanie kontroli pozostałości)
- Kwarc (SiO₂), poprzez żwir wykorzystywany w przemyśle budowlanym można zastąpić kosztownym żelazokrzemem jako sposób na uzyskanie koniecznego poziomu krzemu w stopionym metalu
- Węgla można użyć zamiast koksu w czasie topienia w celu uwęglenia metalu podstawowego i ograniczenia ilości kwarcu, bowiem węgiel nie jest konieczny do wytworzenia ciepła.
- Dzięki rezygnacji z koksu obniżony zostaje poziom siarki w stopionym metalu.

- Przy stosowaniu pieca Contiarc wytwarzane jest mniej żużłu niż w żeliwiakach, bowiem jest to piec redukcyjny co oznacza, że wiele tlenków, które normalnie zachowują się jak żużel zredukowane są z powrotem do metalu
- W czasie topienia kontrola temperatury w piecu Contiarc jest elastyczna, co oznacza, że można ją dostosowywać poprzez prostą zmianę stosunku natężenia/napięcia prądu. Pozwala to na olbrzymie rozgrzanie żelaza przed spuszczeniem.

Przykładowe zakłady

W lipcu 2001 r. pierwszy piec typu Contiarc oddano do użytku w ACIPCO, Birmingham, USA.

11.6.2 Intermetaliczny filtr workowy minimalizujący emisje pyłów, PCDD/F oraz metali ciężkich

Opis

Międzymetaliczny filtr workowy o dużej odporności na wysokie temperatury stanowi połączenie operacji filtrowania i katalizy i pozwala na znaczne ograniczenie emisji pyłów i pochodnych substancji zanieczyszczających.

Uzyskane korzyści dla środowiska

W czasie testów pilotażowych w LME Trith-Saint-Leger, Francja, uzyskano skuteczność redukcji emisji pyłów na poziomie 99,9%, skuteczność redukcji emisji PCDD/F na poziomie ponad 95 % oraz skuteczność redukcji emisji metali ciężkich na poziomie 95 - 100 % (poza metalami ciężkimi występującymi w fazie gazowej, takimi jak rtęć). Ponadto w konsekwencji średniego chłodzenia gazów odpadowych istnieje możliwość zaoszczędzenia energii. Technika ta powinna być realizowana w temperaturze 350 - 550 °C, podczas gdy oczyszczanie tradycyjne realizuje się w 150 - 200 °C.

Efekty przekrojowe

Brak dostępnych danych.

Dane eksploatacyjne

Brak dostępnych danych.

Zastosowanie

Brak dostępnych danych.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

Brak dostępnych danych.

Bibliografia

[252, Francja 2007]

11.6.3 Odzysk starych opon w EAF

Opis

Podobnie jak w cementowniach, stare opony (w 1999 r. w Europie odnotowywano 2,2 Mt/rok starych opon) można odzyskiwać i wykorzystywać zamiast węgla (antracytu) w elektrycznej produkcji stali. Zoptymalizowany proces odzysku w EAF wymaga usprawnionego procesu dodawania starych opon, wprowadzonych we właściwym miejscu w instalacji, ani na górze ani na dole kąpielii, a lance tlenowe powinny działać w taki sposób, by możliwe było uniknięcie post-spalania we wszystkich innych miejscach niż piec łukowy.

Uzyskane korzyści dla środowiska

Technika ta pozwala zarówno na odzysk starych opon jak i na ograniczenie zapotrzebowania na wydobycie węgla.

Efekty przekrojowe

Odzysk starych opon nie powoduje dodatkowych emisji pod względem PCDD/F, metali ciężkich, PAH, SO₂ i VOC i nie wymaga dodatkowego zużycia energii.

Dane eksploatacyjne

Brak dostępnych danych.

Zastosowanie

Brak dostępnych danych.

Aspekty ekonomiczne

Brak dostępnych danych.

Motywacja do wdrożenia techniki

Brak dostępnych danych.

Przykładowe zakłady

W czasie testów pilotażowych w Ascometal Hagondange, SAM Neuves-Maisons i LME Trith-Saint-Leger, - wszystkie trzy znajdują się we Francji – uzyskano tempo substytucji na poziomie 1,7 kg starych opon na 1 kg antracytu. Dodatkowe 5 - 12 kg starych opon/t płynnej stali jest możliwe jeśli opony zostaną pocięte na małe kawałki o długości nie większej niż 10 - 15 cm. W 2006 r., LME Trith-Saint-Leger, we Francji wykazała wydajność na poziomie 7000 ton starych opon na rok.

Także ArcelorMittal, Belval and Differdange - oba zakłady zlokalizowane w Luksemburgu – przeprowadziły testy.

Bibliografia

[252, Francja 2007]

11.6.4 Ponowne wykorzystanie żużlu (BOF i EAF) jako czynnik przepływowy w elektrycznym procesie produkcji stali

Szczegóły tej techniki opisano w sekcji 11.5.4

12 UWAGI KOŃCOWE I ZALECENIA DOTYCZĄCE PRZYSZŁYCH DZIAŁAŃ

Terminy przeglądu

Spotkanie otwierające dotyczące przeglądu dokumentu referencyjnego dotyczącego najlepszych dostępnych technik (BAT) w zakresie produkcji żelaza i stali odbyło się we wrześniu 2006 r. TGR uzgodniło, iż należy dodać rozdział ogólny (rozdział 2) zawierający informacje ogólne na temat zarządzania środowiskiem, materiałami, wodą, energią oraz na temat monitorowania i kwestii hałasu. Zagadnienia te można uznać za kwestie horyzontalne w zakresie działalności przemysłu żelaza i stali. Rozdziały od 3 do 8 zawierają informacje na temat indywidualnych procesów (spiekalnia, peletyzacja, piece koksownicze, wielkie piece, podstawowa tlenowa produkcja stali i odlewanie oraz produkcja i odlew stali z wykorzystaniem elektrycznych pieców łukowych).

Przegląd dokumentu referencyjnego dotyczącego najlepszych dostępnych technik (BAT) w zakresie produkcji żelaza i stali nie stanowił przygotowania całkiem nowego dokumentu wobec dokumentu pierwotnego zatwierdzonego przez Komisję Europejską w grudniu 2001 r. Stanowił on aktualizację dotychczasowego dokumentu BREF, w tym uwzględnił dodatkowe informacje, które zweryfikowano (na przykład w zakresie stosowanych technik), które mogą mieć wpływ na wnioski dotyczące BAT. Wymiana informacji i zbieranie danych oparto na życzeniach i zapytaniach przekazanych przez TGR.

Okres zbierania informacji i danych zakończył się w czerwcu 2007 r. Dokument zawierający wytyczne na temat zbierania danych uzgodniony w czasie spotkania w kwietniu 2008 r. nie został w tym procesie uwzględniony. Pierwszy formalny projekt zaktualizowanego dokumentu referencyjnego dotyczącego najlepszych dostępnych technik (BAT) w zakresie produkcji żelaza i stali obejmujący wszystkie sekcje poza wnioskami dotyczącymi najlepszych dostępnych praktyk i Uwag Końcowych przekazano w lutym 2008 r. a członkom TGR wyznaczono termin konsultacji na maj 2008 r. Wówczas prace przejął nowy autor niniejszej publikacji. Po dokonaniu oceny projektu dokumentu uznano, iż istnieje konieczność znacznej zmiany niektórych rozdziałów jak i wyznaczenie dodatkowego terminu na zebranie dodatkowych danych. Zbieranie tych danych zakończono w lutym 2009 r. W oparciu o te dodatkowe informacje, w lipcu 2009 r. powstał drugi projekt BREF zawierający wstępne wnioski dotyczące BAT, a następnie wyznaczono dziesięciodniowy okres na konsultacje ze strony członków TGR, który zakończył się we wrześniu 2009 r.

Końcowe spotkanie TGR odbyło się w lutym 2010 r. W chwili, gdy owo spotkanie miało miejsce TGR liczyło ponad 70 członków.

Źródła informacji i luki informacyjne

W celu dokonania przeglądu dokumentu referencyjnego dotyczącego najlepszych dostępnych technik (BAT) w zakresie produkcji żelaza i stali uwzględniono ponad 200 dokumentów i opinii przekazanych przez państwa członkowskie, organizacje branżowe i pozarządowe zajmujące się ochroną środowiska. Zastosowano system informacyjny BAT (*BAT Information System*, *BATIS*) Komisji jako platformę, na której członkowie TGR wymieniali informacje oraz dane, co zapewniło wydajną wymianę informacji oraz wysoki poziom przejrzystości. Odpowiednie opinie uwzględniono w literaturze przedmiotu w dokumencie BREF. Głównymi dostawcami informacji i danych były: EUROFER, stowarzyszenie branżowe reprezentujące większość europejskich producentów stali oraz następujące państwa członkowskie UE: Austria, Belgia, Czechy, Dania, Finlandia, Francja, Niemcy, Włochy, Luksemburg, Holandia, Polska, Szwecja, Wielka Brytania i Norwegia. Ponadto informacje przekazał także Okopol - organizacja reprezentująca organizacje pozarządowe zajmujące się ochroną środowiska oraz kilku dostawców z Niemiec, Włoch i Szwajcarii. Dokumenty te można uznać za istotne elementy składowe zmienionych części niniejszego dokumentu BREF.

Dodatkowe przydatne informacje uzyskano w wyniku wizyt EIPPCB w zakładach żelaza i stali w Austrii, Finlandii, Niemczech, Luksemburgu, Holandii, Hiszpanii i Wielkiej Brytanii. W oparciu o zebrane informacje i dane oraz uwagi uzyskane w wyniku konsultacji, niniejszy dokument BREF zweryfikowano i uzupełniono i informacje i dane dotyczące wyników produkcji, zapotrzebowania na energię, kosztów i uzyskiwanych wartości emisji. Ponadto dodano nowe sekcje, np. na temat monitorowania, narzędzi zarządzania, instalacji energetycznych w zakładach produkcji żelaza i stali, postępowania z materiałami, przeciwdziałania i monitorowania emisji dyfuzyjnych, odlewów o kształcie zbliżonym do kształtu wyrobu gotowego, wstępnego podgrzewania złomu, odzyskiwania pozostałości bogatych w żelazo oraz najnowszych rozwiązań w zakresie ograniczania emisji dwutlenku węgla. Wiele sekcji poddano znacznym zmianom i napisano od nowa, np. na temat technik ograniczania emisji do atmosfery, zbierania i ograniczania wtórnych emisji do atmosfery, oczyszczania ścieków i wód odpadowych oraz wewnętrznego i zewnętrznego wykorzystywania pozostałości i gazów procesowych.

Pomimo wszystkich tych bardzo przydatnych informacji i przekazanych komentarzy należy zwrócić uwagę na pewne problemy związane z gromadzeniem danych.

- Znaczna część dostarczonych danych na temat emisji przekazano jako współczynniki emisji (tj. g/t produktu) dla kilku instalacji. Współczynniki emisji wyliczono na podstawie stwierdzonych w wyniku pomiaru wartości stężeń emisji oraz określonych przepływów gazów odlotowych, które same w sobie nie zostały przekazane. Przydatnym mogłoby być w tym kontekście uzyskanie wartościowych informacji dla celów oceny wydajności i skuteczności określonych technik na poziomie zakładu oraz dla ustalenia BAT-AEL.
- Stwierdzono kilka niepewności na temat tego, które związki PCB i PAH miano na myśli, co utrudniło porównywanie zgłoszonych wartości emisji.

W czasie końcowego spotkania TGR odbyła się szczegółowa dyskusja na temat operacji obejścia, zakładów energetycznych zasilanych gazami procesowymi oraz zakresu zbierania pyłów. Zagadnienia te zostały opisane poniżej.

Operacje obejścia

W czasie rozruchu i wyłączenia oraz w trakcie innych specjalnych czynności, które mogłyby mieć wpływ na właściwe funkcjonowanie układów (np. nadzwyczajnej konserwacji oraz czyszczenia) oraz bezpieczeństwo może istnieć konieczność obejścia systemów redukcji emisji. W szczególności należy zwrócić uwagę na emisje w czasie obejścia – w sensie takim, że obejście lub obejście częściowe powinny być ograniczane do minimum w celu uzyskania wysokiego poziomu dostępności systemu redukcji emisji. Istnieje niewiele możliwości uzyskania informacji na ten temat, dlatego też w przyszłości należy zagwarantować, że operacje obejścia będą odpowiednio dokumentowane. TGR uznała, że na podstawie dostępnych informacji na temat sposobów postępowania w tych szczególnych warunkach operacyjnych, nie ma możliwości ustalenia najlepszej dostępnej praktyki dotyczącej operacji obejścia.

Elektrownie w hutach żelaza i stali zasilane gazami procesowymi

TGR uznała, że uzyskane informacje na temat emisji do atmosfery pochodzące z elektrowni zasilanych gazami procesowymi są niewystarczające. Spośród informacji, o których mowa w sekcjach 2.2.1.2 i 2.5.3, nie było możliwe określenie odpowiedniego BAT-AEL w odniesieniu do pyłów, SO₂, NO_x i CO. Zagadnienie to należy rozważyć podczas przeglądu BREF w sprawie dużych spalarni (LCP) [282, EC 2006] i omówić w specjalnym rozdziale tego BREF wraz z innymi istotnymi kwestiami dotyczącymi elektrowni zasilanych gazami procesowymi.

Poziom porozumienia osiągniętego w czasie wymiany informacji

W czasie końcowego spotkania TGR w lutym 2010 r. uzyskano dużą zgodność na temat konkluzji dotyczących BAT – zarejestrowano tylko trzy odmienne opinie. Tabela 12.1 przedstawia podzielone poglądy wyrażone przez członków TGR.

Konkluzje dotyczące BAT	Opinia wyrażona przez	Pogląd podzielony
Nr 20	Austria i jedna organizacja pozarządowa	BAT w odniesieniu do spiekalni mają na celu jedynie ograniczenie emisji pyłu z gazów odlotowych z taśm spiekalniczych przy użyciu filtra workowego a BAT-AEL dotyczące pyłów powinny być <10 mg/Nm ³ , określane jako dzienna wartość średnia. Wiele instalacji w UE zamontowało filtry workowe i w ten sposób uzyskuje średnie dzienne poziomy emisji pyłów nie większe niż 10 mg/Nm ³ (zob. Sekcja 3.3.2.2). Nie istnieją żadne przesłanki ekonomiczne ani przekrojowe przemawiające przeciwko czy też ograniczające możliwość stosowania filtrów workowych. W oparciu o informacje przedstawione w sekcji 3.3.2.1 stale niskie średnie dzienne poziomy emisji nie mogą być uzyskane z wykorzystaniem ESP, w szczególności jeśli pozostałości i pyły są odzyskiwane do taśmy spiekalniczej.
Nr 25	Austria i jedna organizacja pozarządowa	BAT powinien zakładać ograniczenie PCDD/F i PCB poprzez wdmuchiwanie odpowiednich adsorbentów do kanału gazu odlotowego z taśmy spiekalniczej przed odpyleniem na filtrze workowym. W oparciu o informacje przedstawione w niniejszym dokumencie, BAT-AEL w odniesieniu do PCDD/F powinny być <0,05 - 0,2 ng I-TEQ/Nm ³ dla losowej próby 6 - 8 godzinnej w warunkach stabilnych. Wiele instalacji w UE zamontowało filtry workowe i w ten sposób uzyskuje średnie dzienne poziomy emisji pyłów nie większe niż 0,2 I-TEQ/Nm ³ (zob. Sekcja 3.3.2.2). Ponadto nie istnieją żadne przesłanki ekonomiczne ani przekrojowe przemawiające przeciwko czy też ograniczające możliwość stosowania filtrów workowych w połączeniu z techniką iniekcji odpowiednich substancji adsorpcyjnych do przewodów zawierających gazy odpadowe.
Nr 49	Niemcy i jedna organizacja pozarządowa	W oparciu o informacje przedstawione w sekcjach 5.2.2.1 i 5.3.12.1, poziom emisji pyłów <10 mg/Nm ³ powinno się uznać za BAT-AEL dla pieców koksowniczych. Duża liczba i wielkość spękań na ściankach pieca w bardzo starych zakładach koksowniczych (>40 lat) nie powinna być uznawana za podstawa do podniesienia poziomu dla BAT-AEL.

