NAJLEPSZE DOSTĘPNE TECHNIKI (BAT) WYTYCZNE DLA PRODUKCJI STALI STALOWNIE ELEKTRYCZNE Z ODLEWANIEM STALI

Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na zamówienie Ministra Środowiska

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Ministerstwo Środowiska
Warszawa, luty 2005 r.

NAJLEPSZE DOSTĘPNE TECHNIKI (BAT)
WYTYCZNE DLA PRODUKCJI STALI
STALOWNIE ELEKTRYCZNE
Z ODLEWANIEM STALI

Praca zbiorowa pod redakcją
dr inż. Mariana Nieslera z Instytutu Metalurgii Żelaza w Gliwicach
przy współpracy mgr inż. Adama Lackowskiego z Narodowej Fundacji Ochrony Środowiska w Warszawie

Ministerstwo Środowiska
Warszawa, luty 2005 r.

SPIS TREŚCI

1. WPROWADZENIE 4

1.1. CEL WYTYCZNYCH DLA STALOWNI ELEKTRYCZNYCH 4
1.2. ZAKRES WYTYCZNYCH 4
1.3. INFORMACJE PRZEDSTAWIONE W WYTYCZNYCH 4
1.4. STRUKTURA DOKUMENTU 5

2. OGÓLNE INFORMACJE O PRODUKCJI STALI W POLSCE 6

2.1. PRODUKCJA STALI ELEKTRYCZNEJ 6
2.2. ROZMIESZCZENIE STALOWNI ELEKTRYCZNYCH W POLSCE 7
2.3. ZATRUDNIENIE I INWESTYCJE W STALOWNIACH ELEKTRYCZNYCH 8
2.4. ZUŻYCIE ENERGII I SUROWCÓW ORAZ ODDZIAŁYWANIE STALOWNI ELEKTRYCZNYCH NA ŚRODOWISKO NATURALNE 10

3. ANALIZA TECHNIK I TECHNOLOGII STOSOWANYCH W BRANŻY 11

3.1. OPIS PROCESU WYTAPIANIA STALI W ŁUKOWYM PIECU ELEKTRYCZNYM 11
3.1.1. PRZEŁADUNEK I SKŁADOWANIE SUROWCÓW 14
3.1.2. ŁADOWANIE PIECA 14
3.1.3. ROZTAPIANIE I RAFINACJA 14
3.1.4. SPUST STALI I ŻUŻLA 16
3.2. POZAPIECOWA OBRÓBKA STALI ELEKTRYCZNEJ 16
3.2.1. PIEC KADZIOWY (PROCES LF) 17
3.2.2. WDMUCHIWANIE SPROSZKOWANYCH REAGENTÓW I WPROWADZANIE DRUTÓW RDZENIOWYCH 17
3.2.3. OBRÓBKA PRÓŻNIOWA 17
3.3. ODLEWANIE STALI METODĄ CIĄGŁĄ 18
3.4. ODLEWANIE STALI METODĄ KLASYCZNĄ DO WLEWNIC 20

4. LISTA ASPEKTÓW ŚRODOWISKOWYCH SZCZEGÓLNIE ISTOTNYCH DLA BRANŻY 21

4.1. ISTOTNE ASPEKTY ŚRODOWISKOWE DLA STALOWNI ELEKTRYCZNYCH 21
4.2. ISTOTNE ASPEKTY ŚRODOWISKOWE PRZY CIĄGŁYM ODLEWANIU STALI 23

5. CHARAKTERYSTYKA EMISJI DO POSZCZEGÓLNYCH KOMPONENTÓW ŚRODOWISKA, W TYM GOSPODARKA ODPADAMI ORAZ EMISJA HAŁASU 24

6. SPOSOBY ZAPOBIEGANIA I/LUB OGRANICZANIA ODDZIAŁYWANIA INSTALACJI NA ŚRODOWISKO W STALOWNIACH ELEKTRYCZNYCH 27

7. ZESTAWIENIE MINIMALNYCH WYMAGAŃ CHARAKTERYZU-JĄCYCH NAJLEPSZE DOSTĘPNE TECHNIKI Z PRZYKŁADAMI ROZWIĄZAŃ TECHNICZNYCH, KTÓRE POZWALAJĄ NA OSIĄGNIĘCIE TYCH WYMAGAŃ I PRZYKŁADAMI TECHNIK, KTÓRE NIE POZWALAJĄ NA SPEŁNIENIE TYCH WYMAGAŃ 30

8. ZESTAW MINIMALNYCH WYMAGAŃ W ZAKRESIE MONITORINGU 32

LITERATURA 34

SPIS TABLIC 35

SPIS RYSUNKÓW 35

1. WPROWADZENIE

1.1. CEL WYTYCZNYCH DLA STALOWNI ELEKTRYCZNYCH

Celem wytycznych było opracowanie propozycji zestawu minimalnych wymagań charakteryzujących najlepsze dostępne techniki (BAT) dla stalowni elektrycznych. Opracowanie obejmuje technologie i techniki stosowane w Polsce, z uwzględnieniem wymagań określonych w krajowych przepisach prawnych oraz zaleceń opisanych w dokumentach referencyjnych (BREF).

1.2. ZAKRES WYTYCZNYCH

Niniejsze opracowanie dotyczy środowiskowych aspektów produkcji ciekłej stali i jej odlewania w stalowniach elektrycznych. W stalowniach elektrycznych stal wytwarzana jest ze złomu stalowego w łukowych piecach elektrycznych. Wieloletnie prace rozwojowe procesu otrzymywania stali doprowadziły do upowszechnienia się układu technologicznego składającego się z roztapiania złomu stalowego i świeżenia (utleniania domieszek) kąpieli metalowej w łukowym piecu elektrycznym, rafinacji i wykańczania (końcowej regulacji składu) w urządzeniach do pozapiecowej obróbki ciekłej stali i jej odlewania metodą ciągłą.
W pracy nie uwzględniono stalowni pracujących na potrzeby odlewni staliwa, które zostaną ujęte w osobnym opracowaniu. Dokument ten został opracowany na podstawie ankiet, danych produkcyjnych poszczególnych stalowni elektrycznych oraz innych materiałów źródłowych. Należy traktować go jako pierwszą próbę porównania sytuacji w polskich elektrostalowniach z sytuacją przedstawioną w dokumentach referencyjnych. Z uwagi na konieczność zweryfikowania większości danych dokument niniejszy ma charakter wstępny – jako materiał do dyskusji na temat stanu dostosowania polskich stalowni elektrycznych do wymagań najlepszej dostępnej techniki (BAT).

1.3. INFORMACJE PRZEDSTAWIONE W WYTYCZNYCH

Ustalenie warunków pozwolenia zintegrowanego dla stalowni elektrycznych wymagają wiedzy nt. najlepszych dostępnych technik stosowanych w tym przemyśle. Opracowane w tym przewodniku dane będą wykorzystywane w procesie przygotowania wniosku o wydanie pozwolenia zintegrowanego oraz wydawania pozwoleń zintegrowanych – jako wskazówka w określaniu dopuszczalnych wielkości emisyjnych i parametrów technicznych wynikających z najlepszej dostępnej techniki.
Pozwolenia zintegrowane są nowoczesnym instrumentem formalno-prawnym, ustanowionym do stosowania w krajach Unii Europejskiej przez Dyrektywę Rady 96/61/WE w sprawie zintegrowanego zapobiegania i ograniczania (kontroli) zanieczyszczeń - zwaną potocznie Dyrektywą IPPC. Koncepcja zintegrowanych pozwoleń, określających warunki prowadzenia pewnych rodzajów działalności (zwanych instalacjami typu IPPC), przetransponowana została do polskiej praktyki prawnej przez ustawę z dnia z dnia 27 kwietnia 2001 Prawo Ochrony Środowiska (Dz.U.2001.62.627 z późn. zmianami), zwaną ustawą POŚ. Podstawowe przepisy w tym zakresie zawiera Tytuł III, Dział IV, Rozdział 4 ustawy POŚ, ale sporządzenie wniosku o wydanie zintegrowanego pozwolenia wymaga uwzględnienia szeregu innych przepisów i wymagań szczegółowych, określonych również w innych ustawach oraz w stosownych rozporządzeniach wykonawczych. Ustawa POŚ stanowi, że pozwolenia zintegrowanego wymaga eksploatacja tych instalacji, których prowadzenie, ze względu na rodzaj i skalę prowadzonej w niej działalności, może powodować znaczne zanieczyszczenie poszczególnych elementów przyrodniczych, albo środowiska jako całości.
Rodzaje instalacji, mogących powodować znaczne zanieczyszczenie środowiska, zostały określone w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 26 lipca 2002 r. w sprawie rodzajów instalacji mogących powodować znaczne zanieczyszczenie poszczególnych elementów przyrodniczych albo środowiska jako całości (Dz.U.2002. 122. 1055) wydanego na podstawie odpowiedniej delegacji ustawowej. Rozporządzenie to transponuje do polskiego prawa klasyfikację rodzajów działalności zawartą w Aneksie I do Dyrektywy IPPC.

W rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 26 września 2003 w sprawie późniejszych terminów do uzyskania pozwolenia zintegrowanego (Dz.U. nr 177 poz.1736 z 14.10.2003 r.) określono terminy uzyskania pozwolenia zintegrowanego min. dla instalacji w metalurgii żelaza i stali.
Instalacje hutnicze i przemysłu metalurgicznego, które muszą uzyskać pozwolenie zintegrowane oraz wymagany termin uzyskania tego pozwolenia, zgodnie z cytowanymi rozporządzeniami wymieniono w tabl. 1.