Konsultacja z forum, a następnie formalna procedura przyjęcia konkluzji dotyczących BAT.

Z forum wymiany informacji na podstawie art. 13 dyrektywy 2010/75/UE w sprawie emisji przemysłowych (nazywanym zazwyczaj forum ustanowionym na podstawie art. 13 dyrektywy IED) skonsultowano się w zakresie treści niniejszego dokumentu referencyjnego BAT w dniu 24 czerwca 2012 r.; forum to przedstawiło swoją opinię w trakcie swojego posiedzenia, które odbyło się w dniach 12 - 13 września 2011 r.

W opinii forum ustanowionego na podstawie art. 13 dyrektywy IED wyróżniono dwa różne zestawy komentarzy. Po pierwsze w opinii wymieniono te uwagi, co do których forum wyraziło swoją zgodę na uwzględnienia ich w ostatecznym dokumencie referencyjnym BAT. Po drugie w opinii wymieniono uwagi stanowiące poglądy niektórych członków Forum, co do których jednak nie wyrażono zgody, by uwzględnić je w ostatecznym dokumencie referencyjnym BAT.

Pełny tekst opinii jest dostępny pod adresem:

http://circa.europa.eu/Public/irc/env/ied/library?l=/ied_art_13_forum/opinions_article

Następnie Komisja uwzględniła opinię forum ustanowionego na podstawie art. 13 dyrektywy IED przy przygotowywaniu projektu decyzji wykonawczej Komisji ustanawiającej konkluzje dotyczące najlepszych dostępnych technik (BAT) w zakresie produkcji żelaza i stali.

Komitet ustanowiony na podstawie art. 75 dyrektywy o emisjach przemysłowych wydał pozytywną opinię o projekcie decyzji wykonawczej w czasie swojego posiedzenia 21 listopada 2011 r.

W trakcie tego procesu nie wprowadzono zmian merytorycznych w tym dokumencie.

Zalecenia odnośnie przyszłych prac

Wymiana informacji w celu przeprowadzenia przeglądu dokumentu BREF dotyczącego produkcji żelaza i stali stanowi ważny krok do przodu ku osiągnięciu zintegrowanego zapobiegania i kontroli zanieczyszczeń w procesach produkcji żelaza i stali. Dalsze prace nad kwestiami opisanymi poniżej powinny stanowić kontynuację tego procesu i dalej go rozwijać.

- Zasadniczo przydatnym mogłoby się okazać zebranie większej liczby konkretnych przykładów faktycznie stosowanych technik i ich wydajności.
- Zbieranie informacji, w szczególności danych na temat emisji, przeprowadzono przed opublikowaniem wytycznych Komisji w tym zakresie (dokument IEF z czerwca 2008 r. oraz wytyczne opracowane w ramach IED). W przyszłości zbieranie i przekazywanie danych będzie dużo efektywniejsze w wyniku stosowania powyższych wytycznych.
- Istnieje konieczność zebrania dalszych informacji na temat metod monitorowania i częstotliwości monitorowania, w szczególności w odniesieniu do rtęci i POP (np. PCDD/F oraz dioksynopodobnych PCB) w odniesieniu do spieku i procesu EAF.
- Informacje na temat zużycia wody powinny być lepsze – istnieje konieczność zdefiniowania takich terminów jak zapotrzebowanie na wodę, zużycie wody, pobór wody i wody odpadowe oraz poprzez ujednoczenie ich stosowania. W odniesieniu do wód odpadowych i ścieków dodatkowe informacje na temat emisji powinny zostać zebrane. Konieczne jest również wyznaczenie odpowiednich okresów próbkowania w czasie monitorowania.
- Istnieje także konieczność zebrania dodatkowych informacji na temat monitorowania emisji z określonych źródeł emisji dyfuzyjnych, w szczególności w odniesieniu do emisji powstających w czasie transportu i obsługi materiałów pyłowych takich jak surowce, niektóre produkty pośrednie oraz pozostałości.
- Poprawy wymaga zbieranie informacji na temat monitorowania emisji w czasie procesów przygotowania surowca, takich jak miażdżenie, mielenie, mieszanie, przesiewanie, np. osuszanie i spylanie węgla na potrzeby procesów wielkopiecowych.
- W odniesieniu do lotnych związków organicznych (VOC), istnieje konieczność jednoznacznego określenia czy metan jest do tej grupy zaliczany czy też nie.
- W przypadku PAH, należy w sposób bardziej jednoznaczny określić które związki zostają uwzględnione (np. Borneff PAH, PAH wyrażony jako EPA 16, czy tylko jako część EPA 16 i in.).

- W przypadku PCB, należy w sposób bardziej jednoznaczny określić które związki zostają uwzględnione (np. Ballschmiter PCB, WHO (12) lub suma określonych związków PCB i in.).
- Dane na temat emisji z zakładów oczyszczania gazów z pieców koksowych wymagają zebrania, w szczególności w odniesieniu do BTX i PAH.
- W przypadku spiekalni konieczne jest zebranie większej liczby informacji na temat odpylania wtórnego (mieszalni, spiekalni, chłodzenia spieku).
- W odniesieniu do wszystkich działań i technik istnieje konieczność zebrania większej liczby informacji na temat kosztów (np. kosztów inwestycji, kosztów operacyjnych).
- Konieczne jest także zebranie informacji i danych na temat możliwości ograniczania zużycia energii i poprawy efektywności energetycznej.
- Należy także zebrać informacje na temat technik i środków ciągłego monitorowania emisji rtęci, jakie można stosować w zakładach produkcji żelaza i stali.
- Należy uważnie śledzić rozwiązania naukowe i przemysłowe dotyczące odlewania odlewów o kształcie zbliżonym do kształtu wyrobu gotowego.

Sugerowane tematy do przyszłej pracy w zakresie badań i rozwoju

W przypadku spiekalni (zob. sekcja 3.2.2.1.2.7 i 3.2.2.1.2.8.), uznano iż w niektórych przypadkach istotne znaczenie mają emisje HCN, benzenu i PAH. Ponieważ ich występowanie nie zostało jasno zdefiniowane, zaleca się przeprowadzenie analiz wyjaśniających i badań w tym zakresie. W tym kontekście, skutki stosowania antracytu także wymagają wyjaśnienia.

W przypadku pieców koksowych, pomiar emisji cząstek z wież gaśniczych powinien opierać się na oficjalnej metodzie próbkowania. Kolejnym koniecznym zagadnieniem jest uzgodnienie metody pomiaru lub szacowania emisji dyfuzyjnych/niezorganizowanych np. BTX i PAH z operacji instalacji koksowych, w tym wież gaśniczych.

W przypadku BOF, konieczne jest monitorowanie i ograniczenie emisji dyfuzyjnych z procesu podstawowego z odpowiednich źródeł, np. emisji wtórnych BOF.

W szczególności w odniesieniu do technik opisanych w rozdziale poświęconym nowym technikom (sekcja 10.1.1 dotycząca strategii łagodzenia CO₂ oraz sekcja 10.3.1 dotycząca wielkich pieców koksowych) konieczne jest dokładne przyjrzenie się badaniom naukowym w tym zakresie. Być może techniki te można będzie w przyszłości uwzględnić przy określaniu kolejnych najlepszych dostępnych praktyk w produkcji żelaza i stali.

Komisja Europejska uruchamia i wspiera, poprzez swoje programy w zakresie badań i rozwoju, serię przedsięwzięć dotyczących czystych technologii, pojawiających się technologii oczyszczania ścieków i recyklingu oraz strategii gospodarowania. Przedsięwzięcia te mogą potencjalnie wnieść pożyteczny wkład w przyszłe przeglądy dokumentu BREF. Zachęca się zatem czytelników do informowania europejskiego biura IPPC o wszelkich wynikach badań, które są istotne dla zakresu niniejszego dokumentu (zob. również piąta sekcja Przedmowy do niniejszego dokumentu).

Wszelkie uwagi i sugestie należy kierować do europejskiego biura IPPC w Instytucie Perspektywicznych Studiów Technologicznych na następujący adres:

KOMISJA EUROPEJSKA,
Instytut Perspektywicznych Studiów Technologicznych
Biuro IPPC na Europę
Edificio Expo
c/ Inca Garcilaso, 3
E-41092 Seville, Hiszpania
Telefon: +34 95 4488 284
Faks: +34 95 4488 426
E-mail: JRC-IPTS-EIPPCB@ec.europa.eu

Strona internetowa: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu>

BIBLIOGRAFIA

- [1] Arimitsu, 'Energy Saving in the Japanese Steel Industry', *European Symposium on Environmental Control in Steel Industry*, 1995, s. 105-136.
- [2] Auth et al., 'Die Entwicklung des Thyssen-HeiGbricketier-Verfahrens und die betriebliche Anwendung (The Development of the Thyssen-Hot-Briquetting Process and its Practical Application)', *Dritte Duisburger Recycling-Tage*, 1988.
- [3] Remus, R., 'Minutes from the Expert meeting Emissions from storage and handling of bulk materials', *Expert meeting Emissions from storage and handling of bulk materials*, 1998, Umweltbundesamt, Berlin, Niemcy.
- [4] Beer et al., 'Auswirkungen unterschiedlicher Koksgruskoernungen bei der Eisenerzsinterung (Impacts of Different Coke Breeze Grain Size Distribution on the Sintering Process)', *Stahl und Eisen III*, Vol. Nr 8, 57-64, 1991.
- [5] Beer et al., 'Verfahrenstechnische und metallurgische MaGnahmen zur Verminderung des Energieeinsatzes in Sinteranlagen (Process-integrated and Metallurgical Measures to Reduce Energy Consumption of Sinter Plants)', *Stahl und Eisen*, Vol. Nr 11, 25-37, 1991.
- [6] Volkhausen, W., 'Description of the Oxycup Process', *Komunikacja własna*, 2008.
- [7] Bothe, Umweltproblematik bei der Eisenerzsinterung (Environmental Problems of the Iron Ores Sintering Process), 1993.
- [8] Endemann, G., 'Description of the DK-Process', *Komunikacja własna*, 2008.
- [9] Fisher et al., 'Investigation of the Formation of Dioxins in the Sintering Process', 2nd International Congress on the Science and Technology of Ironmaking Conjunction with the 57th Ironmaking Conference of Iron and Steel Society, 1998, C-Toronto.
- [10] Kessler, K., 'Zero Waste Production bei der Stahlverwertung', *Metall*, Vol. Vol. 59 3, No 2005, 2005.
- [11] Campell et al., Oxy-coal Injection at Cleveland Iron Works, 1992, s. 120-125.
- [12] VDEh, Technical Background Paper om Recycling of FE-containing Material, 2006.
- [13] Deckers et al., 'Development of Environmental Control Technologies', *European Symposium on Environmental Control in Steel Industry*, 1995, Praha.
- [14] Dietrich, Reaktionskinetische Betrachtungen des Sintervorganges und Moeglichkeiten zur Leistungssteigerung (About the Reaction Kinetics of the Sintering Process and Possibilities for Productivity Increase), 1961.
- [15] Both, I. et al, Technologies for the optimum recycling of steelmaking residues, *Stahl und Eisen*, 2008.
- [16] Rentz, Report on Best Available Techniques in the Electric Steelmaking Industry, *French- German Institute for Environmental Research*, 1997.
- [17] Hillman, C. and Sassen, K.-J., 'Solutions for dusts and sludges from the BOF process', *Stahl und Eisen*, Vol. Vol 128 Nr. 5, 2006.
- [18] VDI/DIN, VDI 3790 part 1 Environmental meteorology - Emissions of gases, odours and dusts form diffuse sources - Fundamentals, 2005.
- [19] EC BOF, Technical Note on the Best Available Techniques to Reduce Emissions of Pollutants into the Air from the Basic Oxygen Steel Making, 1995.
- [20] VDI/DIN, VDI 4210 part 1 Remote sensing - Atmospheric measurements with LIDAR - Measuring gaseous air pollution with DAS LIDAR, 1999.
- [21] EC Coke, Study on the Technical and Economical Aspects of Measures to Reduce (on the Basis of the Best Available Technologies) the Pollution (of Water and Other Environmental Areas) from the Industrial Emissions of Cokeries, 1996.
- [22] EC EAF, Technical Note on the Best Available Technologies to Reduce Emissions of Pollutants into the Air from Electric Arc Steel Production Plants, 1994.

- [23] *EC EAF*, Optimisation of Environment and Related Energy Utilisation in Scrap-based Steelmaking (Phase I), 1997.
- [24] *WE Haskoning*, Techno-economic Study on the Reduction Measures, Based on Best Available Technologies, of Water Discharges and Waste Generation from the Primary and Secondary Iron & Steel Industry, 1993.
- [25] VDI/DIN, VDI 4285 part 1 Determination of diffuse emissions by measurements - Basic concepts, 2005.
- [26] Oberösterreichische Landesregierung, UVP Linz 2010: Permit of the Environmental Impact Assessment 'Linz 2010', 2004.
- [27] WE Panorama, 'Iron and Steel', *Panorama of EU Industry 97*, Vol. Vol.1 10-8 - 10-14, 1997.
- [28] ECSC, Treaty on the foundation of the European Union for Coal and Steel on April 18th (1951), 1951.
- [29] *WE Sinter/BF*, Technical Note on Best Available Techniques to Reduce Emissions of Pollutants into the Air from Sinter Plants, Pelletisation and Blast Furnaces, 1995.
- [30] *Roederer et al.*, Coordinated Study 'Steel-Environment', 1996.
- [31] Caughlin, R., 'Note on fugitive and diffuse sources of particulate matter at steelworks', *Komunikacja własna*, 2009.
- [32] Voestalpine Linz, Environmental statement 2008, 2008.
- [33] Eisenhut et al., 'New Findings and Developments in Environmental Protection and Health Safety at Work on Coke Oven Plants', *Ironmaking Conference Proceedings*, 1988, Bergbau-Forschung GmbH, D-Essen.
- [34] dena, Successful Record for Pump Systems: Energy Efficiency Pays Off, 2007.
- [35] Dr. Luengen, H.B., 'Technische Entwicklungen in der Stahlindustrie verringern CO₂-Emissionen', *Rheinklima - die Zukunftsfähigkeit eines europäischer Wirtschaftsraums im Wandel des Klimas*, 2005, Bonn.
- [36] *EPRI*, Proceedings of the CMP Electric Arc Furnace Dust Treatment Symposium, *EPRI Center for Materials Production*, 1992.
- [37] *Motz*, Annex I: Substance Identity - from the ferrous slag consortium agreement, 2009.
- [38] EUROFER BOF, *Document on "Oxygen Steelmaking and Casting"*, - Environmental Committee - Task Group Oxygen Steelmaking, 1997.
- [39] EUROFER EAF, *Document on "Electric Arc Furnace Steelmaking"*, - Environmental Committee - Task Group Electric Arc Furnace Steelmaking, 1997.
- [40] *IPCC*, Fourth Assessment Report on Climate Change 2007, Synthesis Report, *IPCC*, 2007.
- [41] Komisja Europejska, *BREF on Industrial Cooling Systems*, European Commission, 2001.
- [42] *WE*, Reference Document on General Principles of Monitoring (MON), 2003.
- [43] Freuhan, 'Challenges and Opportunities in the Steel Industry', *Iron and Steel Magazine*, Vol. Nr 3, 1993, s. 59-64.
- [44] Freuhan, 'Effect of Emerging Technologies on Competitiveness in the Steel Industry', *Iron and Steel Magazine*, Vol. Nr 2, 1994, s. 17-22.
- [45] *Gebert*, Abgasreinigungssysteme fuer Sinteranlagen (Off Gas Purification Systems for Sinter Plants), 1995.
- [46] Geiseler, 'Verwertung der Stahlwerksschlacken (Re-use of Slags from Basic Oxygen Steelmaking)', *Stahl und Eisen III*, Vol. Nr 1, 1991, s. 133-138.
- [47] *Geiseler*, Verwertung von Hochofen- und Stahlwerksschlacken (Re-use of Blast Furnace and BOF Slag), 1992, s. 1-32.
- [48] *WE*, Reference Document on Energy Efficiency (ENE), 2008.
- [49] *Goverde et al.*, Milieuvorzieningen bij Hoogovens Ijmuiden, 1995.

- [50] *Grutmacher et al.*, Staubunterdrueckung in Hochofengie&hallen (Dust Supression in Cast Houses), 1991, s. 51-56.
- [51] *UN ECE*, Recommendations on Monitoring and Response Procedures for Radioactive Scrap Metal, *UN*, 2006.
- [52] *de Haas et al.*, Vermeidung der Staubbildung in Hochofengie&hallen (Dust Supression in Blast Furnace Cast Houses), 1997.
- [53] BDSV, European Steel Scrap Specification, 2009.
- [54] Haissig, '21st Century Electric Steelmaking: The Integrated Meltshop', *Iron & Steel Society's 25th Advanced Technology Symposium in St. Petersburg Beach*, 1997, US-Florida on May 11-14.
- [55] *Harp et al.*, Untersuchung und Bewertung der Einsatzmoeglichkeiten verschiedener Verfahren zur Aufbereitung von Huettenwerksrest- und -abfallstoffen (Investigation and Assessment of the Applicability of Different Techniques to Treat Residues and By-products from Integrated Steelworks), *Betirebsforschungsinstitut (BFI)*, 1990.
- [56] Dr. Gaertner, A., 'Messung diffuser Emissionen', *Workshop on "Diffuse Emissionen"*, 2004, Duesseldorf.
- [57] *Heinen*, Elektrostahl-Erzeugung, 4. Aufl. (Electric Arc Furnace Steel Production, 4. ed.), *Verlag Stahleisen GmbH, D-Duesseldorf*, 1997.
- [58] Kaestli, P., 'Comparison of conversion costs of continuous scrap preheating systems', *Komunikacja własna*, 2009.
- [59] Nethe, Der Einsatz von Sorbentien im gesamten System von Abgasreinigungsanlagen, 2005.
- [60] *Hille et al.*, Wirtschaftliche Betrachtungen zur Entwicklung der Hochofenkapazitaeten in der Welt (Economical Considerations of the Development of Blast Furnace Production Capacities in the World), 1997, s. 93-101.
- [61] Hodges, 'Pollution Prevention and the Sinter Plant', *European Symposium on Environmental Control in Steel Industry*, 1995, Praha.
- [62] *Hoffmann*, Die Rueckgewinnung von Zink und Blei aus Staeben der Elektrostahlerzeugung (The Recovery of Zinc and Lead from Dusts from Electric Arc Furnace Steelmaking), 1997.
- [63] Wirling, J., 'Safety aspects in the use of carbonaceous sorbents during waste gas treatment', *MT International*, Vol. Vol. 3, 2007, s. 144-152.
- [64] *IISI*, *The Management of Steel Industry By-products and Wastes*, IISI-Committee on Environmental Affairs, 1985.
- [65] InfoMil, *Dutch Notes on BAT for the Production of Primary Iron and Steel*, Spatial Planning and the Environment, Directorate for Air and Energy, Department of Industry, 1997.
- [66] Joksch, 'Development of Energy Conservation Technology at Thyssen Stahl AG in Germany', *European Symposium on Environmental Control in Steel Industry*, 1995, Praha.
- [67] TSW GmbH, 'Anlagen- und Betriebsbeschreibung zur Modernisierung und umwelttechnischen Sanierung des Stahlwerks der TSW', *Komunikacja własna*, 2005.
- [68] *Karcher et al.*, Ermittlung und Verminderung der Emissionen von Dioxinen und Furanen aus thermischen Prozessen: Untersuchung der Zusammenhaenge der Dioxin-/Furanemissionen in Abhaengigkeit von Einsatzstoffen und Minderungstechniken bei Elektrolichtbogenoeefen (Investigation and Reduction of PCDD/F Emissions from Thermal Processes: Investigation of Connections of PCDD/F Emissions Depending on Input and Minimisation Techniques at Electric Arc Furnaces), 1996.
- [69] Kemeny, 'Technical Look at EAF Dust Treatment. Proceedings of the CMP Report', *CMP Electric Arc Furnace Dust Treatment Symposium*, Vol. Nr 94-2, 1994.

- [70] Kersting et al., 'Countermeasures for Organic Emissions from Sinter Plants (1997)', *ENCOSTEEL - Steel for Sustainable Development*, 1997, on June 16-17, 1997 in S-Stockholm.
- [71] Kim et al., 'Improvement of Sinter Plant Stack Emissions at Kwangyang Works, Posco', 2nd International Congress on the Science and Technology of Ironmaking Conjunction with the 57th Ironmaking Conference of Iron and Steel Society, 1998, C-Toronto on March 2225.
- [72] N.N., Eisen und Stahlerzeugung, Hinweise und Erlaeuterungen zu Anhang 29 der Abwasserverordnung, 2005.
- [73] Knapp, 'Quality and Improvements of the Shaft Furnace with Post-combustion', *Monterrey Symposium*, 1996, Monterrey.
- [74] Knoerzer et al., 'The Design and Operation of Jewell's New Nonrecovery Coke Oven Batteries', *50th Ironmaking Conference*, 1991, US-Washington on April 14-17.
- [75] Knoop et al., 'Steuerung des Einschmelzens im Drehstrom-Lichtbogenofen zum Schutz der Wandkuehlelemente (Control of Melting in the Three-Phase-Current Arc Furnace to Protect the Water-cooled Side Walls)', *Stahl und Eisen 117*, Vol. Nr 2, 1997, s. 91-96.
- [76] Koeller, 'Environmental Protection - A Challenge to Management in the Austrian Steel Industry', *European Symposium on Environmental Control in Steel Industry*, 1995, Praha.
- [77] Austrian TWG member, Austrian comments on the first draft of the reviewed IS BREF, 2008.
- [78] Kreulitsch et al., *Iron and Steelmaking of the Future*, Iron and Steelmaking International, 1994, s. 4-8.
- [79] Kuhner et al., 'Noise Abatement for Electric Arc Furnaces', *Iron and Steel Engineer 73*, Vol. Nr 4, 1996, s. 83-86.
- [80] Dornseiffer, P., Luxembourg comments on the first draft of the reviewed IS BREF, 2008.
- [81] Norwegian TWG member, Norwegian comments on the first draft of the reviewed IS BREF, 2008.
- [82] Lemperle et al., *Corex Today and Tomorrow*, Metallurgical Plant and Technology International, 1993.
- [83] Ehrlich, C. et al, 'PM 10, PM 2.5, PM 1,0-Emissions from industrial plants-Results from measurment programmes in Germany', *Atmospheric Environment*, Vol. Vol. 41, 2007, s. 6236 - 6254.
- [84] Grasselli, A. and Raggio, C., 'Consteel EAF Technology', *Komunikacja własna*, 2008.
- [85] VDI/DIN, VDI 2584 - Naturstein Aufbereitungsanlagen in Steinbruchen, 2006.
- [86] Linninger et al., 'Modernes Technologie- und Informationsmanagement am Beispiel der Auslegung von Elektrolichtbogenofen (Modern Technology and Information Management by Hand of the Design of Electric Arc Furnaces)', *Stahl und Eisen 115*, Vol. Nr 3, 1995, s. 93-101.
- [87] Medinger et al., Bilanz der Quecksilbermissionen aus Quellen im Linzer Stadtgebiet (Balancing the emissions of mercury in the area of the city of Linz), *City of Linz - Office for Environmental Protection*, 1996.
- [88] Lohr et al., 'State of the Art in Biological Waste water Treatment in European Coking Plants', 1996, B-Gent.
- [89] Lohr et al., Process for Waste water Treatment of Coking Plants, 1997, s. 54-60.
- [90] Kohler et al., 'Introduction to PW Bell less top charging system', *Komunikacja własna*, 2009.
- [91] Memoli, F. and Ferri, M., 'New track record for Consteel due to new environment-friendly features', *MPT International*, Vol. Nr 5 2007, 2007, s. 58 - 65.

- [92] Lungen, 'Roheisenerzeugung im Jahr 2000 (Pig Iron Production in 2000)', *Stahl und Eisen* 115, 1995, s. 45-55.
- [93] Matzke, Blei-, Zink- und Alkalientfernung beim Sintern von Reicherzmischungen (Lead, Zinc and Alkali Removal During Sintering of Rich Ore Mixtures), 1987.
- [94] Mc Manus, Scrap Preheating: A Trend Gains Momentum, 1995, s. 60-61.
- [95] Mertins, 'Die Aufbereitung von Hochofengichtgasschlaemmen - ein Beitrag zur Entsorgung eines Abfallstoffes (The Treatment of Blast Furnace Top Gas Sludges - A Contribution for the Disposal of a Solid Waste)', *VCH, Verlag Erzmetal* 39, Vol. Nr 7, No 8, 1986, s. 399-404.
- [96] VDI/DIN, VDI 4211 part 1 Remote sensing - Atmospheric measurements near ground with FTIR spectroscopy - Fundamentals, 2000.
- [97] Murphy et al., 'High Pressure Water Jet Coke-oven Door Cleaning and Mass-flow Charging of Ovens', *Iron and Steel Engineer*, Vol. Nr 3, 1991, s. 23-30.
- [98] Nagai, *Sources of Iron Beyond 2000*, EAF Supplement, 1995.
- [99] DK Recycling, 'DK recycling operational data', *Komunikacja własna*, 2009.
- [100] Nathaus et al., Wet Quenching Towers with De-dusting Equipment - Brochure and Reference List, 1997.
- [101] Neuschutz et al., 'Comparison on Thermochemically Calculated and Measured Dioxin Contents in the Off-gas of a Sinter Plant - Part 1', *9th Japan-Germany Seminar on Fundamentals of Iron and Steelmaking*, 1996, on September 8-9.
- [102] Eurofer, Eurofer comments on the first draft of the reviewed IS BREF, 2008.
- [103] OECD, *Environmental Implications of Energy Use in Industry*, Organisation for Economic Co-operation and Development, 1988.
- [104] Lindert et al., Demonstation Plant for Sintering with Reduced Volume of Flue-gases, 1997.
- [105] Pazdej et al., 'Treatment of BF and BOF Dust and Sludges', *European Symposium on Environmental Control in Steel Industry*, 1995, CZ-Praha.
- [106] Pedersen et al., 'Environmental Aspects of Steel Mill Gas Cleaning', *Steel and the Environment in the 21st Century*, 1996, UK-London on April 2-3.
- [107] N.N., 'Rogesa: Neue Abgasreinigung an Sinteranlage', *Stahl und Eisen*, Vol. 129 Nr.2, 2009, s. 1.
- [108] Philipp et al., 'Umweltschutz in der Stahlindustrie - Entwicklungsstand - Anforderungen - Grenzen (Environmental Protection in the Steel Industry - State of Developments - Requirements - Limits)', *Stahl und Eisen* 107, Vol. Nr 11, 1987, s. 507-514.
- [109] Hein, M. et al, 'Umweltaspekte beim Nassloschen', *Fachtagung Kokereitechnik*, 2000, Essen.
- [110] Brouhon, Belgium comments on the first draft of the reviewed IS BREF, 2008.
- [111] Poth, 'Die Schlackengranulation des Hochofens Schwelgern mit einer OCP-Entwaesserung (The Slag Granulation of the Blast Furnace Schwelgern with OCP Dewatering)', *Stahl und Eisen* 105, 1985, s. 386-389.
- [112] Putz, 'Uebersicht ueber Dioxinemissionsquellen der Stahlindustrie unter besonderer Beruecksichtigung ihrer Sinteranlagen (Survey about the PCDD/F Sources in the Steel Industry with Special Consideration of Sinter Plants)', *12. Aachener Stahlkolloquium*, 1997.
- [113] Gidlund et al., Information about Swedish pelletisation plants, 2008.
- [114] Remus, Rainer, 'Mission report (Corus Ijmuiden, the Netherlands)', *Komunikacja własna*, 2008.
- [115] Walker, D.; Barkdoll, M., 'Cokemaking', *Cokemaking International*, Vol. 14 Nr1, 2002.
- [116] Rentz et al., Stoffstrommanagement in der Eisen- und Stahlindustrie (Material Flow Management in the Iron and Steel Industry), *E. Schmidt Verlag*, 1996.

- [117] Hoffmann, A. et al, 'Cokemaking', *Cokemaking International*, Vol. 13 Nr2, 2001.
- [118] *Rothery*, Desulphurisation of Coke Oven Gas by HSR Process, 1987.
- [119] *Sakuragi et al.*, Operation Results of the Exhaust Gas Recirculation System in Tobata Nr 3 Sinter Plant, *La Revue de Metallurgie - CIT*, 1995.
- [120] *Schiemann*, Untersuchungen des Sammelschrotts auf PCB-Quelen und Entwicklung geeigneter Vorbehandlungsmaßnahmen (Investigations of Collected Scrap on PCB Sources and Development of an Appropriate Pretreatment), 1995.
- [121] Hein, M., 'Cokemaking', *Cokemaking International*, Vol. 14 Nr1, 2002.
- [122] Scholz et al., 'The Formation of PCB on Fly Ash and Conversion to PCDD/PCDF', *Organohalogen Compounds* 31, 1997, s. 538-541.
- [123] *SHI*, A System for Waste Heat Recovery in Sintering Plant, 1987.
- [124] Arendt, P. et al, 'Konventioneller Horizontalkammerofen', *Stahl und Eisen* 126 Nr. 1, 2006.
- [125] *Smith*, New Concept in EAF Energy Saving Commissioned at Sheerness Steel, *I&SM*, 1992, s. 57-59.
- [126] *Spencer et al.*, Chem. and Eng. Technology 15, 1992.
- [127] Dr. Fleischanderl, Alexander, 'Improved dry-type gas cleaning process for the treatment of sinter offgas', *MPT International*, Vol. Nr 3 2006, 2006.
- [128] *Sporenberg*, Messprotokolle und Berichte über die Durchführung von Emissionsmessungen im Kamin der Sinteranlage sowie Nebenanlagen der EKO Stahl GmbH Eisenhüttenstadt, *Umweltschutz Messtechnik GmbH*, 2006.
- [129] *Stalherm et al.*, Design and Start-up of the Third Wide Chamber Coke-oven Battery at Prosper, West-Germany, 1990, s. 9-15.
- [130] *Stalherm et al.*, *Cokemaking and the Environment*, Steel Times International, 1995, s. 1922.
- [131] *Stat Stahl*, Statistisches Jahrbuch der Stahlindustrie 1996 (Statistical Yearbook of the Steel Industry 1996), 1997.
- [132] *Steeghs et al.*, High Injection Rates of Coal into the Blast Furnace, 1994.
- [133] *Stieglitz et al.*, Investigation of Precursors Reaction in the De-Novo Synthesis of PCDD/PCDF on Fly Ash, 1997, s. 1083-1090.
- [134] *Strohmeier et al.*, Steelworks Residues and the Waelz Kiln Treatment of Electric Arc Furnace Dust, 1996, s. 87-90.
- [135] Busink, R., 'Specific emissions to water from direct cooling at continuous casting', *Komunikacja własna*, 2009.
- [136] *Theobald*, Kreislaufführung von Hochofenwaschwasser (Recycling of Blast Furnace Gas Scrubbing Water), 1988.
- [137] *Theobald*, Ermittlung und Verminderung der Emissionen von halogenierten Dioxinen und Furanen aus thermischen Prozessen (Study of the Emissions of Polychlorinated Dibenzodioxins and -furans and Heavy Metals from Iron and Steel Plants), 1995.
- [138] *Theobald*, Hintergrundpapier zum Anhang 24 (Anforderungen an die Eisen- und Stahlindustrie) zur Rahmen-Abwasserverordnung nach § 7a Wasserhaushaltsgesetz (Background Paper for the Requirements in annex 24 (Requirements for Iron and Steel Industry) of the Waste water Rule According to Section 7a of the German Water Management Act), 1997.
- [139] *GfA Munster-Roxel*, Emissionen der Primorec S.A.in Differdange, Luxembourg, 2008.
- [140] Eurofer, Compilation of open issues according to the Member state comments and gaps of information on the review of the IS BREF draft, 2009.
- [141] *Ferry, M.*, Direct strip casting of metals and alloys, 2006.
- [142] *Hendricks, C.*, 'Strip casting technology - A revolution in the steel industry?', *MPT International*, Vol. Vol. 18 Nr 3, 1995.