Tablica 1. Rodzaje instalacji w hutnictwie i przemyśle metalurgicznym wymagające pozwolenia zintegrowanego

Lp.	Rodzaje instalacji wymagających pozwolenia zintegrowanego	Termin rozpoczęcia użytkowania instalacji	Termin do uzyskania pozwolenia zintegrowanego
1	2	3	4
2	**W hutnictwie i przemyśle metalurgicznym:**		
2.1	do prażenia lub spiekania rud metali, w tym rudy siarczkowej	po dniu 30.10.2000 r.	30.04.2004 r.
		przed dniem 31.10.2000 r.	30.04.2007 r.
2.2	do pierwotnego lub wtórnego wytopu surówki żelaza lub stali surowej, w tym do ciągłego odlewania stali, o zdolności produkcyjnej ponad 2,5 Mg wytopu na godzinę	po dniu 30.10.2000 r.	30.04.2004 r.
		przed dniem 31.10.2000 r.	30.04.2007 r.
	do obróbki metali żelaznych:		
2.3	a) poprzez walcowanie na gorąco, o zdolności produkcyjnej ponad 20 Mg stali surowej na godzinę	po dniu 30.10.2000 r.	30.04.2004 r.
		przed dniem 31.10.2000 r.	30.04.2007 r.
	b) kuźnie z młotami o energii przekraczającej 50 KJ na młot, gdzie stosowana łączna moc cieplna przekracza 20 MW	po dniu 30.10.2000 r.	30.04.2004 r.
		przed dniem 31.10.2000 r.	30.04.2007 r.
	c) do nakładania powłok metalicznych z wsadem ponad 2 Mg stali surowej na godzinę	po dniu 30.10.2000 r.	30.04.2004 r.
		przed dniem 31.10.2000 r.	30.04.2007 r.
2.4	do odlewania metali żelaznych, o zdolności produkcyjnej ponad 20 Mg wytopu na dobę	po dniu 30.10.2000 r.	30.04.2004 r.
		przed dniem 31.10.2000 r.	30.04.2007 r.

1.4. STRUKTURA DOKUMENTU

Zakres niniejszych wytycznych dotyczy instalacji stalowni elektrycznych z odlewaniem stali i obejmuje:

- analizę technologii i technik stosowanych w branży,
- listę aspektów środowiskowych szczególnie istotnych dla branży,
- charakterystykę emisji do poszczególnych komponentów środowiska, w tym gospodarkę odpadami oraz emisję hałasu,
- sposoby zapobiegania i/lub ograniczania oddziaływania na środowisko,
- zestawienie minimalnych wymagań charakteryzujących najlepsze dostępne techniki z przykładami rozwiązań technicznych, które pozwolą na osiągnięcie tych wymagań i przykładami technik, które nie pozwalają na spełnienie tych wymagań,
- zestawienie minimalnych wymagań w zakresie monitoringu.

2. OGÓLNE INFORMACJE O PRODUKCJI STALI W POLSCE

2.1. PRODUKCJA STALI ELEKTRYCZNEJ

Obecnie w świecie dominują dwa sposoby wytwarzania stali. Pierwszy sposób wytwarzania realizowany jest w tak zwanych hutach zintegrowanych, wytwarzających surówkę żelaza w wielkich piecach i przerabiających ją na stal w konwertorach tlenowych z udziałem złomu stalowego. Druga metoda wytwarzania stali realizowana jest w oparciu o złom stalowy w procesie elektrycznym w stalowniach wyposażonych w piece łukowe.

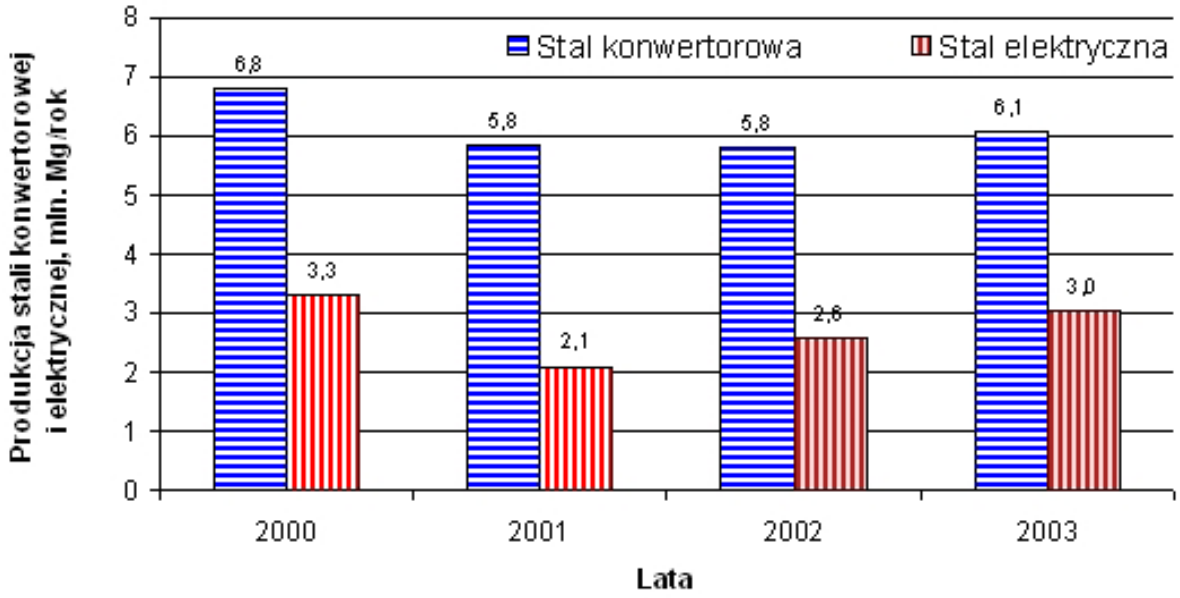
W Polsce stal w procesie konwertorowym wytapiana jest w dwóch hutach zintegrowanych. Zdolności produkcyjne tych hut w skali roku sięgają 7,6 mln Mg stali surowej.

Pozostała część stali produkowana jest w ośmiu stalowniach elektrycznych wyposażonych w elektryczne piece łukowe prądu zmiennego, tabl.2. Produkcja stali surowej ogółem w Polsce, w 2003 roku wyniosła około 9,1 mln Mg, z czego 66,6% (ok. 6,1 mln Mg) stanowiła stal konwertorowa a pozostałe 33,4% (ok. 3,0 mln Mg) stal elektryczna rys. 1.

Tablica 2. Huty żelaza i stali w Polsce (2004 r.)

Typ zakładu	Liczba zakładów
Huty zintegrowane	**2**
Stalownie elektryczne wyposażone w łukowe piece elektryczne o zdolności produkcyjnej ponad 2,5 Mg wytopu na godzinę [1]	**8**[2]

1 – w zestawieniu nie uwzględniono instalacji pracujących na potrzeby odlewni staliwa,
2 – dwie stalownie z podanych ośmiu to wydziały pracujące w jednej hucie



Rys. 1. Struktura produkcji stali surowej według procesów wytapiania w Polsce w latach 2000-2003

W ciągu pięciu miesięcy 2004 roku produkcja stali w Polsce wzrosła o 25,3 proc. w porównaniu do analogicznego okresu 2003 roku. Wzrosło również zużycie stali, które w 2004 roku sięgnie 8 mln Mg. Korzystne zmiany przypadły na okres stalowego i koksowego boomu. Nastąpił znaczny wzrost produkcji i wzrost wydajności pracy, mimo zmniejszenia zatrudnienia. Dotyczy to głównie hut, do których weszli zagraniczni inwestorzy strategiczni tj. hut wchodzących w skład ISPAT Polska Stal

(IPS), CMC Zawiercie, Huty Ostrowiec i Huty LW. W 2004 roku polskie huty wyprodukują około 10,4 mln Mg stali wobec 9,1 mln Mg w 2003 roku.
Wykształcony w ostatnich latach optymalny ze względów technicznych i ekonomicznych model wytapiania i odlewania stali obejmuje roztapianie wsadu, wyświeżenie (utlenienie domieszek) i odfosforowanie kąpieli metalowej w elektrycznych piecach łukowych), dalszą obróbkę ciekłej stali poza piecami w specjalnych urządzeniach (tak zwana obróbka pozapiecowa lub kadziowa) i odlewanie stali metodą ciągłą z ograniczeniem tradycyjnego odlewania stali do wlewnic do wlewków kuziennych oraz niektórych gatunków stali na specjalne wyroby (np. na elementy łożysk tocznych).

2.2. ROZMIESZCZENIE STALOWNI ELEKTRYCZNYCH W POLSCE

Elektrostalownie pracujące na terenie Polski (bez stalowni pracujących na potrzeby odlewni staliwa) zlokalizowane są w siedmiu hutach:

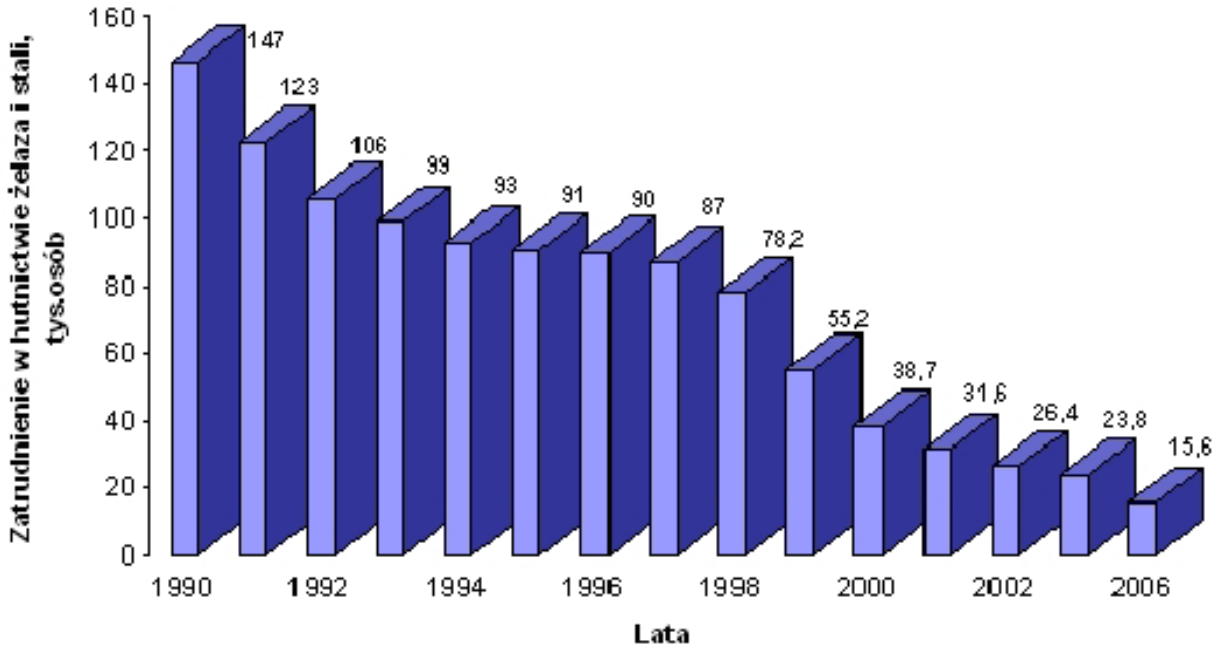
1. Huta Batory S.A. w Chorzowie,
2. CELSA „Huta Ostrowiec" Sp. z o.o. (dwie stalownie) w Ostrowcu Świętokrzyskim,
3. CMC Zawiercie S.A. w Zawierciu,
4. Huta Stali Częstochowa Sp. z o.o. w Częstochowie,
5. FERROSTAL Łabędy Sp. z o.o. w Gliwicach,
6. Huta LW Sp z o.o. w Warszawie,
7. HSW - Huta Stali Jakościowych Sp. z o.o. w Stalowej Woli

Na rys. 2 przedstawiono miejsca, w których zlokalizowane są huty wytapiające stal w łukowym procesie elektrycznym.