- [143] UA-OO, 'Quecksilberemissionen aus Sinteranlagen (Mercury Emissions from a Sinter Plant)', *Komunikacja własna*, 1998.
- [144] UBA-BSW, Ermittlung und Verminderung der Emissionen von Dioxinen und Furanen aus thermischen Prozessen; Untersuchung der Zusammenhänge der Dioxin-/Furanemissionen in Abhängigkeit von Einsatzstoffen und Minderungstechniken bei Elektro-Lichtbogenöfen (Determination and Minimisation of PCDD/F Emissions from Thermal Processes, Investigation of the Effect of Electric Arc Furnace Input and Emission Control Techniques on the Formation of PCDD/F Emissions), *sponsored by the Federal Environmental Protection Agency of Germany, Berlin, 1996*.
- [145] UBA Comments, Comments on the draft 'Dutch Notes on Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the Production of Primary Iron and Steel', *Environmental Protection Agency of Germany (UBA), Berlin, 1997*.
- [146] Schaperkötter, M. et al., Energieeinsparung, CO₂-Emissionsminderung und Ressourcenschonung bei der Herstellung und Anwendung von (hochfesten und duktilen) HSD-Stählen, *BMBF, 2009*.
- [147] UK EAF, Chief Inspector's Guidance to Inspectors - Process Guidance Note IPR 2/3, 1994.
- [148] UK Coke, Chief Inspector's Guidance Note, Series 2 (S2) - Processes Subject to Integrated Pollution Control, 1995.
- [149] Kemper, G., 'State of the Art in Continuous Casting Technology', *Stahl 2008*, 2008, Düsseldorf.
- [150] Bakker, Wim, Dutch comments on the first draft of the reviewed IS BREF, 2008.
- [151] TUV Sud Industrie Service GmbH, Emissionsmessungen an diffusen Quellen im Oxygenstahlwerk 1; hier:Dachreitern der Mischerhalle und über den Konvertern bei Thyssen Krupp Stahl AG Duisburg-Bruckhausen, 2005.
- [152] Ullmann's, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 5. edition Steel, *VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, 1994*.
- [153] UN-ECE, The Recuperation and Economic Utilization of By-products of the Iron and Steel Industry, *United Nations, Economic Commission for Europe CH-Geneve, 1990*.
- [154] UN-ECE, "By-Product Utilization from Stationary Installations" - Status Report, Austrian Federal Ministry of the Environment, A-Vienna, 1996.
- [155] UN-ECE Pops, Long-range Transboundary Air Pollution, United Nations/Economic Commission for Europe, 1997.
- [156] Coke oven manager association, List of UK and European Coal and Coke Works, 2008.
- [157] Thompson, P. et al., Process related pattern in dioxin emissions: a simplified assessment procedure applied to coke combustion in sinter plant, *sciencedirect, 2003*.
- [158] Dr. Ameling, D., 'Steel - Innovative solutions for energy and resource challenges', *8th International Arab Iron and Steel Conference, 2008, Doha-Qatar*.
- [159] VAI, 'Successful Application of the Top-layer-sintering Process for Recycling of Ferrous Residuals Contaminated with Organic Substances', *56th Ironmaking Conference, 1997, US-Chicago on April 13-16*.
- [160] IEA Clean Coal Centre, Use of PCI in blast furnaces, 2006.
- [161] Vos, 'Environmental Control at Hoogovens IJmuiden Coke Oven Plant', *European Symposium on Environmental Control in Steel Industry, 1995, Praha*.
- [162] Voss-Spilker et al., 'Emission Prevention and Energy Saving in Electric Arc Furnaces by the Fuchs Shaft Furnace Technology', *Steel and the Environment in the 21st Century, 1996, UK-London on April 2-3*.
- [163] Infomil, Range of achieved emission concentrations applying Arsenic removal in a pelletisation plant, 2009.

- [164] Weiss, 'Minderung der PCDD/PCDF-Emissionen an einer Eisenerzsinteranlage (Reduction of PCDD/F Emissions from a Iron Ore Sinter Plant)', *VDI-Colloquium "Dioxins - Occurrence, Reduction, Monitoring"*, 1996, D-Fulda on October 29-30.
- [165] VDI/DIN, VDI 3790 part 3 Environmental meteorology - Emission of gases, odours and dusts from diffuse sources - Storage, transshipment and transportation of bulk materials, 1999.
- [166] Lundqvist, A., 'Operational data from the plants located in MalMBERGET and Kiruna, Sweden', *Komunikacja własna*, 2009.
- [167] Werner, *Control of Organic Micropollutants from the EAF*, International Iron and Steel Institute, 1997, s. 247-255.
- [168] WE, BREF on Large Volume Inorganic Chemicals - Solids and Others (LVIC-S), 2007.
- [169] LKAB, Okad pelletskapacitet i Karuna - Teknisk beskrivning, 2004.
- [170] N.N., 'Chimie industrielle: Proposition de facteurs d'emission por la siderurgie wallonne; chargement du haut fourneau (SNAP 040202)', *Komunikacja własna*, 1997.
- [171] N.N., EIE relative a une demande de permis d'environnement. Redemarrage du haut fourneau No.6 de Seraing. ArcelorMittal, *SGA Belgium S.A.*, 2007.
- [172] Fandrich et al., 'Actual review on secondary metallurgy', *La Revue de Metallurgie - CIT*, 2008, s. 364 - 374.
- [173] UBA-Germany, Data for waste water treatment in a coking plant, 2005.
- [174] Euroslag, *Legal Staus of Slags - Position Paper*, The European Slag Association, 2006.
- [175] Eurofer, Contribution to the second revised IS BREF draft July 2009, 2009.
- [176] EPA, Miscellaneous Sources, AP 42, 2009.
- [177] Eurofer, Comments on the second revised IS BREF draft from July 2009, 2009.
- [178] N.N., Untersuchung einer Abwasserprobe der BSW Kehl, 2008.
- [179] Metz et al., IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage. Prpared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change, *Cambridge University Press*, 2005.
- [180] N.N., CO₂ Capture and Storage - A key carbon abatement option, *IEA International Energy Agency*, 2008.
- [181] Vangkilde-Pedersen et al., Towards Hydrogen and Electricity Production with Carbon Capture and Storage, 2007.
- [182] Infomil, 'Infomil contribution on BOF emissions at Corus IJmuiden', *Komunikacja własna*, 2009.
- [183] Weiss, Massnahmen zur Verbesserung der Entstaubung einer Eisenerzsinteranlage mit nach folgenden Untersuchungen zur Minderung der PCDD/PCDF-Emissionen, *Stahlwerke Bremen*, 1998.
- [184] Unia Europejska, Commission staff working document - updated sectoral overview, 2009.
- [185] WE, Reference Document on Economics and Cross-Media Effects (ECM), 2006.
- [186] Sowa et al., 'Advanced Technologies for Desulphurisation of Coke Oven Gas', *COG Desulphurisation ICC 2009 Ranchi*, 2009, Ranchi, India.
- [187] TUV SUD, Bericht uber die Durchfuehrung von Emissionsmessungen zur Ermittlung der Konzentrationen an polychlorierten Dibenzo-Dioxinen und Furanen (PCDD/F) im gereinigten Abgas der Sinterbander 2, 3 und 4 einer Sinteranlage der ThyssenKrupp Steel AG, 2007.
- [188] Komisja Europejska, BREF on Ferrous Metals Processing Industry, 2001.
- [189] N.N., 'Data from the Emission register', *Komunikacja własna*, 2008.
- [190] Eurofer, 'Sinter plant ArcelorMittal Bremen, Dust Emission 1999 to 2009', *Komunikacja własna*, 2010.

- [191] Infomil, 'Infomil Contribution on EAF emissions in the Netherlands', *Komunikacja własna*, 2010.
- [192] Schluter, 'Hydro-Hybrid Filter for BOF gas cleaning', *Komunikacja własna*, 2009.
- [193] Voestalpine Linz, *Emissionsmessungen Sinterband 5 - Reingas Quecksilber - , 2010.*
- [194] Leroy et al, *New abatement techniques of the atmospheric emissions of large sinter plant*, 2007.
- [195] Werner, 'Data about the utilisation of EAF slags in 2008', *Komunikacja własna*, 2010.
- [196] Josis, 'New data for the biological waste water treatment plant at Sidmar and Seremange', *Komunikacja własna*, 2010.
- [197] Jost, 'New data for the biological waste water treatment plant at Dillingen', *Komunikacja własna*, 2010.
- [198] Mensink, C. et al, 'Source Analysis and Emission Abatement Measures for PM10 Hot spot Regions in Flanders', *11th conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes*, 2007, Cambridge.
- [199] Mark et al., 'Port Talbot PM 10: A Study into industrial source identification, reduction and improvement', *IUAPPA- 17th EFCA conference*, 2006, Lille, France.
- [200] KE, *BREF on the Production of Iron and Steel*, European Commission, Sevilla, 2001.
- [201] Colin et al., *Amelioration de la stabilite de fonctionnement et des performances des stations d'epuration biologique d'effluents de cokerie, Cinquieme Programme de Recherches, CECA, 2003, s. 8.*
- [202] USEPA, *Development Document for Final Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Iron and Steel Manufacturing Point Source Category, USA Environmental Protection Agency, 2002, s. 12.*
- [203] Liszlo et al., 'Design and first operational experience of the Pressure Regulated Oven System (Proven) at the coke plant 'Schwelgern'', *2nd International Meeting on Ironmaking - 1st International Symposium on Iron ore*, 2004, Vitoria, Espirito Santo, Brazil.
- [204] Neuwirth et al., 'State-of-the-art plant technology for cokemaking', *MPT International*, Vol. 5, No 2003, 2003, s. 38-48.
- [205] Cleary et al., 'Coke production and demand today and tomorrow - face up to the reality?', *Stahl und eisen*, Vol. 125 (2005) Nr.1, 2005, s. 17-27.
- [206] Diemer et al., 'Potentials for utilisation of coke oven gas in integrated iron and steel works', *Stahl und eisen*, Vol. 124 (2004) Nr. 7, 2004, s. 21-30.
- [207] Ameling et al., 'The coke scenario of the German and EU15 steel industry', *Stahl und eisen*, Vol. 124 Nr.9, 2004, s. 25-34.
- [208] Lindfors et al., *BAT examples from the Nordic iron and steel industry*, Nordic Council of Ministers. Norden, 2006, s. 156.
- [209] KE, *Preparatory work for new dioxin measurement requirements for the European metal industry. Final report, KE, 2005, s. 151.*
- [210] Brouhon, 'Comments of EUROFER to the Stockholm Convention on POPs', *Komunikacja własna*, 2006.
- [211] Remus, Rainer, *Mission report Voestalpine Linz and Donawitz*, 2008.
- [212] KE CLM BREF, *Reference Document on Best Available Techniques in the Cement, Lime and Magnesium Oxide Manufacturing Industries (CLM BREF)*, 2009.
- [213] Bittner et al., 'Chemistry of intermediate species in the rich combustion of benzene', 1983, s. 95-125.
- [214] Richter et al., 'Formation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and their radicals in a nearly sooting premixed benzene flame', *Proceedings of the Combustion Institute*, Vol. 28, 2000, s. 2609-2617.

- [215] BSS, Air Quality. Several case studies, 2007, s. 26-32.
- [216] *sniffers et al.*, Technical description of fugitive emission monitoring & management, *The Sniffers nv/sa*, 2006, s. 18.
- [217] Siemens-vai, *Sinter solutions*, Siemens-vai, 2006, s. 14.
- [218] Dong et al., 'A multistage approach to the cohort analysis of lifetime lung cancer risk among steelworkers exposed to coke oven emissions', *American Journal of Epidemiology*, Vol. Vol. 128, Nr 4, 1988, s. 860-873.
- [219] Van den Berg et al., 'Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for Humans and Wildlife', *Environmental Health Perspectives*, Vol. 106, No 12, 1998, s. 21.
- [220] Eurofer, 'Comments from Eurofer on the Iron and Steel BREF first draft', *Komunikacja własna*, 2008.
- [221] *Thomas et al.*, Blast furnace tuyere injection of iron and steelmaking by-products, 2002, s. 116.
- [222] *Janhsen et al.*, Coke quality for blast furnace operation with high levels of coal/oil injection, 2002, s. 205.
- [223] USEPA, Emission Factor Documentation for AP-42. Section 12.2. Coke production. Draft July 2001, *U.S. Environmental Protection Agency*, 2001, s. 313.
- [224] *Xhrouet*, Contribution a l'etude d'une technique de reduction de la formation des dioxines dans le procede d'agglomeration des mineraux de fer, *Universite de Liege. Faculte des Sciences Appliquees*, 2002.
- [225] *Brouhon*, Emissions from French coke ovens. Focus on PAH and Dioxins, 2006.
- [226] EEA, Emission Inventory Guidebook. CORINAIR. Solid Fuel Transformation Plants. Emission Factors of sub-processes of coke production, *US Environmental Protection Agency*, 1999, s. 1.
- [227] *Bank Światowy*, Coke Manufacturing. Pollution Prevention and Abatement Handbook, *The World Bank Group and UNEP*, 1998, s. 286-290.
- [228] UNEP, Standardized toolkit for identification and quantification of Dioxin and Furan releases, *Program Środowiskowy ONZ*, 2001, s. 51-52.
- [229] Green, 'Emission report for an Australian Iron and Steel installation', *Komunikacja własna*, 2004.
- [230] *Brouhon et al.*, *Control of the PCDD/Fs generation at the Sinter plant*, CRM, Grupowy program badawczy 1999-2000, 2001, s. 23.
- [231] *Xhrouet et al.*, 'Amines compounds as inhibitors of PCDD/Fs de Novo Formation on Sintering Process fly ash', *Environmental Science Technology*, Vol. 36, 2002, s. 2760-2765.
- [232] *Brouhon et al.*, *Traitement Chimique de Destruction specifique des cyanures*, *CEBEDEAU- CRM*, 1990, s. 50.
- [233] *Poos et al.*, *Etude des emissions de cyanures au haut-fourneau en marche journaliere et en descente des charges*, *CCE*, 1993, s. 50.
- [234] *Polska*, Emission data from Polish iron and steel plants, 2007, s. 18.
- [235] *Ailor*, Principal environmental issues facing the U.S. coke industry in 1999 and beyond, 1999, s. 40.
- [236] Niemcy, *TA Luft 2002*, 2002, s. 6.
- [237] USEPA, Risk Assessment Document for Coke Oven MACT Residual Risk, *USEPA*, 2003, s. 269.
- [238] *Janke et al.*, *Verwertung von olkontaminierten Walzzunderschlammen un Shreddermull uber Hochofen*, *DBU*, 1997, s. 119.
- [239] *Setterstig*, *Dioxin removal by the ADIOX technology*, *Gotaverken Miljo AB*, 2006, s. 22.

- [240] *UKEA, IPPC. Guidance for the Production of Coke, Iron and Steel, UK environmental agency, 2004, s. 185.*
- [241] *Polska, Technical information on Polish iron and steel plants, 2007, s. 8.*
- [242] *Caughlin, UK comments to the I&S BREF, UK Environmental Agency, 2007, s. 8.*
- [243] *Eurofer, Revision of solid residues/by-products of the I&S BREF, 2007, s. 3.*
- [244] *Plickert, Performance values of iron and steel plants in Germany, UBA, 2007, s. 6.*
- [245] *Kuhn et al., Chrome immobilisation in EAF slags from high-alloy steelmaking: development of a slag treatment process, 2004, s. 97.*
- [246] *KE, Iron and Steel - a materials system analysis, European Environment Agency, 2005, s. 90.*
- [247] *Holandia, Comments from the Netherlands to some information provided by Eurofer, 2007, s. 2.*
- [248] *Eurofer, Response from Eurofer to the comments from the Netherlands, Eurofer, 2007.*
- [249] *Holandia, Contribution from the Netherlands to the revision of the I&S BREF, 2007, s. 8.*
- [250] *KE, European Steel Technology Platform, ESTEP, 2006.*
- [251] *Eurofer, Comments from Eurofer to the contribution from the Netherlands, 2007, s. 3.*
- [252] *Francja, Contribution from France to the revision of the I&S BREF, 2007, s. 5.*
- [253] *I CSTI' 06, 'The 4th International Congress on the Science and Technology of Ironmaking', The 4th International Congress on the Science and Technology of Ironmaking, 2006, Osaka, Japan.*
- [254] *Eurofer, Comments from Eurofer to the contribution from France, 2007, s. 2.*
- [255] *Kasai et al., 'Effect of additives on the dioxins emissions in the iron ore sintering process', ISIJ international, Vol. Vol 41, No 1, 2001, s. 93-97.*
- [256] *Kasai et al., 'Behavior of dioxins in the sintering process of iron ores', Tetsu-to-Hagane, Vol. Vol. 87, Nr 5, 2001, s. 24-33.*
- [257] *Kawaguchi et al., 'Behaviour of trace chlorine in sintering bet and its effect on dioxins concentration in exhaust gas of iron ore sintering', Tetsu-to-Hagane, Vol. Vol. 88, Nr2, 2002, s. 9-15.*
- [258] *Kuzuhara et al., 'Formation of PCDD/Fs during oxidation of carbonaceous materials at low temperatures', Tetsu-to-Hagane, Vol. Vol. 89, Nr 8, 2003, s. 1-8.*
- [259] *Kasama et al., 'Investigation on the dioxin emission from a commercial sintering plant', ISIJ International, Vol. Vol. 46, Nr 7, 2006, s. 1014-1019.*
- [260] *Niemcy, Contribution from Germany to the revision of the I&S BREF, 2007, s. 10.*
- [261] *Kasama et al., 'Analysis of exhaust gas visibility in iron ore sintering plant', ISIJ international, Vol. Vol. 46, Nr 7, 2006, s. 1027-1032.*
- [262] *Putz et al., Untersuchungsergebnisse uber Moglichkeiten zur primarseitigen Dioxinminderung bei der Eisenerzsinterung, VDI Berichte, 1996, s. 249-268.*
- [263] *Kasai et al., 'Macroscopic behaviours of dioxins in the iron ore sintering plants', ISIJ international, Vol. Vol. 41, Nr 1, 2001, s. 86-92.*
- [264] *Niemcy, Dust emission from CSQ wet quenching tower, 2007, s. 1.*
- [265] *Tan et al., 'Study on polychlorinated dibenzo-p-dioxin/furan formation in iron ore sintering process', Metallurgical and materials transactions B, Vol. Vol 35B, 2004, s. 983-991.*
- [266] *Kawaguchi et al., 'Promoter material and inhibitor material for dioxins formation in sintering process', Tetsu-to-Hagane, Vol. Vol. 88, Nr 7, 2002, s. 12-19.*
- [267] *Kawaguchi et al., Effect of properties of solid fuel on dioxin concentration of the exhaust gas in the iron ore sintering process, Tetsu-to-Hagane, 2002, s. 20-27.*
- [268] *SHI, Gas cleaning system using activated char, 2006, s. 15.*
- [269] *Niemcy, Coke transport by pipe conveyors, 2007, s. 1.*

- [270] Reynard, *Slags from iron and steel production*, End-of-Waste Project. Aggregates case study, 2007, s. 20.
- [271] Luo, The end of waste criteria. A case study on scrap metal, *End of Waste criteria*. 23/3/07, 2007, s. 24.
- [272] Niemcy, Nitrification-denitrification concept in the biological treatment plant for coke oven waste water, 2007, s. 5.
- [273] Eurofer, Comments from Eurofer to the information provided by Germany, 2007, s. 5.
- [274] Eurofer et al., *Zinc coated steel*, Association of Eurofer, IZA-Europe and EGGA association, 1999, s. 24.
- [275] Kobelco, Environmental sustainability report 2005, 2005.
- [276] Wlochy, Contribution from Italy to the revision of the I&S BREF, 2007, s. 14.
- [277] Wiesenberger, Review of the BREF Iron and Steel Production - Austrian Comments, UBA, 2007, s. 35.
- [278] J-P.Birat et al., Quality of heavy market scrap: development of new and simple methods for quality assessment and quality improvement, 2002, s. 139.
- [279] IISI, The Steel Industry. Industry sector report for the United Nations World Summit on Sustainable Development, IISI, 2002, s. 55.
- [280] Aguado-Monsonet, 'Visits to Iron and Steel plants', *Komunikacja własna*, 2007.
- [281] Eurofer, Contribution to the Energy Management section, 2007, s. 11.
- [282] KE, BREF on Large Combustion Plants (LCP), 2006.
- [283] KE, BREF on Emissions from Storage (EFS), 2006.
- [284] KE, BREF on Non-Ferrous Metal processes, 2001.
- [285] KE, BREF on Waste Incineration (WI), 2006.
- [286] Stahl, Statistisches Jahrbuch der Stahlindustrie 2009-2010, *Stahleisen-Verlag*, 2008.
- [287] MVAE, 'International conference on Clean Technologies in the Steel industry', *International conference on Clean Technologies in the Steel industry*, Tardy, 2005, Balatonfured (Hungary).
- [288] I A, Projecto "Emissões para a atmosfera no sector da transformação de metais com processos metalúrgicos, e sua aplicação ao contexto nacional" (Air emissions from metal industry in Portugal), *Ministerio do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional*, 2006, s. 177.
- [289] KE, Community implementation plan for the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, *KE*, 2007, s. 92.
- [290] Nippon Steel Engineering Co., 'Comments on Coke Dry Quenching', *Komunikacja własna*, 2008.
- [291] KE, *Panorama of the European Union*, Eurostat, 2006, s. 162.
- [292] DGENTR, Possible developments in the structure of the EU and World steel industries, *Commission*, 2007, s. 11.
- [293] DGENTR, *Overview of the EU Steel sector*, DGENTR, 2007, s. 16.
- [294] Fleischanderl, MEROS - An improved dry-type gas-cleaning process for the treatment of sinter offgas, *The Revue de Metallurgie - CIT*, 2006, s. 481-486.
- [295] Hartig et al., *Cleaning of sinter waste gases. State of the art*, *La Revue de la Metallurgie- CIT*, 2006, s. 258-265.
- [296] Leroy et al., 'Treatment of sinter plant flue gas', *DustConf 2007*, 2007.
- [297] Hekkema et al., *H2S-noodwasinstallatie*, Corus and Tebodin, 2004, s. 20.
- [298] Fleischanderl, *Scrubbed clean. Meros*, *Metals & mining*, 2006, s. 38-39.
- [299] Eurofer, Contemporary data across all European plants, *Eurofer*, 2007, s. 4.
- [300] Eurofer, General review of Sintering section of BREF, *Eurofer*, 2007, s. 22.
- [301] Eurofer, Update technique continuous and undisturbed sinter plant operation to minimise emissions, *Eurofer*, 2007, s. 2.

- [302] *Eurofer*, Update technique Use of residues in the sinter plant, *Eurofer*, 2007, s. 2.
- [303] *Eurofer*, Update technique lowering the content of volatile hydrocarbons in the sinter feed, *Eurofer*, 2007, s. 3.
- [304] *Eurofer*, Update technique lowering the sulphur content of the sinter feed, *Eurofer*, 2007, s. 2.
- [305] *Eurofer*, Update technique Heat recovery from sintering and sinter cooling, *Eurofer*, 2007, s. 4.
- [306] *Eurofer*, Update technique suppression of dioxin formation by addition of urea, *Eurofer*, 2007, s. 3.
- [307] *Eurofer*, Update technique partial waste gas recycling, *Eurofer*, 2007, s. 10.
- [308] *Eurofer*, Update electrostatic precipitator, *Eurofer*, 2007, s. 5.
- [309] *Eurofer*, Update technique on fabric filters, *Eurofer*, 2007, s. 6.
- [310] *Eurofer*, Update information on cyclones, *Eurofer*, 2007, s. 2.
- [311] *Eurofer*, Update fine wet scrubber, *Eurofer*, 2007, s. 5.
- [312] Dr. Michael Degner et al., *Steel Manual*, Steel Institute VDEh, Dusseldorf, 2008.
- [313] *Eurofer*, Update wet desulphurisation, *Eurofer*, 2007, s. 4.
- [314] *Eurofer*, Update technique regenerative activated carbon, *Eurofer*, 2007.
- [315] Van den Berg., et al, Project for the re-evaluation of human and mammalin toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds, 2006.
- [316] *Eurofer*, 'Water and Waste Waster Management in Integrated Steelworks', *Komunikacja własna*, 2009.
- [317] Endemann, G. et al, 'Dust, scale and sludge generation and utilisation in German steelworks', *Stahl und Eisen*, Vol. 126 Nr. 9, 2006.
- [318] *Eurofer*, Review of the pelletisation chapter, *Eurofer*, 2007, s. 21.
- [319] *Eurofer*, Cold briquetting in pelletisation plants, *Eurofer*, 2007, s. 2.
- [320] *Eurofer*, Review of coke oven plants chapter, 2007, s. 62.
- [321] *Eurofer*, Review of coke handling and screening, 2007, s. 1.
- [322] *Eurofer*, Review of collection and treatment of COG with recoveryof by-products, 2007.
- [323] *Eurofer*, Review of Mass stream overview of coke ovens, 2007.
- [324] *Eurofer*, Review of input/output data from coke oven plants in EU, 2007, s. 1.
- [325] *Eurofer*, Review of quantities of emissions to water from coke ovens, 2007, s. 1.
- [326] Buchwalder, J. et al, 'Verminderung der Staubemissionen an der Sinteranlage von ArcelorMittal Eisenhüttenstadt', *Stahl und Eisen*, Vol. 126 Nr. 9, 2008.
- [327] *Eurofer*, Review of waste water from wet oxidation desulphurisation process from coke ovens, 2007, s. 1.
- [328] *Eurofer*, Review of energy demand in coke ovens, 2007, s. 1.
- [329] *Eurofer*, New information on Pressure regulation in coke ovens, 2007, s. 2.
- [330] *Eurofer*, Review of maintenance of coke ovens, 2007, s. 1.
- [331] *Eurofer*, Review of improvement of oven door and frame seals, 2007, s. 1.
- [332] *Eurofer*, Review of cleaning of oven doors and frame seals, 2007, s. 1.
- [333] *Eurofer*, Review of emission reduction at coke oven firing, 2007, s. 2.
- [334] *Eurofer*, Review of quenching techniques for coke, 2007, s. 3.
- [335] *Eurofer*, Review of section on larger coke oven chambers, 2007, s. 2.
- [336] *Eurofer*, Review of non-recovery coking, 2007, s. 3.
- [337] *Eurofer*, Review of minimising oven charging emissions, 2007, s. 2.
- [338] *Eurofer*, Review section on minimising leakage between coke oven chamber and heating chamber, 2007, s. 1.
- [339] *Eurofer*, Review DeNOx of waste gas from coke oven firing, 2007, s. 1.
- [340] *Eurofer*, Review of removing tar from the coal water in coke ovens, 2007, s. 1.

- [341] *Eurofer*, Review of waste water treatment plant, 2007, s. 4.
- [342] *GWAA Bremen*, Messberichte: Emissionsmessungen im Abgas vor und nach Eisenerzsinteranlage, 2005.
- [343] *Eurofer*, Review of emerging techniques in the coke ovens, 2007, s. 4.
- [344] *Eurofer*, Review blast furnace chapter, 2007, s. 20.
- [345] n.n., 'Euroslag Proceedings of the 3rd European Slag Conference', *Euroslag Proceedings of the 3rd European Slag Conference*, 2002, Nottingham.
- [346] *Eurofer*, Review input/output tables of blast furnace chapter, 2007.
- [347] *Eurofer*, Review blast furnace slag processing, 2007, s. 5.
- [348] *Eurofer*, Review of technique direct injection of reducing agents in blast furnaces, 2007, s. 5.
- [349] *Eurofer*, New technique on direct injection in blast furnaces of used oils, fats and emulsions as reducing agents and of solid iron residues, 2007, s. 3.
- [350] *Eurofer*, Review of top gas pressure energy recovery in blast furnaces, 2007, s. 2.
- [351] *Eurofer*, Review technique on use of tar-free runner linings in blast furnaces, 2007, s. 2.
- [352] *Eurofer*, Review technique on blast furnace gas treatment, 2007, s. 3.
- [353] *Eurofer*, Review of technique on de-dusting of tapholes and runners and fume suppression during casting in blast furnaces, 2007, s. 3.
- [354] *Eurofer*, Review technique condensation of fume slag processing in blast furnaces, 2007, s. 2.
- [355] *Plickert*, Retrofitting the Waste Gas exhaustion system (2005-2007). First measurement results on dust and PCDD/PCDF emission, 2007, s. 12.
- [356] *Eurofer*, Review of the emerging technique section of the blast furnace chapter, 2007, s. 3.
- [357] *Niemcy*, Data for the review of table on pollutants load of waste water from blast furnace slag granulation, 2007, s. 1.
- [358] *Niemcy*, Review of the table on pollutant load of waste water discharged from blast furnace gas scrubbing water, 2007, s. 1.
- [359] *Holandia*, Permit rule for an oxygen steel plant for roof emissions, 2007, s. 1.
- [360] Sick-Maihak, 'FW300 Laser transmissiometer. Precise and instant measurement in harsh conditions', 2006, s. 2.
- [361] Sigmund, 'Fine dust - a challenge for Voestalpine', 2007, s. 13.
- [362] *Niemcy*, Wastewater from continuous casting, 2007, s. 1.
- [363] *Eurofer*, Review of the Chapter on Basic oxygen steel making and casting (1), 2007, s. 73.
- [364] Fuchs, G., 'New Energy Saving Electric Arc Furnace Design', 2008.
- [365] *Eurofer*, Eurofer comments on tables and figures of Chapter 8. BOF and continuous casting, 2007, s. 12.
- [366] Dornseiffer et al., *Air and Noise Protection in Steelmaking Electric Arc Furnace in Luxembourg*, Ministere de l'environnement in Luxembourg, 2007, s. 10.
- [367] Prum et al., 'Reducing dioxin emissions in electric steel mills', *MPT international*, Vol. 1, No 2005, 2005, s. 36-42.
- [368] Prum et al., 'Verringerung der dioxinmission bei elektrostahlwerken (Reducing dioxin emissions in electric steel mills)', *stahl und eisen*, Vol. 124 (2004) Nr. 10, 2004, s. 61-67.
- [369] *Eurofer*, Material flow stainless steel meltshop, 2007, s. 1.
- [370] Oberg, 'Emissions of persistent organic pollutants from Swedish steel mills', 2007, s. 6.
- [371] *Eurofer*, Update input/output data for electric arc furnaces, *Eurofer*, 2007, s. 1.
- [372] Czech TWG member, Czech Republik comments on the first draft of the reviewed IS BREF, 2008.