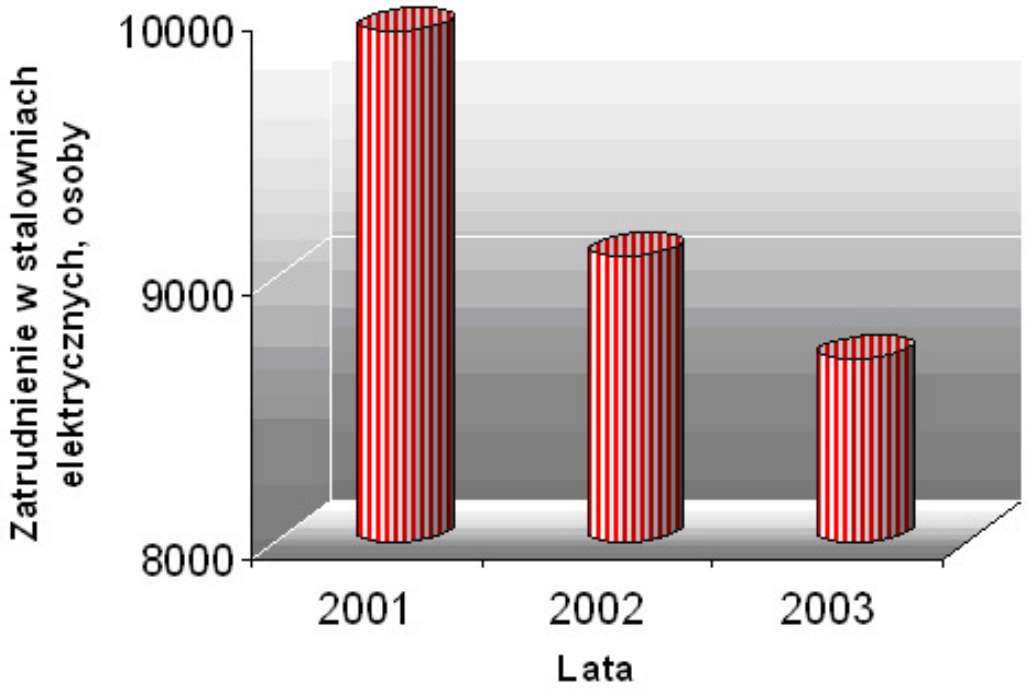
Rys. 2. Rozmieszczenie stalowni elektrycznych w Polsce

2.3. ZATRUDNIENIE I INWESTYCJE W STALOWNIACH ELEKTRYCZNYCH

Na rys.3. przedstawiono istniejący i planowany stan zatrudnienia w całym hutnictwie żelaza i stali w latach 1990 – 2006 r., a na rys. 4 kształtowanie się zatrudnienia w stalowniach elektrycznych w latach 2001 – 2003.



Rys. 3. Zatrudnienie w hutnictwie żelaza i stali w Polsce latach 1990÷2006.



Rys. 4. Zatrudnienie w polskich stalowniach elektrycznych latach 2001÷2003

Od 1999 roku zwalniani hutnicy korzystają z systemu osłon socjalnych, a przedsiębiorcy z pomocy publicznej przeznaczonej na restrukturyzację zatrudnienia, określonych w Hutniczym Pakiecie Socjalnym (HPS).
Poniesione przez huty koszty związane z redukcją zatrudnienia przekroczyły 400 mln zł, przy czym kwota ponad 100 mln zł została refinansowana ze środków budżetowych, których dysponentem był minister właściwy do spraw gospodarki, a kwota około 4 mln zł ze środków pomocowych PHARE. Ze środków PHARE dofinansowano również kwotą około 10 mln zł instrumenty aktywizujące rynek pracy. Dotychczasowy postęp restrukturyzacji zatrudnienia nie zapewnił osiągnięcia optymalnych standardów produktywności. Wynika to z niższego poziomu techniczno-technologicznego hut, ograniczonej restrukturyzacji zatrudnienia w administracji oraz z braku zaawansowania procesów konsolidacyjnych.
Porozumienie rządu i Unii Europejskiej, co do programu restrukturyzacji polskiego hutnictwa, uwieńczone zapisem w traktacie akcesyjnym, jest zasadniczą wartością. Równie ważna jest konsekwencja w zakresie konsolidacji i prywatyzacji sektora. Polskie Huty Stali SA zyskały inwestora strategicznego - LNM Holdings N.V., Huta Zawiercie SA - Commercials Metals Company, a Zakłady Ostrowieckie Huta Ostrowiec Sp. z o.o. przejął hiszpański koncern Celsa. Działania te niewątpliwie przyczyniły się do ochrony sektora przed upadłością i jednocześnie sprawiły, że stał się on konkurencyjny.
Trwają inwestycje w Celsa Huta Ostrowiec. W 2003 r Celsa Huta Ostrowiec zainwestowała 100 mln zł w urządzenia produkcyjne i infrastrukturę, co ma znacząco podnieść jej wydajność i jakość produkowanych wyrobów oraz jednocześnie ich konkurencyjność na rynku. Największą inwestycją zaplanowaną na 2004 rok jest obecnie realizowany zakup pieca elektrycznego wraz z infrastrukturą dla stalowni oraz dwie linie przewijarek kręgów (kręgi o średnicy 1250 będą nowym produktem CHO). W Zakładzie Wyrobów Kutych z zaplanowanych pierwotnie inwestycji na kwotę około 7 mln zł na ten rok, na inwestycje przeznaczono ponad 21 mln zł - głównie na numeryczne centrum obróbki wałów głównych elektrowni wiatrowych, obrabiarki sterowane numerycznie oraz urządzenia do kucia (manipulator do prasy 8 tys. Mg).
Inwestycje zmierzające do poprawy jakości produktu deklaruje także CMC, nowy właściciel Huty Zawiercie. Wejście do huty inwestora branżowego okazało się korzystnym rozwiązaniem dla huty, która wchodząc w skład holdingu CMC uzyskała dostęp do nowych kanałów dystrybucji swoich produktów jak również atrakcyjnych rynków zbytu. Huta Zawiercie jest trzecim w kraju producentem gotowych wyrobów stalowych oraz największym producentem stali wytapianej w piecach elektrycznych, w których podstawowym surowcem jest złom. Większość produkcji trafia na eksport.

2.4. ZUŻYCIE ENERGII I SUROWCÓW ORAZ ODDZIAŁYWANIE STALOWNI ELEKTRYCZNYCH NA ŚRODOWISKO NATURALNE

W tabl.3 przedstawiono zużycie energii elektrycznej i surowców w 2003 r. w polskich elektrostalowniach w porównaniu z europejskimi stalowniami elektrycznymi.

Tablica 3. Średnie zużycie energii elektrycznej i surowców w stalowniach elektrycznych

Zużycie	Polskie stalownie elektryczne	Europejskie stalownie elektryczne
Tlen, m^3/Mg produktu	41 – 47*	24 – 47
Energia elektryczna, MJ/Mg produktu	2000	1250 – 1800
Wsad żelazonośny, kg/Mg produktu	1123 – 1150*	1080 – 1130
Topniki, kg/Mg produktu	61	30 – 80

* w przypadku pieca KONEL, który nie jest typowym piecem elektrycznym zużycie tlenu i wsadu żelazonośnego (w tym surówki żelaza) może być wyższe niż średnia dla standardowych pieców elektrycznych

Miernikiem uciążliwości oddziaływania hut na środowisko naturalne jest wielkość emisji zanieczyszczeń. W tabl.4 przedstawiono kształtowanie się emisji zanieczyszczeń całego sektora stalowego, a w tabl. 5 przedstawiono emisję zanieczyszczeń przypadającą na stalownie elektryczne.

Tablica 4. Emisja zanieczyszczeń całego sektora stalowego w 2003 r

Substancja	Emisja zanieczyszczeń w 2003 r.
Pyły, tys. Mg	8
Gazy, tys. Mg	4 300
Ścieki, tys. m^3	14 900
Odpady stałe, tys. Mg	5 900

Zanieczyszczenia pyłowe są obecnie zatrzymywane w nowoczesnych urządzeniach odpylających. Obserwuje się również znaczną redukcję emisji gazów, głównie w wyniku modernizacji procesów produkcyjnych. Wyraźnej poprawie uległa w ostatnich latach gospodarka wodą, dzięki oczyszczaniu i recyrkulacji ścieków w zamkniętych obiegach wodnych. Likwidacji ulegają również jako zbędne strefy ochronne wokół zakładów hutniczych.

Tablica 5. Emisja zanieczyszczeń w elektrostalowniach w 2003 r

Substancja	tys. Mg/rok	Procentowy udział elektrostalowni w emisji zanieczyszczeń sektora stalowego
Pyły	0,545	6,8
Gazy, w tym:	657	15,3
CO_2	650	15,8
CO	4,150	2,8
NO_x	1,540	16,4
SO_2	0,337	4,6
Ścieki, tys. m^3/rok	2 500	16,8
Odpady stałe	555	9,4

3. ANALIZA TECHNIK I TECHNOLOGII STOSOWANYCH W BRANŻY

Polskie stalownie wytwarzające stal w procesie elektrycznym zlokalizowane są w siedmiu hutach. W jednej hucie są dwie stalownie (stalownia jakościowa i ilościowa), co w sumie daje osiem wydziałów elektrostalowniczych. W pięciu elektrostalowniach, wytapiana jest stal z przeznaczeniem głównie na półwyroby i wyroby długie. Jedna stalownia wytapia stal z przeznaczeniem głównie na półwyroby i wyroby płaskie a dwie z przeznaczeniem na odkuwki. Cztery krajowe stalownie specjalizują się w produkcji stali jakościowych z dużym udziałem stali stopowych, natomiast w programie produkcyjnym pozostałych przeważają stale niestopowe.

Stalownie te eksploatują 9 łukowych pieców elektrycznych (EAF) na prąd zmienny (AC) o pojemności od 30 do 140 Mg. Dziesiąta jednostka piecowa to 100 Mg piec typu ”KONEL” tzw. konwertor elektryczny - piec łukowy z dodatkowymi lancami tlenowymi i dyszami w trzonie. Nie jest to typowy piec elektryczny i niektóre parametry i wskaźniki procesu mogą być inne niż w piecach standardowych. Urządzenie przystosowane jest do stosowania wsadu metalicznego w postaci złomu oraz surówki żelaza.

Poza jednym piecem o średniej mocy, pozostającym obecnie w rezerwie, pracujące w Polsce łukowe piece elektryczne mieszczą się w grupie pieców wysokiej i ultra wysokiej mocy (biorąc pod uwagę tonaż wytopów i wyposażenie pieców w urządzenia służące intensyfikacji ich pracy). Wskaźnik mocy pieców przypadającej na Mg spuszczanej stali zwiększają palniki tlenowo-paliwowe, w które wyposażona jest większość tych jednostek.

W większości są to piece nowe (kilkuletnie) lub niedawno zmodernizowane. Wszystkie mają chłodzenie wodne ścian i sklepień, praktycznie wszystkie wyposażono w lance tlenowe i węglowe zainstalowane na manipulatorach. Oprócz jednego pozostającego w rezerwie, wszystkie piece dysponują nowoczesnym otworem spustowym typu EBT (otwór spustowy niecentrycznie usytuowany w trzonie pieca). Ogólną charakterystykę łukowych pieców elektrycznych pracujących w Polsce przedstawiono w tabl.6.

Tablica 6. Charakterystyka krajowych łukowych pieców elektrycznych

Liczba instalacji	Masa wytopu [Mg]	Moc transformatora [MVA]	Średni wiek instalacji lub czas od ostatniej modernizacji [lata]	Łączna nominalna zdolność produkcyjna [tys. Mg/rok]
3*	30 – 40	9* – 20	8**	310
3	65 – 85	25 – 70	6	1 030
4	100 – 140	60 – 105	9	2 600
Razem: 10				

*jeden piec w rezerwie
** dotyczy dwóch pracujących pieców

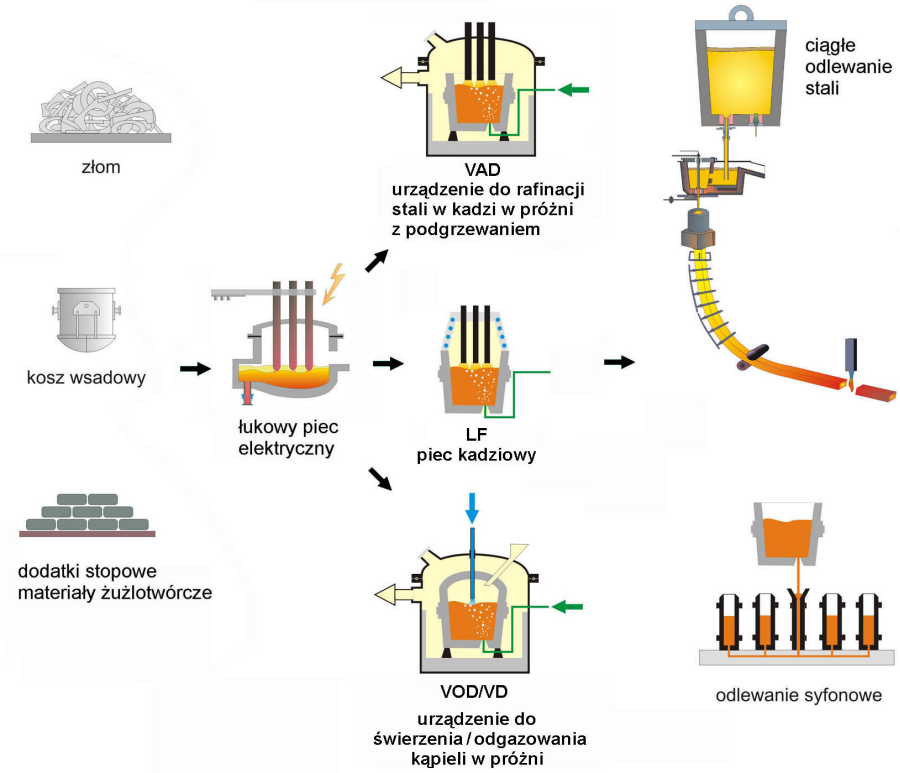
3.1. OPIS PROCESU WYTAPIANIA STALI W ŁUKOWYM PIECU ELEKTRYCZNYM

Stalownie elektryczne wykorzystują energię łuku elektrycznego do wytapiania stali. Proces ten oparty jest na złomie stalowym, głównie zbiórkowym – poamortyzacyjnym jak i obiegowym z poszczególnych wydziałów huty. Dzięki temu proces ten jest znacznie mniej energochłonny w porównaniu z procesem wytwarzania stali w hutach zintegrowanych w układzie wielki piec – konwertor tlenowy, a jednocześnie odgrywa ważną rolę w recyklingu tego surowca wtórnego. Również inwestycyjnie elektryczny proces wytapiania stali jest tańszy. Początkowo łukowy proces elektryczny wykorzystywano głownie do produkcji stali stopowych i jakościowych. Obecnie jest on poważnym źródłem stali masowych. Z biegiem lat rosła objętość pieców i moc ich transformatorów, w wyniku czego piece małej, a następnie średniej i dużej mocy zastąpiły piece ultra wysokiej mocy (UHP). Standardowe jednostki tego typu mają pojemność od 30 do 160 t.

Podstawowy schemat wytwarzania stali w procesie elektrycznym obejmuje, rys. 5.:

- roztapianie wsadu w łukowych piecach elektrycznych wraz ze wstępną obróbką ciekłego metalu,
- dalsza obróbka ciekłego metalu wraz z tzw. wykańczaniem na stanowiskach pozapiecowej obróbki stali,
- odlewanie stali metodą ciągłą.

Wymóg odlewania stali do wlewnic dotyczy wlewków przeznaczonych do dalszego przerobu na drodze kucia oraz ograniczonej liczby gatunków stali przeznaczonych na specjalne wyroby.
Wyposażenie elektrostalowni (rodzaj i parametry techniczno-eksploatacyjne poszczególnych urządzeń) zależy od rodzaju produkowanej stali i półwyrobów stalowych.



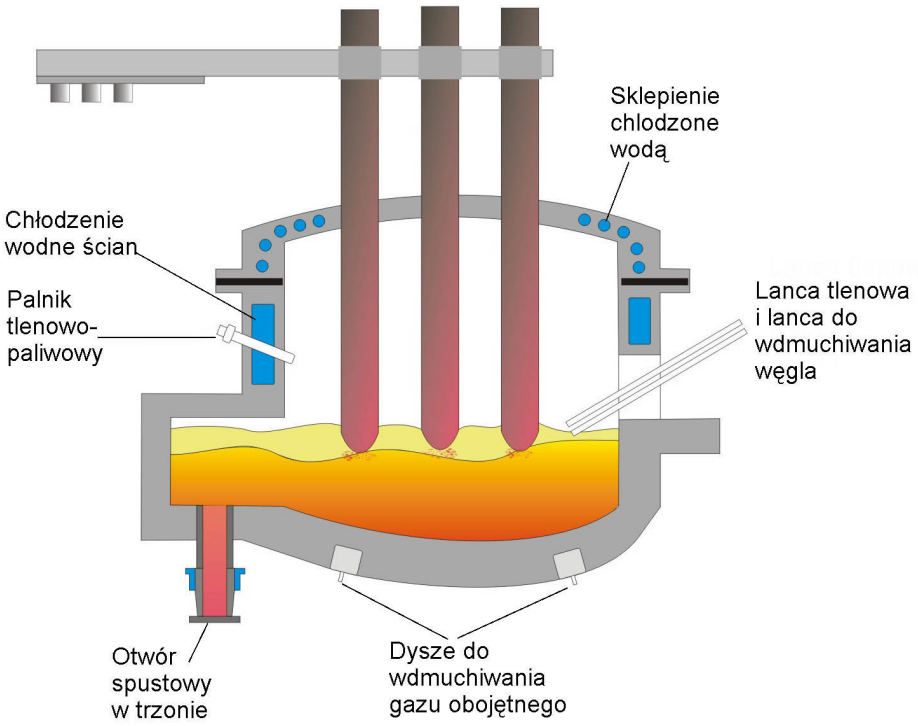
Rys. 5. Schemat technologiczny procesu elektrostalowniczego

Łukowy piec elektryczny składa się z trzonu wyłożonego materiałami ogniotrwałymi i górnej części pancerza z chłodzonymi wodą panelami oraz chłodzonego wodą sklepienia. Cały piec może być pochylany w celu wylania stali przez otwór spustowy lub żużla przez okno żużlowe. Elektrody służące do dostarczania energii elektrycznej przechodzą przez sklepienie pieca. Sklepienie może być obracane na bok w celu umożliwienia załadowania złomu do pieca. Sklepienie posiada także dodatkowy otwór, przez który z pieca do odpylni odprowadzane są gazy odlotowe powstające w wyniku reakcji związanych z procesem wytwarzania stali. Pojemność pieców EAF może wynosić od kilku do 200 i więcej ton ciekłej stali. Większość istniejących pieców EAF zasilanych jest prądem zmiennym (piece typu AC) i posiada po 3 elektrody. Na świecie przybywa pieców łukowych na prąd stały (DC). Wyposażone są one w jedną elektrodę w sklepieniu i drugą wbudowaną w trzon. Piece DC charakteryzują się mniejszymi „migotaniami" prądu i są znacznie cichsze od pieców na prąd zmienny. Piec na prąd stały w porównaniu z piecem na prąd zmienny wymaga wyższych nakładów inwestycyjnych i droższych materiałów stosowanych w trzonie, przy czym ich trwałość jest większa. W Polsce wszystkie łukowe piece stalownicze to piece na prąd zmienny.