- [373] *Eurofer*, Review of the EAF chapter of the current BREF, *Eurofer*, 2007, s. 42.
- [374] Eisen, H.-P. et al, 'Construction of the exhaust recycling facilities at a sintering plant', *Stahl und Eisen*, Vol. 124 Nr. 5, 2004.
- [375] *IISI*, Energy Use in the Steel industry, 1998, s. 120.
- [376] *Eurofer*, Review of dust composition from EAF, 2007, s. 1.
- [377] Heidenreich et al., 'Catalytic filter elements for combined particle separation and nitrogen oxides removal from gas streams', 2007, s. 9.
- [378] *Eurofer*, ULCOS project. CO₂ and air emissions, *Eurofer*, 2007, s. 5.
- [379] Corus IJmuiden, Biological Treatment Plant - Corus IJmuiden, 2010.
- [380] *Voestalpine Linz*, Emission measurement pure gas sinter belt 5 - hydrogen cyanide content, *Voestalpine Linz*, 2008.
- [381] Pall, 'Pall gas solid separation systems', 2006, s. 16.
- [382] Linz, 'Emission data for the sinter plant provided for the Voestalpine steelworks in Linz for the year 2008 and 2009', *Komunikacja własna*, 2008.
- [383] *EIPPCB*, Alternative techniques for Iron and steel production, 2006, s. 6.
- [384] *Max-Planck-Institut et al.*, The formation and prevention of scale during twin roller strip casting, 2002, s. 131.
- [385] *Malmberg et al.*, Online slag analysis utilising contact-free microwave technology, 2005, s. 71.
- [386] *Cores et al.*, Efficient utilisation of raw materials used in secondary steelmaking as flux in steelmaking furnaces, 2005, s. 89.
- [387] *Fisher et al.*, Influence of sinter mix materials on the environmental impact of high productivity iron ore sintering, 2005, s. 101.
- [388] *Fisher et al.*, Effects of operational factors on the formation of toxic organic micropollutants in EAF steelmaking, 2005, s. 154.
- [389] *Briggs et al.*, Reductions in dust and gaseous emissions from sinter strands, 2004, s. 166.
- [390] *Atkinson et al.*, Injectant coal gasification, char formation and char utilisation at high injection rates, 2004, s. 193.
- [391] *Tavernier et al.*, Foaming of the slag and recycling of stainless steel dusts by injection into the electric arc furnace for stainless steels, 2004, s. 92.
- [392] *Schmidt et al.*, Optimised blast furnace slag water quenching with sulphur compounds control, 2003, s. 149.
- [393] Turpin et al., 'Effects of flattening the stockpile crest and of the presence of buildings on dust emissions from industrial open storage systems', *XVIIth International Conference of Modelling, Monitoring and Management of Air Pollution*, 2009.
- [394] *Colletta et al.*, High-purity zinc and ferroalloy recovery from EAF dusts through a combined pyro-metallurgical treatment, 2002, s. 76.
- [395] Badr et al., 'Effect of aggregate storage piles configuration on dust emissions', *Atmospheric Environment*, Vol. Vol. 41, 2007, s. 360 - 368.
- [396] Rozp. 1221/, Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1221/2009 z dnia 25 listopada 2009 r. w sprawie dobrowolnego udziału organizacji w systemie ekzarządzania i audytu we Wspólnocie (EMAS), uchylające rozporządzenie (WE) nr 761/2001 oraz decyzje Komisji 2001/681/WE i 2006/193/WE
- [397] DG Środowisko, What is EMAS? http://ec.europa.eu/environment/emas/index_en.htm, 2010.
- [398] ISO, ISO 14001: 2004 http://www.iso.org/iso/iso_14000_essentials.htm, 2004.

GLOSARIUSZ

Niniejszy glosariusz ma na celu ułatwienie zrozumienia informacji zawartych w dokumencie referencyjnym BAT. 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 referencyjny BAT.

Glosariusz podzielony jest na następujące części:

- I. Informacje ogólne
- II. Jednostki monetarne
- III. Kody ISO państw
- IV. Prefiksy jednostek
- V. Jednostki
- VI. Pierwiastki chemiczne
- VII. Skrót i definicje techniczne

I. Informacje ogólne

WYRAŻANIE EMISJI

W niniejszym dokumencie referencyjnym BAT emisje do powietrza wyrażono jako:

- masę wyemitowanych substancji na objętość gazu odlotowego w warunkach normalnych (273,15 K, 101,3 kPa) po odliczeniu zawartości pary wodnej, wyrażoną w g/Nm^3 , mg/Nm^3 , $\mu\text{g/Nm}^3$ lub ng/Nm^3 , albo jako
- masę substancji emitowanej w jednostce czasu, wyrażaną w kg/h i g/h , albo jako
- masę wyemitowanych substancji na jednostkę masy produktów wytworzonych lub przetworzonych (wskaźniki zużycia lub emisji), wyrażoną w kg/t , g/t , mg/t , $\mu\text{g/t}$ lub ng/t ;

natomiast emisje do wody wyraża się jako:

- masę wyemitowanych substancji na objętość ścieków, wyrażoną w g/l , mg/l lub $\mu\text{g/l}$.

II. Jednostki monetarne

Kod ⁽¹⁾	Państwo/terytorium	Waluta
Waluty państw członkowskich		
EUR	Strefa euro ⁽²⁾	euro
ECU	europejska jednostka walutowa	ECU (zastąpione przez EUR)
GBP	Zjednoczone Królestwo	funt szterling
Inne waluty		
USD	Stany Zjednoczone Ameryki ⁽³⁾	dolar amerykański

⁽¹⁾ Kody ISO 4217.

⁽²⁾ Obejmuje Austrię, Belgię, Cypr, Estonię, Finlandię, Francję, Grecję, Hiszpanię, Holandię, Irlandię, Luksemburg, Maltę, Niemcy, Portugalie, Słowację, Słowenię i Włochy.

⁽³⁾ Obejmuje również Samoa Amerykańskie, Brytyjskie Wyspy Dziewicze, Timor Wschodni, Ekwador, Guam, Wyspy Marshalla, Mikronezję, Mariany Północne, Palau, Puerto Rico, Turks i Caicos, Dalekie Wyspy Mniejsze Stanów Zjednoczonych i Wyspy Dziewicze Stanów Zjednoczonych.

III. Kody ISO państw

Kod ISO	Państwo
Państwa członkowskie (*)	

BE	Belgia
DK	Dania
DE	Niemcy
ES	Hiszpania
FR	Francja
LU	Luksemburg
NL	Holandia
AT	Austria
SE	Słowenia
SK	Słowacja
FI	Finlandia
UK	Zjednoczone Królestwo
Państwa niebędące członkami	
US	Stany Zjednoczone

(*) Kolejność protokolarna państw członkowskich oparta jest na porządku alfabetycznym ich nazw geograficznych w języku oryginalnym (językach oryginalnych).

IV. Prefiksy jednostek

Symbol	Prefiks	Mnożnik	Liczba
T	tera	10^{12}	1 000 000 000 000
G	giga	10^9	1 000 000 000
M	mega	10^6	1 000 000
k	kilo	10^3	1000
h	hekto	10^2	100
da	deka	10^1	10
-----	-----	1 unit	1
d	decy	10^{-1}	0,1
c	centy	10^{-2}	0,01
m	mili	10^{-3}	0,001
μ	mikro	10^{-6}	0,000 001
n	nano	10^{-9}	0,000 000 001

V. Jednostki

Termin	Znaczenie
kWh	kilowatogodzina
miliard	tysiąc milionów (10^9)
°C	stopień Celsjusza
cm	centymetr
d	dzień
g	gram
GWh	gigawatogodzina
h	godzina
hPa	hektopaskal
J	dżul
K	kelwin ($0\text{ °C} = 273,15\text{ K}$)
kcal	kilokaloria ($1\text{ kcal} = 4,19\text{ kJ}$)
kW	kilowat

Termin	Znaczenie
kWh	kilowatogodzina (1 kWh = 3,6 MJ)
l	litr
m	metr
Mt	megatona
MW _e	megawat energii elektrycznej
MW	megawat
Nm ³	metr sześcienny normalny (w 101,325 kPa, 273 K)
ppb	części na miliard (1 ppb = 10 ⁻⁹)
ppm	części na milion (1 ppm = 10 ⁻⁶)
ppmv	części na milion (objętościowo)
s	sekunda
t	tona metryczna (1000 kg lub 10 ⁶ g)
t/d	tony dziennie
bilion	milion milionów (10 ¹²)
t/rok	tony rocznie
vol-%	procent objętościowy
wt-%	procent wagowy
W	wat (1 W = 1 J/s)
rok	rok
μg	mikrogram
μm	mikrometr (1 μm = 10 ⁻⁶ m)
μs	mikrosiemens
Ω	om, jednostka oporności elektrycznej

VI. Pierwiastki chemiczne

Symbol	Nazwa	Symbol	Nazwa
Al	glin	N	azot
As	arsen	Na	sód
C	węgiel	Ni	nikiel
Ca	wapń	O	tlen
Cd	kadm	P	fosfor
Cl	chlor	Pb	ołów
Cm	kiur	Pt	platyna
Co	kobalt	S	siarka
Cr	chrom	Sb	antymon
Cu	miedź	Se	selen
F	fluor	Si	krzem
Fe	żelazo	Sn	cyna

H	wodór	Te	tellur
Hg	rtęć	Ti	tytan
K	potas	V	wanad
Mg	magnez	W	wolfram
Mn	mangan	Zn	cynk
Mo	molibden		

VII. Skróty i definicje

Skrót	Definicja
AC	prąd zmienny
AISI	American Iron and Steel Institute (Amerykański Instytut Żelaza i Stali)
AOD	odwęglanie w argonie i tlenie (<i>argon oxygen decarburisation</i>)
AOX	adsorbowalne związki chlorowcoorganiczne w wodzie
AS	osad czynny (<i>activated sludge</i>)
ASK	Ammoniumsulphide Kreislaufwascher
BaP	benzo(a)piren
BF	wielki piec (<i>blast furnace</i>)
BZT	biochemiczne zapotrzebowanie na tlen (<i>BOD, biochemical oxygen demand</i>)
BOF	zasadowy konwertor tlenowy (<i>basic oxygen furnace</i>)
Borneff 6	Suma sześciu WWA (fluoranten, benzo[b]fluoranten, benzo[k]fluoranten, benzo[a]piren, indeno[1,2,3-cd]piren i benzo[g,h,i]perylene)
Bq	bekerel
BTX	benzen, toluen, ksylen
ok.	około
CAS	Chemical abstracts service
CAS-OB	metoda regulacji składu poprzez mieszanie argonowe w układzie zamkniętym (<i>composition adjustment by sealed argon bubbling</i>)
CCF	Konwertor cyklonowy (<i>cyclone converter furnace</i>)
CCGT	turbina gazowa cyklu kombinowanego (<i>combined cycle gas turbine</i>)
CCM	maszyna do ciągłego odlewania stali (<i>continuous casting machine</i>)
CCPP	elektrownia z cyklem kombinowanym (<i>combined cycle power plant</i>)
CCS	wychwytywanie i składowanie dwutlenku węgla (<i>carbon capture and storage</i>)
CDQ	suche gaszenie koksu (<i>coke dry quenching</i>)
CEN	Europejski Komitet Normalizacyjny
CFD	obliczeniowa mechanika płynów (<i>computational fluid dynamics</i>)
CHP	kogeneracja (<i>combined heat and power</i>)
ChZT	chemiczne zapotrzebowanie na tlen (<i>COD, chemical oxygen demand</i>)
COG	gaz koksowniczy (<i>coke oven gas</i>)
COS	tlenosiarczek węgla (<i>carbon oxysulphide</i>)
CRI	wskaźnik reaktywności koksu (<i>coke reactivity index</i>)
CSQ	gaszenie koksu przez zatapianie (<i>coke stabilisation quenching</i>)
CSR	wytrzymałość koksu po reakcji (<i>coke strength after reaction</i>)
CV	wartość opałowa (<i>calorific value</i>)
DAV	średnia dobowa (<i>daily average</i>)

Skrót	Definicja
dB	decybele A
DC	prąd stały
DCI	bezpośredni wtrysk węgla (<i>direct carbon injection</i>)
DH	proces Dortmund-Hörder
emisja nieorganizowana	Emisje nieorganizowane występują podczas zwykłej działalności takiej jak praca z węglem i koksem, transport węgla i koksu, mielenie węgla, w rurach wznoszących, podczas wypychania koksu, gaszenia koksu. Jeśli nie ulegną wychwyceniu, mogą się uwalniać przez dach, właz w dachu, okno lub z magazynowanych materiałów. Ograniczenie tych emisji do minimum możliwe jest tylko poprzez zapobieganie lub dalszą obróbkę po ich skanalizowaniu (tzn. poprzez wychwytywanie).
DIOS	bezpośrednia redukcja wytapiania rudy żelaza (<i>direct iron ore smelting reduction</i>)
DOC	rozpuszczony węgiel organiczny (<i>dissolved organic carbon</i>)
DR	redukcja pośrednia
DRI	żelazo bezpośrednio zredukowane (<i>direct reduced iron</i>)
DSC	bezpośrednie odlewanie taśm (<i>direct strip casting</i>)
DSI	bezpośrednie wprowadzanie próbek (<i>direct sample induction</i>)
EAF	elektryczny piec łukowy (<i>electric arc furnace</i>)
ECO	podgrzewacz wody (<i>economiser</i>)
EWWiS	Europejska Wspólnota Węgla i Stali
ECU	europejska jednostka walutowa
EINECS	europejski wykaz istniejących substancji o znaczeniu komercyjnym
ELPI	elektryczny impaktor niskociśnieniowy (<i>electrical low pressure impactor</i>)
ELV	dopuszczalna wielkość emisji (<i>emission limit value</i>)
EMS	system zarządzania środowiskowego (<i>environmental management system</i>)
EMAS	system ekozarządzania i audytu we Wspólnocie
EN ISO 14001	Norma europejska (EN) opublikowana przez Międzynarodową Organizację Normalizacyjną (ISO) dotycząca standardów zarządzania środowiskowego.
EOF	piec z optymalizacją zużycia energii (<i>energy optimised furnace</i>)
EOS	spiekanie z optymalizowaną emisją (<i>emission optimised sintering</i>)
EPA	Agencja Ochrony Środowiska w USA (<i>Environmental Protection Agency</i>)
ESP	filtr elektrostatyczny (<i>electrostatic precipitator</i>)
ESCS	filtr elektrostatyczny ESCS (<i>electrostatic space cleaner super</i>)
ETP	elektrostatyczny odpylacz smoły (<i>electrostatic tar precipitator</i>)
UE-10	Cypr, Czechy, Estonia, Litwa, Łotwa, Malta, Polska, Słowacja, Słowenia i Węgry
UE-15	Austria, Belgia, Dania, Finlandia, Francja, Grecja, Hiszpania, Holandia, Irlandia, Luksemburg, Niemcy, Portugalia, Szwecja,