Tradycyjny piec łukowy przeszedł ogromne zmiany polegające m.in. na:

- zwiększeniu mocy transformatorów (intensyfikacja roztapiania - skrócenie procesu wytapiania do około 1 godziny),
- zastosowaniu tlenu gazowego do świeżenia, intensyfikacji roztapiania oraz dopalania gazów nad kąpielą (intensyfikacja procesu wytapiania),
- wprowadzeniu chłodzenia wodnego ścian i sklepienia, początkowo tzw. zimnego a następnie gorącego i natryskowego w przypadku sklepień (oprócz intensyfikacji procesu uzyskano obniżkę zużycia materiałów ogniotrwałych – wzrost wydajności przy równoczesnej obniżce kosztów),
- zastosowaniu otworu spustowego w trzonie pieca, co umożliwia bezżużlowy spust i pracę na tzw. jeziorku ciekłej stali (poprawa jakości stali i intensyfikacja procesu roztapiania i wykańczania stali, zwiększenie trwałości trzonu),
- wprowadzeniu lancy tlenowej i lancy do wdmuchiwania spieniaczy żużla, zainstalowanych na – manipulatorach (umożliwienie pracy na długich łukach – wzrost sprawności elektrycznej i cieplnej pieca, przyspieszenie reakcji metalurgicznych, obniżenie hałasu, zmniejszenie zużycia materiałów i zmniejszenie zużycia energii elektrycznej),
- zastosowaniu palników tlenowo-paliwowych i tlenowo-paliwowo-powietrznych (skrócenie czasu wytopu, wzrost wydajności pieca o 15-20%, zmniejszenie zużycia energii),
- powiązaniu pracy pieca z pieco-kadzią (wzrost wydajności, obniżka kosztów – wzrost uzysku żelazostopów, oszczędność elektrod, energii),
- wprowadzeniu sterowania komputerowego procesem - sterowanie dostarczaniem energii (lepsze wykorzystanie mocy, oszczędności zużycia elektrod i materiałów ogniotwałych),
- zastosowaniu mieszania kąpieli przez wdmuchiwanie gazu obojętnego przez dno pieca (wzrost wydajności, skrócenie okresu roztapiania, zwiększenie uzysku żelaza i dodatków stopowych, zmniejszenie zużycia wapna, odtleniaczy i energii elektrycznej, wzrost czystości stali); dalszy rozwój tej technologii doprowadził do opracowania dysz do dmuchu kombinowanego (CH_4 – O_2 –Ar/N_2),
- wprowadzeniu systemu dławików stabilizujących pracę łuków elektrycznych oraz innych usprawnień układu zasilania, w tym przewodzące ramiona elektrod (wzrost sprawności układu, zmniejszenie zużycia elektrod i energii elektrycznej),
- ciągłym udoskonalaniu elektrod grafitowych (ograniczenie zużycia elektrod),
- wprowadzeniu podgrzewania złomu (ograniczenie zużycia energii w procesie roztapiania wsadu, skrócenie czasu wytopu, wykorzystanie ciepła gazów odlotowych); opracowanie procesu „Consteel" i procesu w tzw. „piecu szybowym" wykorzystujących podgrzewanie złomu.

Na rys. 6 przedstawiono schemat nowoczesnego stalowniczego pieca elektrycznego na prąd zmienny z zaznaczonymi elementami wyposażenia zapewniającymi intensyfikację i wzrost efektywności procesu wytapiania stali.



Rys. 6. Elektryczny piec stalowniczy wyposażony w lance i palniki intensyfikujące proces wytapiania stali

3.1.1. PRZEŁADUNEK I SKŁADOWANIE SUROWCÓW

Podstawowym tworzywem żelazonośnym do produkcji stali elektrycznej jest złom stalowy. Pozostałe materiały wykorzystywane w procesie to:

- topniki – materiały żużlotwórcze (głównie palone wapno i wapno dolomitowe),
- nawęglacze (węgiel, złom elektrod węglowych, koks),
- dodatki stopowe (głównie żelazostopy),
- odtleniacze (glin, żelazokrzem i żelazo-krzemo-mangan),
- spieniacze żużla (rozdrobnione materiały węglowe).

W grupie materiałów zużywanych w procesie są także materiały ogniotrwałe stosowane na wymurówkę pieców i kadzi stalowniczych. Oprócz złomu, wszystkie te materiały muszą być magazynowane pod dachem.

3.1.2. ŁADOWANIE PIECA

Złom stalowy ładowany jest do koszy wraz z wapnem, które stanowi materiał żużlotwórczy i nawęglaczem, który zwykle stanowi koks lub antracyt. Elektrody są podnoszone w skrajne górne położenie a sklepienie odsuwane jest w celu umożliwienia załadunku wsadu. Sadzenie w zależności od jakości złomu (jego gęstości nasypowej) odbywa się zwykle dwoma lub trzema koszami, przy czym im mniej koszy tym lepiej. Stosowanie sadzenia mniejszą ilością koszy skraca czas roztapiania wsadu a przez to czas całego wytopu (tzw. czas od spustu do spustu) i ogranicza zużycie energii.

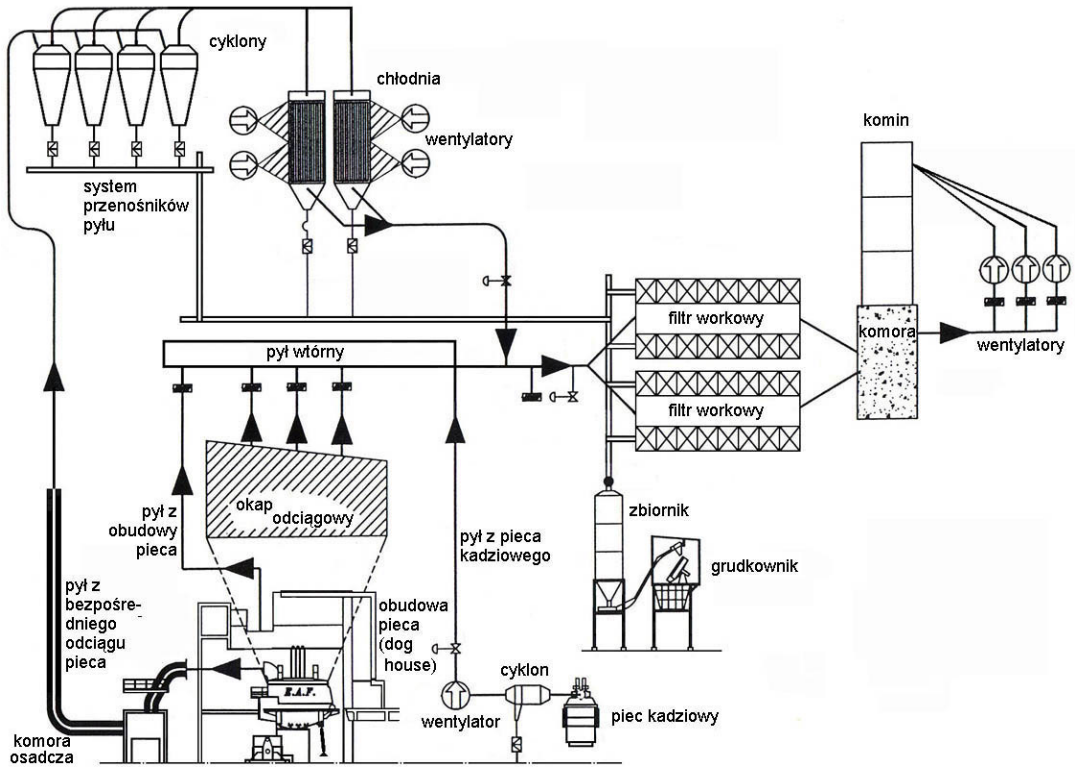
3.1.3. ROZTAPIANIE I RAFINACJA

Nowoczesne piece zaprojektowane są w sposób umożliwiający maksymalizację zdolności roztapiania przy optymalizacji zużycia energii elektrycznej i chemicznej.

Po załadowaniu pierwszego kosza piec zamykany jest sklepieniem i elektrody są opuszczane w celu zainicjowania pracy łuku. Początkowo praca odbywa się przy wykorzystaniu niskiej mocy, aby zminimalizować zużycie wyłożenia ogniotrwałego ścian i sklepienia pieca w wyniku ograniczenia

promieniowania cieplnego. Dodatkowa energia cieplna dostarczana jest w wyniku pracy palników paliwowo-tlenowych. Palniki umieszczane są w ścianach pieca i w oknie w celu roztopienia wsadu w tzw. zimnych miejscach. Najczęściej stosowanym paliwem w palnikach jest gaz ziemny. Gdy elektrody całkowicie zagłębią się w złomie moc prądu można zwiększyć. Po roztopieniu pierwszego kosza złomu ładuje się kolejny.

Świeżenie kąpieli metalowej rozpoczyna się po roztopieniu części wsadu. Proces ten kontynuuje się po roztopieniu całego złomu do momentu uzyskania wymaganej zawartości węgla w stali. Do świeżenia kąpieli metalowej (utleniania węgla i innych niepożądanych domieszek takich jak fosfor) zwykle stosuje się tlen gazowy wdmuchiwany za pomocą lancy. Tlen może być także wdmuchiwany w celu dopalenia tlenku węgla pochodzącego z wypalania węgla. Stosowanie tlenu powoduje znaczący wzrost ilości wytwarzanych gazów i wyziewów, składających się z CO i CO_2, bardzo drobnych cząstek tlenku żelaza i innych produktów procesu utleniania. Wdmuchiwanie tlenu powoduje także utlenianie żelaza i wzrost temperatury kąpieli metalowej w wyniku egzotermicznej reakcji utleniania. Tlenki żelaza przechodzą do żużla. Można je z powrotem zredukować do metalicznego żelaza w wyniku wdmuchiwania węgla. Utworzony CO i CO_2 powodują spienienie żużla, który zakrywa końce elektrod i zwiększa efektywność grzania łukiem, poprzez stabilizację pracy łuków oraz zmniejszenie strat ciepła w wyniku promieniowania. Praca łukiem zakrytym, pozwala także ograniczyć zużycie materiałów ogniotrwałych i zmniejszyć emisję hałasu. Technologia ta realizowana jest przy użyciu lancy tlenowej i lancy, przez którą do żużla wdmuchiwany jest spieniacz. Ściany pieców chłodzone są wodą, przy wykorzystaniu chłodnic skrzyniowych lub paneli rurowych, co pozwala zminimalizować zużycie materiałów ogniotrwałych. Intensyfikację procesu rafinacji kąpieli metalowej w piecu uzyskuje się także dzięki przedmuchiwaniu jej gazem obojętnym przez dysze lub kształtki gazoprzepuszczalne umieszczone w trzonie pieca. Przedmuchiwanie powoduje mieszanie kąpieli, a to z kolei intensyfikuje przebieg reakcji metalurgicznych, sprzyjając równocześnie ujednorodnieniu temperatury kąpieli. Zapylone gazy odlotowe wytwarzane w czasie procesu roztapiania i rafinacji stali przechodzą przez czwarty otwór w sklepieniu pieca (EAF AC) do przewodu spalinowego, ochładzacz – chłodnicę i kolektor pyłu zanim zostaną wyemitowane do atmosfery. Przykład systemu odpylania przedstawiono na rys.7.



Rys. 7. Przykład systemu odpylania pieców elektrycznych

3.1.4. SPUST STALI I ŻUŻLA

Żużel spływa samoistnie z pieca na skutek jego spieniania pod koniec okresu roztapiania wsadu i przez cały okres świeżenia. Może także wystąpić potrzeba jego usuwania w trakcie procesu rafinacji. Wówczas podnosi się elektrody i przechyla się piec na stronę okna żużlowego, celem umożliwienia samoistnego spływu żużla lub jego zgarnięcia do kadzi żużlowych. Powstające dymy i opary można częściowo stłumić rozpylając wodę.

Stal może być spuszczana do kadzi albo przez rynnę spustową, albo przez otwór spustowy w trzonie pieca. Niecentrycznie usytuowane w trzonie pieców otwory spustowe pozwalają na bezżużlowy spust stali z pieca. Powszechnie stosowana jest tzw. metoda „kałuży" (znana także jako metoda „płynnej stopy" lub „ciekłego jeziorka") polegająca na pozostawieniu w piecu do 20% ciekłej stali poprzedniego wytopu, co pozwala na spust bezżużlowy oraz na skrócenie czasu kolejnego wytopu. Spust bezżużlowy przyczynia się także do wzrostu efektywności pozapiecowej obróbki ciekłej stali.

W stalowniach nieposiadających oddzielnych urządzeń do obróbki pozapiecowej ciekłej stali dodatki stopowe i inne są wprowadzane do kadzi stalowniczej przed spustem lub częściej w jego trakcie, co wiąże się ze zwiększoną emisją spalin, obniżeniem jakości stali oraz większymi kosztami wytworzenia.

3.2. POZAPIECOWA OBRÓBKA STALI ELEKTRYCZNEJ

Prowadzone nieprzerwanie od początku lat pięćdziesiątych dwudziestego wieku działania w kierunku obniżki kosztów wytwarzania stali i zaspokajania wciąż rosnących wymagań jakościowych doprowadziły do ograniczenia roli pieców elektrycznych do roztapiania wsadu, odfosforowania i świeżenia (wypalanie węgla). Procesy wykańczania stali polegające na jej rafinacji i końcowej regulacji składu chemicznego oraz temperatury przejęły urządzenia do obróbki pozapiecowej.

Obróbka pozapiecowa realizowana jest na specjalnych stanowiskach do obróbki ciekłej stali w kadzi, wykorzystując zazwyczaj system grzania łukiem elektrycznym, co umożliwia prowadzenie procesów rafinacyjnych, dodawanie dodatków stopowych w lepszych warunkach niż w piecu, przyczyniając się do wzrostu uzysku wprowadzanych pierwiastków. Na stanowiskach obróbki pozapiecowej stosowane są także układy wytwarzania próżni. Próżniowe procesy obróbki pozapiecowej służą do odgazowania stali i/lub jej odwęglenia.

Podstawowe zabiegi obróbki pozapiecowej polegają na:

- obróbce pod żużlem rafinacyjnym,
- uzupełnieniu i ujednorodnieniu składu chemicznego oraz temperatury w całej objętości kadzi,
- wprowadzaniu mikrododatków i modyfikatorów metodą drutów rdzeniowych (wprowadzanie dodatku w postaci drutu składającego się z otuliny z taśmy stalowej i rdzenia stanowiącego wymagany dodatek np. Ca, CaSi, Ti, Nb, S, CFeB itp. pozwala zwiększyć ich uzysk oraz ograniczyć emisje do powietrza) lub w postaci kawałkowej,
- przedmuchiwaniu gazem obojętnym w celu oczyszczenia stali z wtrąceń niemetalicznych,

i realizowane są w kadzi wyposażonej w mieszanie gazem obojętnym najczęściej wdmuchiwanym przez jedną lub kilka (w zależności od wielkości kadzi) kształtek gazoprzepuszczalnych umieszczonych w dnie kadzi.

Procesy te umożliwiają uzyskanie znacznie czystszych stali o ścisłym i bardziej powtarzalnym składzie chemicznym niż przy wykorzystaniu samych pieców elektrycznych. Dzięki znacznie korzystniejszym warunkom metalurgicznym umożliwiają zmniejszenie zużycia jednostkowej energii na wyprodukowanie tony stali i wzrost uzysku wprowadzanych dodatków stopowych i żużlotwórczych, obniżając koszty wytapiania stali. Zapewniają także dostawę jednorodnych pod względem składu i temperatury porcji ciekłej stali w wymaganym czasie, umożliwiając wydłużenie sekwencji ciągłego odlewania, przyczyniając się do obniżki kosztów wytwarzania półwyrobów stalowych.

3.2.1. PIEC KADZIOWY (PROCES LF)

Obróbkę kadziową z podgrzewaniem stali realizuje się najczęściej w urządzeniu zwanym piecem kadziowym. Piec kadziowy przypomina piec łukowy. Składa się z kadzi (zwykle) ustawionej na specjalnym wozie, pokrywy (sklepienia) z elektrodami, automatycznego systemu dozowania dodatków stopowych i zwykle maszyny do wprowadzania drutów rdzeniowych. Kolejna istotna różnica polega na tym, że łuk elektryczny służy w tym przypadku do podgrzewania ciekłej stali i dlatego nie są konieczne tak duże moce prądu jak w piecach EAF. Piece kadziowe wyposażone są w mieszanie kąpieli gazem obojętnym przedmuchiwanym najczęściej przez korki gazoprzepuszczalne umieszczone w dnie kadzi. Wymagane jest to w celu realizacji procesu nagrzewania stali, uzyskania jednorodnej temperatury i składu chemicznego metalu w całej objętości kadzi, realizacji obróbki kąpieli żużlem rafinacyjnym i umożliwienia wprowadzania dodatków stopowych na powierzchnię stali wolną od żużla, co zwiększa ich uzysk.

3.2.2. WDMUCHIWANIE SPROSZKOWANYCH REAGENTÓW I WPROWADZANIE DRUTÓW RDZENIOWYCH

Systemy wdmuchiwania reagentów sproszkowanych do kąpieli stalowej stosowane są do realizacji procesów rafinacji i modyfikacji. Czynnikiem transportującym reagent sproszkowany jest gaz obojętny (argon lub azot). Wdmuchiwanie reagentów odbywa się przez lance pokryte materiałem ogniotrwałym. W grupie reagentów wyróżnia się:

- wapno i mieszanki wapna i fluorytu służące do odsiarczania,
- wapniokrzem, służący do modyfikacji wtrąceń niemetalicznych,
- proszki dodatków mikrostopowych stosowanych w celu poprawy własności mechanicznych końcowych wyrobów.

Operacje wdmuchiwania reagentów sproszkowanych przeprowadza się na specjalnie przygotowanych stanowiskach (np. SL) lub w na stanowiskach pieca kadziowego (LF).
Konieczne jest przedsięwzięcie odpowiednich środków ostrożności w celu eliminacji szkodliwych lub toksycznych emisji.
Obecnie technikę wdmuchiwania reagentów sproszkowanych wypiera technika ich wprowadzania w postaci drutów rdzeniowych. Metoda ta jest bardziej uniwersalna, pozwala także na wprowadzanie dokładnych ilości odtleniaczy, modyfikatorów i dodatków stopowych, w szczególności dodatków o wysokich prężnościach par i dodatków szkodliwych lub toksycznych, zapewniając maksymalny ich uzysk i ograniczając do minimum emisje. Metodą tą wprowadza się także drut aluminiowy w celu odtlenienia kąpieli stalowej.

3.2.3. OBRÓBKA PRÓŻNIOWA

Pozapiecowa obróbka stali obejmuje również procesy próżniowe polegające na odgazowywaniu stali (usuwaniu rozpuszczonego wodoru i azotu) przy użyciu urządzeń typu: komora próżniowa (VD), odgazowanie porcjowe (DH) lub obiegowe (RH). W próżni realizowane jest także odwęglanie stali, stosowane przy produkcji stali odpornych na korozję (z wykorzystaniem urządzenia VOD) lub przy produkcji stali z bardzo niską zawartością węgla (urządzenie VOD lub RH-OB). Urządzenie łączące funkcję komory próżniowej i pieca kadziowego (VAD) pozwala na grzanie i odgazowywanie ciekłej stali, wprowadzanie dodatków stopowych i obróbkę stali w ściśle kontrolowanym środowisku.