Skrót	Definicja
	Włochy i Zjednoczone Królestwo
UE-25	UE-10 + UE-15: Austria, Belgia, Cypr, Czechy, Dania, Estonia, Finlandia, Francja, Grecja, Hiszpania, Holandia, Irlandia, Litwa, Luksemburg, Łotwa, Malta, Niemcy, Polska, Portugalia, Słowacja, Słowenia, Szwecja, Węgry, Włochy i Zjednoczone Królestwo
UE-27	Austria, Belgia, Bułgaria Cypr, Czechy, Dania, Estonia, Finlandia, Francja, Grecja, Hiszpania, Holandia, Irlandia, Litwa, Luksemburg, Łotwa, Malta, Niemcy, Polska, Portugalia, Rumunia, Słowacja, Słowenia, Szwecja, Węgry, Włochy i Zjednoczone Królestwo
FF	filtr tkaninowy (<i>fabric filter</i>)
pył drobny	Pył drobny w rozumieniu niniejszego dokumentu BREF oznacza drobne cząstki stałe mniejsze niż 10 mikrometrów
Ucieczki emisji	Ucieczki emisji (emisje ulotne) mają miejsce podczas nieprawidłowego działania na skutek wycieków z baterii, np. z powodu nieuszczelnności pojemników, drzwi pieców, kołnierzy itp. lub w instalacji obróbki produktów ubocznych. Można je ograniczyć do minimum przede wszystkim poprzez zapobieganie w drodze dobrego utrzymywania. Wielopierścieniowe związki aromatyczne, takie jak benzo(a)piren (BaP), jak również benzen, mają istotny udział w emisjach ulotnych.
FTIR	spektroskopia w podczerwieni z transformatą Fouriera (<i>Fourier transform infrared spectroscopy</i>)
GSA	podwieszany absorber gazu (<i>gas suspension absorber</i>)
HBI	gorący brykiet żelaza (<i>hot briquetted iron</i>)
HCB	heksachlorobenzen
HHA V	średnia z 30 minut (<i>half-hourly average</i>)
HM	ciekły metal (<i>hot metal</i>)
hPa	hektopaskal
IISI	Międzynarodowy Instytut Żelaza i Stali (<i>International Iron and Steel Institute</i>)
I-TEQ	międzynarodowy równoważnik toksyczności
IUPAC	Międzynarodowa Unia Chemii Czystej i Stosowanej
KOBM	Klöckner Oxygen Blowing Maximillanshuetten
kW	kilowat
LD	proces Linz-Donawitz
LD-AC	proces Linz-Donawitz-Arbed-CRM
LEEP	proces spiekania zoptymalizowany pod kątem niskiej emisji i zużycia energii (<i>low emission and energy optimised sintering process</i>)
Leq	równoważny poziom hałasu (<i>Equivalent Continuous Sound Level</i>)
LIBS	spektroskopia emisyjna ze wzbudzeniem laserowym (<i>laser-induced</i>

Skrót	Definicja
	<i>breakdown spectroscopy)</i>
LIDAR	lidar (<i>light detection and ranging</i>)
LPG	skroplony gaz ropopochodny (<i>liquefied petroleum gas</i>)
LS	stal ciekła (<i>liquid steel</i>)
LTE	proces LTE (<i>lance tuyère equilibrium</i>)
LWA	ważony poziom mocy akustycznej
LWS	proces Loire-Wendel-Sprunck
MEA	etanoloamina
MEEP	odpylacz elektrostatyczny z ruchomą elektrodą (<i>Moving electrodes Electrostatic Precipitator</i>)
MEROS	maksymalna redukcja emisji przy spiekaniu (<i>maximised emission reduction of sintering</i>)
MHF	piec półkowy (<i>multiple hearth furnace</i>)
MLSS	zawiesina mieszaniny ścieków z osadem czynnym (<i>mixed liquor suspended solids</i>)
NG	gaz ziemny (<i>natural gas</i>)
NMVOC	lotne związki organiczne inne niż metan (<i>non-methane volatile organic compounds</i>)
OBM	proces tlenowo-dennicowy Maxhuette (<i>oxygen-bottom Maxhuette process</i>)
OCP	proces z obiegiem otwartym (<i>open circuit process</i>)
WWA	wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (<i>polyaromatic hydrocarbons, PAH</i>)
PCB	polichlorowane bifenyle
PCDD/F	polichlorowane dibenzo-p-dioksyny / dibenzofurany
PCI	wtrysk węgla pyłowego (<i>pulverised coal injection</i>)
PLC	programowalne sterowniki logiczne (<i>Programmable Logic Controllers</i>)
PM₁₀, PM_{2.5}	cząstki stałe mniejsze niż odpowiednio 10 lub 2,5 mikrometrów zgodnie z dyrektywą 2008/50/WE w sprawie jakości powietrza
POM	wielopierścieniowe związki organiczne (<i>polycyclic organic matter</i>)
TZO	trwałe zanieczyszczenia organiczne (<i>persistent organic pollutants, POPs</i>)
PTFE	politetrafluoroetylen
Q-BOP	proces tlenowo-dennicowy Maxhuette (<i>oxygen-bottom Maxhuette process</i>)

Skrót	Definicja
RAC	odzyskany węgiel aktywny (<i>regenerative activated carbon</i>)
RAFT	adiabatyczna temperatura płomienia w strefie wirowania (<i>raceway adiabatic flame temperature</i>)
RDM	odwrotne modelowanie dyspersji (<i>reverse dispersion modelling</i>)
RH	Ruhrstahl-Heraeus
RHF	piec karuzelowy (<i>rotary hearth furnace</i>)
SCN	tiocyjaniany
SCOPE 21	projekt <i>Super coke oven for productivity and environment enhancement in the 21st century</i> (Superpiec koksowniczy dla zwiększenia produktywności i ochrony środowiska w XXI w.)
SCR	selektywna redukcja katalityczna (<i>selective catalytic reduction</i>).
SI	współczynnik wytrzymałości spadowej (<i>shatter index</i>)
SR	redukcja w stanie ciekłym (<i>smelting reduction</i>)
SRF	piec do redukcji w stanie ciekłym (<i>smelting reduction furnace</i>)
SS	zawiesina ciał stałych (<i>suspended solids</i>)
STP	standardowa temperatura i ciśnienie
TEA	trietanoloamina
TEQ	równoważnik toksyczności (<i>toxic equivalent quantity</i>)
TEF	współczynnik toksyczności (<i>toxic equivalent factor</i>)
TBM	proces TBM (<i>Thyssen blowing metallurgy</i>)
TOC	całkowity węgiel organiczny (<i>total organic carbon</i>)
TGR	techniczna grupa robocza (<i>technical working group, TGR</i>)
UHP	bardzo duża moc pracy (<i>ultra high power operation</i>)
ULCOS	Produkcja stali przy bardzo niskiej emisji CO ₂ (Ultra Low CO ₂ Steelmaking). Finansowany przez UE program badawczy mający na celu ograniczenie emisji CO ₂ przy produkcji stali.
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
LZO	lotne związki organiczne (<i>volatile organic compounds, VOC</i>)
VOD	odwęglenie próżniowo-tlenowe (<i>vacuum oxygen decarburisation</i>)
slupa wody	miara ciśnienia (<i>water column, w.c.</i>)
liczba Wobbego	Liczba Wobbego (WI) jest to wskaźnik wymienialności gazów opałowych takich jak gaz ziemny, skroplony gaz ropopochodny (LPG) czy gaz koksowniczy; często definiowany w specyfikacjach dostaw gazu i urządzeń transportowych. Jeśli wyższą wartość ciepła spalania, czy też wartości opałowej oznaczymy jako V_C , a G_S to ciężar właściwy, liczbę Wobbego I_W definiuje się następująco: $I_W = V_C / (G_S)^{1/2}$
WWT	oczyszczalnia ścieków (<i>Waste water Treatment Plant</i>)
WHO TEFs	Współczynniki toksyczności Światowej Organizacji Zdrowia. Obecnie tylko w tych współczynnikach toksyczności (TEF) uwzględnia się oprócz wartości PCDD i PCDF również „dioksynopodobne” PCB [219, Van den Berg et al. 1998].

13 ZAŁĄCZNIKI

13.1 Załącznik I. Określenie elementów wrażliwych pod względem ekologicznym w wodach odpadowych

[208, Lindfors et al. 2006]

Opis

Próbka wód odpadowych zachowywana jest za pomocą kwasu azotowego i fermentowana w kuchence mikrofalowej w celu rozpuszczenia pozostałości. Roztwór jest wstępnie stężony w nebulizatorze i nebulizowany do zastosowania techniki atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie indukowanej (ICP-OES), gdzie mierzona jest intensywność emitowanego światła poszczególnych pierwiastków. Standardowo wykorzystywane są Sc i Te. Kalibracja przeprowadzana jest na matrycy zawierającej Mili-Q wody z dodatkiem roztworów referencyjnych. Jednocześnie identyfikowane są następujące pierwiastki:

Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, P, Pb, V, Zn.

Uzyskane korzyści dla środowiska

Procedura pozwala na określenie poziomów niższych niż te wymagane obecnie przepisami prawa. Poziomy wykrywania niektórych pierwiastków wrażliwych pod względem ekologicznym w wodach odpadowych

Tabela 13.1: Poziomy wykrywania niektórych pierwiastków wrażliwych pod względem ekologicznym w wodach odpadowych

Parame tr	Poziom wykrywania (:g/l)
Al	2
Cd	0,03
Co	0,2
Cr	0,1
Cu	0,6
Fe	0,1
Mn	0,03
Mo	0,2
Ni	0,2
P	1,8
Pb	0,6
V	0,6
Zn	0,06

Technika ta uznawana jest za szybki i skuteczny sposób nie wymagający stosowania dodatkowego sprzętu. Czas od zaobserwowania podniesionych poziomów poszczególnych substancji do podjęcia działań korekcyjnych jest relatywnie krótki.

Efekty przekrojowe

Brak danych.

Dane operacyjne

Brak danych.

Możliwość zastosowania

Istnieje możliwość monitorowania wody pochodzącej z różnych źródeł, np. ścieków czy wody pitnej.

Siła napędowa realizacji

Siłą napędową realizacji jest zapewnienie zgodności z prawodawstwem krajowym i przepisami unijnymi.

Aspekty ekonomiczne

Brak danych.

Zakład referencyjny

Sandvik Materials Technology, Sandviken, Szwecja.

13.2 Załącznik II Emisje dioksyn

r 209, EC 2005 1

Główne czynniki wpływające na tworzenie się dioksan obejmują:

- Wsad procesowy (surowce)
- Typ zastosowanego procesu metalurgicznego
- Warunki realizacji procesów, w szczególności jakość spalania
- Warunki ochładzania spalin, w szczególności obecność kotła lub innych wymienników ciepła
- Typy systemów oczyszczania gazów odlotowych
- Efekty pamięciowe Rury i wymienniki ciepła mogą zawierać znaczne depozyty substancji, co prowadzi do zwiększenia emisji i z czasem do wytworzenia się dioksyn.

PCDD/F I INNE POP

Istnieje konieczność wzięcia pod uwagę faktu, iż obu PCDD/F zwykle towarzyszą inne substancje, które nie ulegają pełnemu spalaniu, np. benzen, alkilobenzen, naftalen, fenantren, antracen, furan, benzofuran, dibenzofuran, i wiele innych związków alifatycznych i cyklicznych. Sama ich liczba jest czynnikiem komplikującym procedury analityczne. W [209, EC 2005], związkom tym poświęcono stosunkowo niewielką część uwagi, lecz podkreślono ich potencjalną rolę jako surogatów i prekursorów nowych technologii. W sposób jednoznaczny pokazaliśmy, że struktura dibenzo-p-dioksyn (DD) jest w sposób prosty możliwa do syntezy z dwóch cząsteczek fenolu. To samo tyczy się związków chlorowanych. Podobnie struktura polichlorowanych dibenzofuranów (DF) możliwa jest do uzyskania w sposób dość prosty poprzez łagodne utlenianie PCB. A zatem, zarówno chlorofenole i PCB są potencjalnymi prekursorami tworzenia PCDD/F. Niektóre z tych związków same w sobie mają istotne znaczenie jako POP, np.:

- heksachlorobenzen
- PCB
- polichlorowane naftaleny.

Drogi emisji PCDD/F

PCDD/F, czy też niemal każda substancja zanieczyszczająca może występować jako emisja do powietrza, wody czy gleby lub tworzyć się jako strumienie odpadów do neutralizacji lub ponownego wykorzystania.

Emisje PCDD/F z przemysłu metalurgicznego mogą przyjmować różne formy, takie jak:

- Gazów odlotowych występujących w ukierunkowanych emisjach magazynowych
- Gazów odlotowych występujących jako emisje dyfuzyjne
- Woda płuczająca i osady
- Pozostałości
- Produkty komercyjne.

MONITOROWANIE

Tryby monitorowania PCDD/F wykorzystywane w UE przedstawiono w tabeli 13.2.

Tabela 13.2: Tryby monitorowania PCDD/F

Typ	Częstotliwość monitorowania	Okres pomiaru	Jednostki
regularne	1 miesięcznie	1 dzień 3 dni 1	Wartości TEQ
Okazjonalne (monitorowanie jedynie w niektórych instalacjach)	rocznie	tydzień	Wartości I-TEQ (17 kongenerów) 5

w sektorze)	3 rocznie.		PCDD + 5 PCDF
Dobrowolne (np. na podstawie umowy sektorowej)	2 rocznie rocznie. 1 co 3-6 lat	1	śląd
Źródło: [209, EC 2005].			

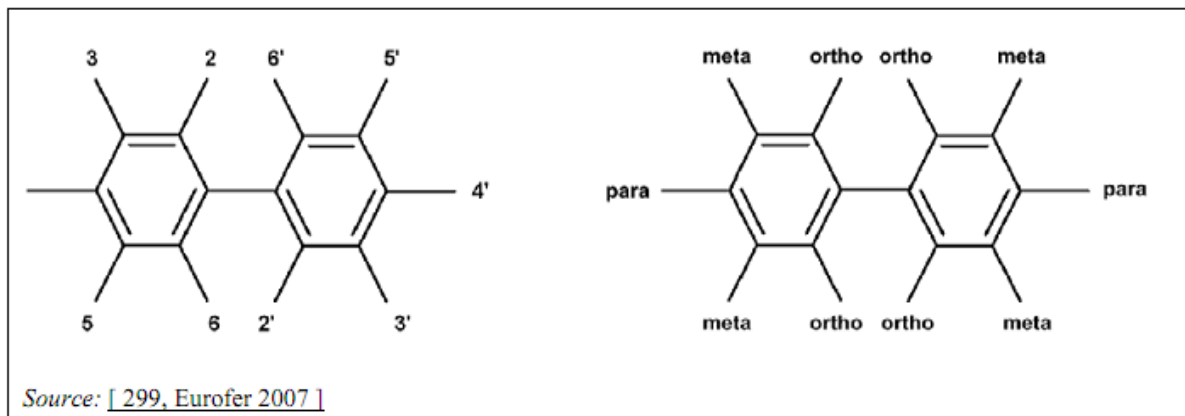
Metoda pomiaru

Lista TEF dla WHO-12 PCB przedstawiona została w tabeli 13.3.

Niektóre przykłady metody pomiaru przedstawiono w raporcie [209, EC 2005].

13.3 Załącznik III: WHO-12 PCB

Polichlorowane bifenyle (PCB) to klasa chlorowanych pół-lotnych związków organicznych składających się z 209 związków. Numerowanie związków w żądaniu danych EUROFER jest zgodne z konwencją przyjętą przez Radę Międzynarodowej Unii Chemii Czystej i Stosowanej (IUPAC). Na Rysunek 13.1 przedstawiono system numerowania IUPAC wraz z nomenklaturą pozycyjnej substytucji chlorowanej. Grupa 12 PCB charakteryzujących się zachowaniami „przypominającymi dioksyny” zidentyfikowana została przez Światową Organizację Zdrowia (WHO) a poszczególnym elementom tej grupy przypisano współczynniki równoważności toksyczności (TEF) podobne do tych, jakimi charakteryzuje się 2,3,7,8- tetrachlorodibenzo-p-dioksyna. TEF pozwalają tym elementom grupy „WHO-12 PCB” na włączenie jako część zbioru stężeń WHO-TEQ w emisje procesowe oraz inne próbki środowiskowe. W zbiorze danych zebranych przez EUROFER, dane dotyczące PCDD/F stanowiły przedmiot zapytań w częściej stosowanej jednostce I-TEQ, nie zawiera on więc danych na temat PCB i istnieje możliwość dokonania jasnego rozróżnienia pomiędzy dwoma grupami związków oraz dokonanie porównań z historycznymi danymi na temat PCDD/F. Oczekuje się, że w przyszłości wzrastać będzie częstotliwość korzystania z WHO-TEQ.



Rysunek 13.1: System numerowania IUPAC i nomenklatura pozycjonowania PCB

Lista TEF dla WHO-12 PCB przedstawiona została w tabeli 13.3.

Tabela 13.3: Tabela współczynników równoważności toksyczności dla związków WHO-12 PCB.

Nr IUPAC	Typ	Struktura	WHO-TEF
77	Inne niż orto	3,3',4,4' TeCB	0,0001
81		3,4,4',5TeCB	0,0001
126		3,3',4,4',5PeB	0,1
169		3,3',4,4',5,5'HxCB	0,01
105	Mono-orto	2,3,4,4',5 PeCB	0,0005
114		2,3,4,4',5PeCB	0,0005
118		2,3',4,4',5PeCB	0,0001

123	2',3,4,4',5PeCB	0,0001
156	2,3,3',4,4',5HxCB	0,0005
157	2,3,3',4,4',5'HxCB	0,0005
167	2,3',4,4',5,5'HpCB	0,00001
189	2,3,3',4,4',5,5'HpCB	0,0001
Źródło: [299, Eurofer 2007 1.		

13.4 Załącznik IV:Przykład progowych wartości przepływu masowego dla ciągłego monitorowania

[236, Germany 2002 1

Jednostki z przepływami masowymi cząsteczek na poziomie 1 do 3 kg/h wyposażone będą w instrumenty pomiarowe umieszczone w odpowiednich miejscach powstawania, zdolne do ciągłego monitorowania instalacji oczyszczania gazów odpadowych oraz monitorowania ustalonych limitów emisji (jakościowe instrumenty pomiarowe).

Jednostki z przepływami masowymi cząsteczek na poziomie powyżej 3 kg/h wyposażone będą w instrumenty pomiarowe umieszczone w odpowiednich miejscach powstawania, przeznaczone do ciągłego monitorowania koncentracji emisji pyłów.

Jednostki z emisjami pyłów pochodzących z substancji, o których mowa w sekcjach 5.2.2 i 5.2.5 (klasa I) i 5.2.7 Instrukcji technicznych dotyczących powietrza (TA Luft) [236, Germany 2002] wyposażone będą w instrumenty pomiarowe umieszczone w odpowiednich miejscach powstawania, przeznaczone do określania koncentracji cząsteczek jeśli przepływ masowy jest pięciokrotnie większy niż dla odpowiednich przepływów masowych.

W instalacjach emitujących substancje gazowe w ilościach przekraczających poniższe przepływy masowe, odpowiednie źródła powstawania powinny być wyposażone w instrumenty pomiarowe które w sposób ciągły mierzą koncentracje masowe odpowiednich substancji.

- ditlenek siarki:30 kg/h
- tlenek azotu i ditlenek azotu, wskazywane jako ditlenek azotu: 30 kg/h
- Tlenek węgla, jako główna substancja do oceny wydajności procesu spalania: 5 kg/h
- tlenek węgla, wszystkie inne przypadki: 100 kg/h
- fluor i gazowe nieorganiczne związki fluoru, które mają zostać wskazane jako fluorowodór: 0,3 kg/h
- gazowe nieorganiczne związki chloru, które mają zostać wskazane jako chlorowodór: 1,5 kg/h
- Chlor:0,3 kg/h
- Siarkowodór:0,3 kg/h.

Jeśli koncentracje masowe ditlenku siarki mierzone są w trybie ciągłym, koncentracje masowe tritlenku siarki muszą być ustalone w czasie kalibracji i wskazane w kalkulacji. Jeśli indywidualne pomiary wykażą, że proporcja ditlenku azotu w emisjach tlenku azotu wyniosą mniej niż 10 procent, wówczas można zaprzestać ciągłego pomiaru ditlenku azotu a jego udział może być wyliczany.

Instalacje z masowymi przepływami substancji organicznych, wskazany jako węgiel łącznie, przekraczający:

- W przypadku substancji, o których mowa w sekcji 5.2.5 Klasa I: 1 kg/h
- W przypadku substancji, o których mowa w sekcji 5.2.5: 2,5 kg/h

Muszą być wyposażone w instrumenty pomiarowe umieszczone w odpowiednich miejscach powstawania i w sposób ciągły określać łączną zawartość węgla.

Jednostki z przepływami masowymi rtęci i jej związków na poziomie powyżej 2,5 g/h wyrażane jako Hg, wyposażone będą w instrumenty pomiarowe umieszczone w odpowiednich miejscach powstawania, przeznaczone do ciągłego monitorowania koncentracji masowych rtęci, chyba że istnieje możliwość udowodnienia, że masowe koncentracje wynoszą mniej niż 20 procent tych określonych w sekcji 5.2.2 Klasa I.

Odpowiedni organ wymagać będzie, by instalacje emitujące substancje wymienione w sekcji 5.2.2 klasy I i II lub substancje wymienione w sekcji 5.2.7 były wyposażone w instrumenty do ciągłego pomiaru pozwalające na określenie koncentracji masowych jeśli przepływy masowe przekraczają jeden z odpowiednich przepływów masowych ponad pięciokrotnie oraz jeśli odpowiednie instrumenty pomiarowe są dostępne.

13.5 Załącznik V. Przykładowy wzór tabeli do kompilowania danych środowiskowych w sektorze żelaza i stali

Tabela 13.4 Przykładowy wzór tabeli do kompilowania danych środowiskowych w sektorze żelaza i stali

Firma:											
Jednostka/lokalizacja											
Typ instalacji											
Data budowy			Data ostatniej modernizacji								
Zasoby/energia			Produkty/produkty uboczne			Emisje/Odpady					
Nazwa	Jednostki	Zastosowanie	Nazwa	Jednostki	Wielkość	Nazwa	Jednostki	Wielkość	Nazwa	Jednostki	Wielkość
Surowce			Produkt			emisja			Pył		
Węgiel/amtracyt			koks			Pyły (ogółem)			Fe (łącznie)	wt-%	
koks			Spiek			SO ₂			SiO ₂	wt-%	
ruda żelaza			ciekły metal (hot metal)			NO _x			CaO	wt-%	
Pelety			stal ciekła (liquid steel)			CO			Al ₂ O ₃	wt-%	
wapno			wlewki			CO ₂			MgO	wt-%	
dolomit			Pozostałości poprodukcyjne			benzen			P ₂ O ₅	wt-%	
Spiek			Produkty uboczne			benzo(a)piren			MnO	wt-%	
Surówka			benzen			pirydyna			Cr ₂ O ₃	wt-%	
złom			smoła			toluen			Na ₂ O	wt-%	
stal ciekła (liquid steel)			Fenolan sodowy			Ksylen			K ₂ O	wt-%	
Wsad metalowy			Siarczan amonu			smoła			Zn	wt-%	
Stopy			Żużel granulowany/ chłodzony powietrzem			F (HF)			Pb	wt-%	
Związki niemetaliczne						Cl (HCl)			Cd	wt-%	
pozostałe			Siarczan żelaza			Fenol			Cu	wt-%	
Energia			Tlenek żelaza			Metan			Ni	wt-%	
gaz ziemny			Odpady stałe			H ₂ CN			V	wt-%	

Energia elektryczna			Żużel z wielkich pieców			H ₂ S			Co	wt-%	
Woda			Żużel z konwertora tlenowego			Amoniak			As	wt-%	
Para technologiczna			Popiół i żużel energetyczny			CS ₂			Hg	wt-%	
Gaz koksowy			Szlam żelazowy			NaOH			Cl	wt-%	
gaz wielkopiecowy			Materiały ogniotrwałe			H ₂ SO ₄			F	wt-%	
tlen			siarka			Polichlorowane dibenzodioksyny/ dibenzofurany (PCDD/F)			8	wt-%	
Tlen (ciekły)			Pył			Niekanałowane emisje			C	wt-%	
argon									Zasadowość	pH	
Azot									Wilgoć	wt-%	
Azot (w butlach)											
wodór											
Sprężone powietrze											
Odloty wielkopiecowe											
Acetylen											
Inne gazy techniczne											

KOMISJA EUROPEJSKA,

EUR 25521 – WSPÓLNE CENTRUM BADAWCZE – INSTYTUT PERSPEKTYWICZNYCH STUDIÓW TECHNOLOGICZNYCH

TYTUŁ: DOKUMENT REFERENCYJNY DOTYCZĄCY NAJLEPSZYCH DOSTĘPNYCH TECHNIK (BAT) W ZAKRESIE PRODUKCJI ŻELAZA I STALI

AUTORZY: RAINER REMUS, MIGUEL A. AGUADO-MONSONET., SERGE ROUDIER, LUIS DELGADO SANCHO

LUKSEMBURG: URZĄD PUBLIKACJI UNII EUROPEJSKIEJ, 2013 – 621 STR. - 21,0 x 29,7 CM

EUR - SCIENTIFIC AND TECHNICAL RESEARCH SERIES - ISSN 1831-9424 (ONLINE), ISSN 1018-5593 (DRUK),

ISBN 978-92-79-26475-7 (PDF) ISBN 978-92-79-26476-4 (PRINT)

DOI: 10.2791/97469 STRESZCZENIE:

NINIEJSZY DOKUMENT REFERENCYJNY BAT „PRODUKCJA ŻELAZA I STALI” STANOWI CZĘŚĆ SERII DOKUMENTÓW ODZWIERCIEDLAJĄCYCH WYNIKI WYMIANY INFORMACJI POMIĘDZY PAŃSTWAMI CZŁONKOWSKIMI UNII EUROPEJSKIEJ, ZAINTERESOWANYMI BRANŻAMI, ORGANIZACJAMI POZARZĄDOWYMI PROMUJĄCYMI OCHRONĘ ŚRODOWISKA ORAZ KOMISJĄ, OPRACOWANIA, DOKONANIA PRZEGLĄDU ORAZ, W RAZIE POTRZEBY, AKTUALIZACJI DOKUMENTÓW REFERENCYJNYCH BAT, JAK PRZEWIDZIANO W ART. 13 UST. 1 DYREKTYWY. NINIEJSZY DOKUMENT ZOSTAŁ OPUBLIKOWANY PRZEZ KOMISJĘ EUROPEJSKĄ ZGODNIE Z ART. 13 UST. 6 DYREKTYWY. NINIEJSZY DOKUMENT REFERENCYJNY BAT W ZAKRESIE PRODUKCJI ŻELAZA I STALI OBEJMUJE NASTĘPUJĄCE RODZAJE DZIAŁALNOŚCI WYMIENIONYCH W ZAŁĄCZNIKU I DO DYREKTYWY 2010/75/UE:

- — DZIAŁANIE 1.3 : PRODUKCJA KOKSU
- — DZIAŁANIE 2.1 : PRAŻENIE I SPIEKANIE RUDY METALU (ŁĄCZNIE Z RUDĄ SIARCZKOWĄ);
- — DZIAŁANIE 2.2 : PRODUKCJA SURÓWKI LUB STALI (PIERWOTNY I WTÓRNY WYTOP), ŁĄCZNIE Z ODLEWANIEM CIĄGŁYM, Z WYDAJNOŚCIĄ POWYŻEJ 2.5 TONY NA GODZINĘ.

NINIEJSZY DOKUMENT OBEJMUJE RÓWNIEŻ NIEKTÓRE DZIAŁANIA, KTÓRE MOGĄ BYĆ BEZPOŚREDNIO ZWIĄZANE Z TYMI DZIAŁANAMI I PROWADZONE W TYM SAMYM MIEJSCU. WAŻNYMI KWESTIAMI DOTYCZĄCYMI WDRAŻANIA DYREKTYWY 2010/75/UE W ODNIESIENIU DO PRODUKCJI ŻELAZA I STALI SĄ: OGRANICZENIE EMISJI DO POWIETRZA, EFEKTYWNE WYKORZYSTANIE ENERGII I SUROWCÓW, MINIMALIZACJA ILOŚCI POZOSTAŁOŚCI Z PROCESU, ICH ODZYSKIWANIE I PONOWNE WYKORZYSTANIE, JAK RÓWNIEŻ SKUTECZNE WDROŻENIE SYSTEMÓW ZARZĄDZANIA ŚRODOWISKIEM I ENERGIĄ.

NINIEJSZY DOKUMENT REFERENCYJNY BAT ZAWIERA TRZYNAŚCIE ROZDZIAŁÓW. ROZDZIAŁ 1 PRZEDSTAWIA OGÓLNE INFORMACJE NA TEMAT SEKTORA ŻELAZA I STALI. ROZDZIAŁ 2 ZAWIERA INFORMACJE I DANE NA TEMAT PRZEMYSŁU WYTWARZANIA ŻELAZA I STALI I TECHNIK STOSOWANYCH W TYM SEKTORZE. ROZDZIAŁY OD 3 DO 8 ZAWIERAJĄ INFORMACJE NA TEMAT INDYWIDUALNYCH PROCESÓW WYTOPU I PRODUKCJI ŻELAZA I STALI (SPIEKALNIE, PELETYZACJA, PIECE KOKSOWE, WIELKIE PIECE, PODSTAWOWA TLENOWA PRODUKCJA STALI I ODLEWANIE ORAZ PRODUKCJA I ODLEW STALI Z WYKORZYSTANIEM ELEKTRYCZNYCH PIECÓW LUKOWYCH). W ROZDZIALE 9 PRZEDSTAWIONO WNIOSKI DOTYCZĄCE BAT ZDEFINIOWANE W ART. 3 UST. 12 DYREKTYWY DLA SEKTORÓW PRZEMYSŁU OPISANYCH W ROZDZIAŁACH OD 2 DO 8.

Misją Wspólnego Centrum Badawczego, wewnętrznej służby Komisji zajmującej się nauką, jest dostarczanie niezależnego, opartego na dowodach wsparcia naukowego i technicznego w realizacji strategii politycznych UE podczas całego cyklu tych strategii.

Wspólne Centrum Badawcze, działając w ścisłej współpracy z dyrekcjami generalnymi ds. strategii politycznych, zajmuje się wyzwaniem kluczowym dla społeczeństwa przy jednoczesnym stymulowaniu innowacji poprzez opracowywanie nowych standardów, metod i

narzędzi oraz dzielenie się wiedzą i jej przekazywanie do państw członkowskich i społeczności międzynarodowej.

Kluczowe obszary polityki obejmują: środowisko i zmianę klimatu, energię i transport, rolnictwo i bezpieczeństwo żywności, ochronę zdrowia i konsumentów, społeczeństwo informacyjne i agendę cyfrową, ochronę i bezpieczeństwo, w tym bezpieczeństwo jądrowe – wszystkie te obszary wspierane są poprzez przekrojowe, multidyscyplinarne podejście.