Wszystkie krajowe stalownie elektryczne wyposażone są w piece kadziowe, które umożliwiają wzrost jakości wytwarzanej stali i obniżkę kosztów wytwarzania. Dzięki umożliwieniu długotrwałej obróbki ciekłej stali poza piecem łukowym, piece kadziowe przyczyniają się do wzrostu wydajności pieców łukowych i pozwalają na uzyskiwanie najwyższej jakości stali. Pozwalają także na ciągłe odlewanie sekwencji kilku wytopów. Piece kadziowe mają możliwość mechanicznego wprowadzania dodatków kawałkowych, zwykle także wprowadzania dodatków techniką drutów

rdzeniowych, a jedno z tych urządzeń wyposażone jest także w lancę do wdmuchiwania reagentów sproszkowanych.
Urządzeniami do obróbki ciekłej stali w próżni dysponuje pięć z pośród ośmiu stalowni elektrycznych. W stalowniach tych znajduje się w sumie sześć urządzeń próżniowych: dwa urządzenia typu VD/VOD, dwa typu VAD i dwa VD.
Wyposażenie krajowych stalowni elektrycznych w urządzenia do obróbki pozapiecowej ciekłej stali odpowiada standardom światowym i pozwala na realizację założonego programu produkcyjnego. Charakterystykę urządzeń do obróbki pozapiecowej przedstawiono w tabl.7.

Tablica 7. Charakterystyka krajowych urządzeń do obróbki pozapiecowej w elektrostalowniach

Typ urządzenia do obróbki pozapiecowej	Ilość instalacji	Masa wytopu poddawanego obróbce [Mg]	Moc transformatora [MVA]	Średni wiek instalacji lub czas od ostatniej modernizacji [lata]
Piec kadziowy	10	30 - 120	5 – 25 (75*)	7
Obróbka stali w próżni				
• VD	2	65 i 85	-	7
• VD/VOD	2	36 i 100		8
• VAD	2	30 i 85**		9

* jedno urządzenie o mocy transformatora 75 MVA,
** urządzenie w spoczynku,
VD – komora próżniowa,
VOD – odwęglanie tlenem w próżni,
VAD – obróbka próżniowa z podgrzewania łukiem elektrycznym

3.3. ODLEWANIE STALI METODĄ CIĄGŁĄ

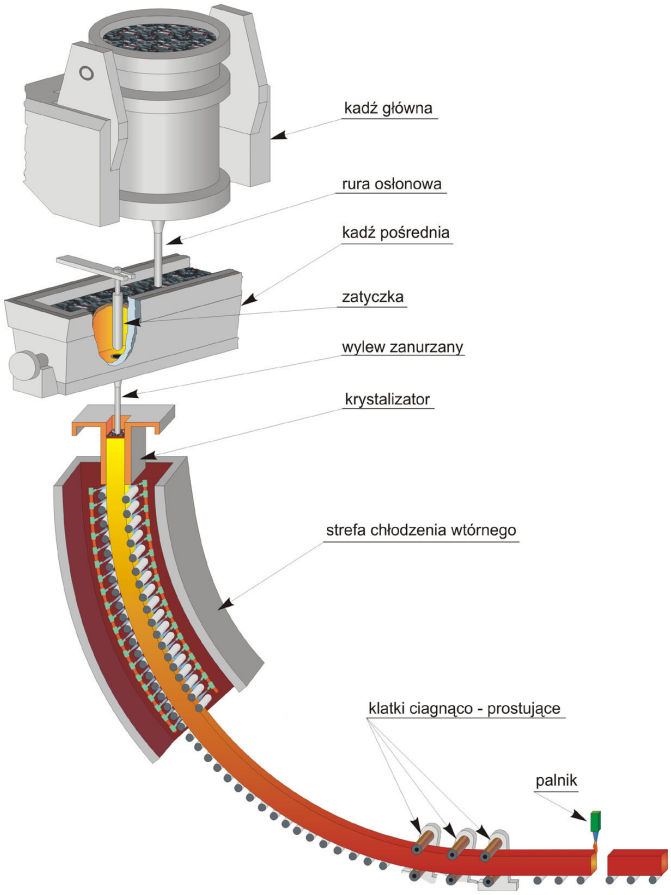
Technologia ciągłego odlewania stali (COS) stała się w ostatnich latach podstawowym sposobem, gwarantującym największą wydajność, niskie koszty i wysoką jakość. Dzięki tej metodzie zwiększono, w porównaniu z tradycyjnym odlewaniem stali do wlewnic, uzysk na drodze ciekła stal wlewek i wyeliminowano wstępne operacje przeróbki plastycznej. Dobór właściwych parametrów odlewania ciągłego pozwala na uzyskiwanie półwyrobów pozbawionych wad powierzchniowych i wewnętrznych. Procentowy udział metody COS w całkowitej ilości odlewanej stali w danym kraju stał się jednym ze wskaźników nowoczesności jego hutnictwa stali. W Polsce w ostatnich kilkunastu latach nastąpił dynamiczny wzrost udziału odlewania stali surowej (konwertorowa + elektryczna) metodą ciągłą (z 7,8% w roku 1991 do 76,4% w roku 2003). Udział technologii ciągłego odlewania w produkcji wlewków ze stali elektrycznej w Polsce w 2003 roku wyniósł 89,7%. Urządzenia COS pracują w sześciu z siedmiu hut wytwarzających stal w procesie elektrycznym, tabl.8. Dwie huty mają po dwa urządzenia COS. Urządzenia do ciągłego odlewania stali pracujące w stalowniach elektrycznych w Polsce mają w większości mniej niż 10 lat. Dwa z nich mogą odlewać albo wlewki płaskie, albo kwadratowe, pozostałe tylko wlewki kwadratowe.

Tablica 8. Charakterystyka krajowych urządzeń do ciągłego odlewania stali (COS) w stalowniach elektrycznych

Liczba urządzeń	Typ urządzenia	Przekroje odlewanych wlewków [mm]	Liczba żył	Wiek instalacji od uruchomienia lub od ostatniej modernizacji [lata]	Łączna nominalna zdolność produkcyjna [tys. Mg/rok]
2	łukowe	płaskie/kwadratowe	1 / 2 i 3 *	9 i 10	990
4	łukowe	kwadratowe	6 (3-urządz.) 3 (1-urządz.)	od 2 do 12	2.645
2**	łukowe	kwadratowe	4	8 i 28***	1 085
Razem: 8					

* urządzenia mogące odlewać albo wlewki płaskie na jednej żyle, albo wlewki kwadratowe na dwóch lub trzech (w zależności od urządzenia) żyłach
** jedno urządzenie nie pracuje
*** urządzenie niepracujące

Metodę konwencjonalną (tradycyjną) odlewania stali do wlewnic stosuje się obecnie w przypadku wymaganych szczególnych gabarytów wlewków kuziennych, w przypadku specjalnych zamówień i jako kanał awaryjny.
Proces ciągłego odlewania polega na zasilaniu kontrolowaną ilością ciekłej stali, chłodzonego wodą miedzianego krystalizatora o odpowiednim przekroju poprzecznym, rys.8.



Rys. 8. Schemat procesu ciągłego odlewania stali

Ciekła stal z kadzi lejniczej zasila kadź pośrednią, która stanowi rezerwuar zapewniający stałe ciśnienie ferrostatyczne stali i jej rozdzielacz w przypadku maszyn wielożyłowych. Pomiędzy kadzią lejniczą a kadzią pośrednią mogą być stosowane rury osłonowe lub osłona gazem obojętnym w celu ograniczenia kontaktu strumienia ciekłej stali z powietrzem. W krystalizatorze stal zaczyna krzepnąć, tworząc stały naskórek. Rdzeń pasma pozostaje ciekły. Celem zapobieżenia przywierania stałego naskórka do powierzchni ścian krystalizatora, stosuje się dodatki zasypki smarującej (lub oleju) oraz ruch oscylacyjny krystalizatora. Następnie pasmo jest wyciągane z krystalizatora i chłodzone natryskiwaną wodą (rzadziej mgłą powietrzno-wodną) w drugiej (zwanej wtórną) strefie chłodzenia. Po przejściu przez rolki ciągnące i prostujące trafia na samotok, całkowicie skrzepnięte pasma są cięte za pomocą palników tlenowo-gazowych, na odcinki wymaganej długości. W zależności od przekroju wyrobu i wymaganej wydajności odlewania, maszyny COS mają od jednej do ośmiu żył.
W procesie ciągłego odlewania otrzymujemy półwyroby o różnych przekrojach odpowiadających slabom, kęsom i kęsiskom (wlewkom tradycyjnym wstępnie przerobionym plastycznie na przekrój płaski, prostokątny i kwadratowy), przy czym w kraju przyjęto nazewnictwo „wlewki ciągłe" (odpowiednio płaskie, kwadratowe). Ciągłe odlewanie stali praktycznie zastąpiło etapowy proces wytwarzania półwyrobów, obejmujący odlewanie stali do wlewnic, wygrzewanie wlewków w piecach wgłębnych, wstępne walcowanie (walcownia zgniatacz). Przyczyniło się to do poprawy uzysku zmniejszenia zużycia energii i obniżenia kosztów wytwarzania.

3.4. ODLEWANIE STALI METODĄ KLASYCZNĄ DO WLEWNIC

Metodę klasyczną (tradycyjną) odlewania stali do wlewnic stosuje się obecnie w przypadku:

- wlewków kuziennych o dużej masie, przeznaczonych na odpowiednio duże elementy,
- odlewania stosunkowo niewielkich ilości specjalnych gatunków stali,
- awarii urządzeń COS (jako kanał awaryjny).

Odlewanie wlewków obejmuje zalewanie (napełnianie) ciekłą stalą otwartych od góry wlewnic żeliwnych, o wymiarach zależnych od końcowego wyrobu oraz założonego procesu przerobu. Wlewnice mogą być zalewane od dołu (odlewanie syfonowe) lub od góry. W przypadku odlewania syfonowego odlewa się zwykle kilka wlewków równocześnie przez lej i system kanalików zalewowych. Pojedynczo odlewane są tą metodą bardzo duże wlewki kuzienne. W czasie odlewania wlewków stosowane są zasypki smarujące dodawane do wlewnic w czasie ich napełniania stalą oraz zasypki izolacyjne wprowadzane na powierzchnię stali w wypełnionej wlewnicy lub jej nadstawce. W czasie wyjmowania wlewków z wlewnic, rozbrajania zestawów i w czasie napraw powierzchni wlewków, realizowanych najczęściej metodą ogniową przy użyciu lanc tlenowych, występuje pylenie.
W roku 2003 stalownie elektryczne metodą klasyczną odlały około 10% wyprodukowanej stali. Dwie stalownie elektryczne całą ilość wytwarzanej przez siebie stali płynnej odlewa metodą klasyczną, przy czym jedna wyłącznie, a druga w dużej mierze pracuje na potrzeby wydziału kuźni (prasowni) odlewając wlewki kuzienne.

4. LISTA ASPEKTÓW ŚRODOWISKOWYCH SZCZEGÓLNIE ISTOTNYCH DLA BRANŻY

W niniejszym rozdziale przedstawiono najważniejsze aspekty środowiskowe związane z poszczególnymi operacjami i procesami technologicznymi przeprowadzanymi w stalowniach elektrycznych.
Za istotne aspekty uznano te, które wiążą się z powstawaniem największego zagrożenia dla środowiska, powodują emisję do kilku komponentów środowiska oraz charakteryzują się stosunkowo długim czasem występowania skutków.

4.1. ISTOTNE ASPEKTY ŚRODOWISKOWE DLA STALOWNI ELEKTRYCZNYCH

W tabl.9 i dalszych podano jedynie wpływy bezpośrednie. W przypadku np. zużycia energii elektrycznej, eksploatacji zasobów występują również wpływy pośrednie, związane z zanieczyszczeniem środowiska w procesach spalania, wydobywania, transportu itp.

Tablica 9. Istotne aspekty środowiskowe dla wytapiania stali w piecu elektrycznym

Lp.	DZIAŁANIE	ASPEKT	WPŁYW
1	2	3	4
1	**ROZŁADUNEK MATERIAŁÓW WSADOWYCH**	Emisja hałasu przez maszyny	zwiększenie emisji hałasu
		Zużycie energii elektrycznej	wyczerpywanie zasobów naturalnych
		Emisja zorganizowana i niezorganizowana pyłu do atmosfery	zanieczyszczenie powietrza
2	**PRZYGOTOWANIE ZŁOMU (SELEKCJA, CIĘCIE, STRZĘPIENIE, PACZKOWANIE)**	Emisja niezorganizowana pyłowo-gazowa	zanieczyszczenie powietrza
		Emisja hałasu	zwiększenie emisji hałasu
		Zużycie energii	wyczerpywanie zasobów naturalnych
3	**WYTAPIANIE STALI W PIECACH ELEKTRYCZNYCH**	Zużycie energii elektrycznej i gazu	wyczerpywanie zasobów naturalnych
		Emisja pyłu do atmosfery	zanieczyszczenie powietrza
		Emisja gazów (pary metali, CO, SO_2, CO_2, PCDD/F), PAH, PCB, HF, HCl do atmosfery podczas pracy pieca	zanieczyszczenie powietrza
		Powstawanie odpadu – pył z urządzeń odpylających	zanieczyszczenie powietrza, gleby, wody, zajmowanie powierzchni
		Powstawanie odpadu – żużel stalowniczy	zanieczyszczenie powietrza, gleby, wody, zajmowanie powierzchni
		Wytwarzanie hałasu przez piec elektryczny	zwiększenie emisji hałasu
4	**OBRÓBKA POZAPIECOWA**	Emisja pyłu do atmosfery	zanieczyszczenie powietrza
		Emisja gazów do atmosfery	zanieczyszczenie powietrza

		Wytwarzanie odpadów – pył z urządzeń odpylających	zanieczyszczenie powietrza, gleby, wody, zajmowanie powierzchni
5	**WYTWORNICE PARY WYKORZYSTYWANE W INSTALACJACH PRÓŻNIOWYCH OBRÓBKI POZAPIECOWEJ**	emisja pyłowo-gazowa ze spalania gazu ziemnego	zanieczyszczenie powietrza, wyczerpywanie zasobów naturalnych
6	**WYGRZEWANIE KADZI W HALI LEJNICZEJ**	emisja pyłowo-gazowa ze spalania gazu ziemnego	zanieczyszczenie powietrza, wyczerpywanie zasobów naturalnych
7	**REMONTY PIECÓW I KADZI**	Powstawanie odpadu – gruz ceramiczny	zanieczyszczenie powietrza, gleby, wody, zajmowanie powierzchni
		Powstawanie odpadu – żużel	zanieczyszczenie powietrza, gleby, wody, zajmowanie powierzchni
		Powstawanie odpadu – skrzepy stalownicze	zanieczyszczenie powietrza, gleby, wody, zajmowanie powierzchni
		Zużycie materiałów ceramicznych	wyczerpywanie zasobów naturalnych
8	**CIĘCIE WILKÓW I SKRZEPÓW**	emisja pyłowo-gazowa ze spalania gazu ziemnego	zanieczyszczenie powietrza, wyczerpywanie zasobów naturalnych
		Powstawanie odpadu – złom stalowy	zanieczyszczenie powietrza, gleby, wody, zajmowanie powierzchni

4.2. ISTOTNE ASPEKTY ŚRODOWISKOWE PRZY CIĄGŁYM ODLEWANIU STALI

Tablica 10. Istotne aspekty środowiskowe przy ciągłym odlewaniu stali

Lp.	DZIAŁANIE	ASPEKT	WPŁYW
1	2	3	4
1	**ODLEWANIE STALI W MASZYNIE COS**	Emisja niezorganizowana pyłu i gazów do atmosfery	zanieczyszczenie powietrza
		Emisja pary wodnej do atmosfery	zanieczyszczenie powietrza
		Wytwarzanie hałasu przez urządzenia	zwiększenie emisji hałasu
		Zużycie energii elektrycznej	wyczerpywanie zasobów naturalnych
		Zużycie gazu ziemnego	wyczerpywanie zasobów naturalnych
		Powstawanie odpadu – zendra	zanieczyszczenie gleby, wody, zajmowanie powierzchni
2	**REMONTY KADZI POŚREDNICH**	Powstawanie odpadu – gruz ceramiczny	zanieczyszczenie powietrza, gleby, wody, zajmowanie powierzchni
		Powstawanie odpadu – żużel	zanieczyszczenie powietrza, gleby, wody, zajmowanie powierzchni
		Powstawanie odpadu – skrzepy stalownicze	zanieczyszczenie powietrza, gleby, wody, zajmowanie powierzchni
		Zużycie materiałów ceramicznych	wyczerpywanie zasobów naturalnych
3	**REMONTY LINII CIĄGŁEGO ODLEWANIA STALI**	Zużycie energii elektrycznej	wyczerpywanie zasobów naturalnych
		Powstawanie odpadu – złom stalowy	zanieczyszczenie powietrza, gleby, wody, zajmowanie powierzchni
		Powstawanie odpadu – zużyte oleje i smary	zanieczyszczenie powietrza, gleby, wody, zajmowanie powierzchni

5. CHARAKTERYSTYKA EMISJI DO POSZCZEGÓLNYCH KOMPONENTÓW ŚRODOWISKA, W TYM GOSPODARKA ODPADAMI ORAZ EMISJA HAŁASU

Powietrze:
Proces wytwarzania stali w łukowych piecach elektrycznych oraz procesy obróbki pozapiecowej mogą być źródłem znaczącej emisji tlenków metali (żelaza wraz z cynkiem, ołowiem i innymi tlenkami, w tym kadmu), CO i CO_2, dioksyn/furanów (PCDD/F), węglowodorów aromatycznych, PCB, HF, HCl itd. Emisja SO_2 z łukowych pieców elektrycznych jest zależna od jakości złomu, przy czym zwykle nie jest znacząca. Natomiast emisja tlenków azotu (NO_x), nawet przy niskich stężeniach może stanowić istotną emisję masową w dużej objętości gazów odlotowych z pieca.
Dane dotyczące emisji do powietrza w krajowych elektrostalowniach i porównanie emisji do wartości uzyskiwanych w stalowniach elektrycznych Unii Europejskiej, opisanych w Dokumencie Referencyjnym dla produkcji żelaza i stali przedstawiono w tabl. 11

Tablica 11. Porównanie emisji do powietrza uzyskane w krajowych stalowniach elektrycznych do emisji uzyskiwanych w europejskich stalowniach elektrycznych opisanych w BREF

SUBSTANCJA	ZAKRES EMISJI DO POWIETRZA		
	KRAJOWE ELEKTROSTALOWNIE	UZYSKANY W UE I OPISANY W DOKUMENCIE REFERENCYJNYM	JEDNOSTKA
Pył	10 – 124	1 – 780	g/Mg ciekłej stali
Hg	Brak pomiarów	6 – 4 470	mg/Mg ciekłej stali
Pb	221 – 4 000*	16 – 3 600	mg/Mg ciekłej stali
Cr	4 – 370	8 – 2 500	mg/Mg ciekłej stali
Ni	12 – 140	1 – 1 400	mg/Mg ciekłej stali
Zn	490 – 21 450	280 – 45 600	mg/Mg ciekłej stali
Cd	3 – 150	<1 – 72	mg/Mg ciekłej stali
Cu	74 – 436	<1 – 460	mg/Mg ciekłej stali
HF	30 – 313	<700 – 4 000	mg/Mg ciekłej stali
HCl	800**	800 – 9 600	mg/Mg ciekłej stali
SO_2***	25 – 123 (250)**	24 – 130	g/Mg ciekłej stali
NO_x	12 – 163 (400)**	120 – 240	g/Mg ciekłej stali
CO	387 – 3 236	740 – 3 900	g/Mg ciekłej stali
Całkowity węgiel organiczny	Brak pomiarów	16 – 130	gC/Mg ciekłej stali
Benzen	Brak pomiarów	170 – 4 400	mg/Mg ciekłej stali
Chlorobenzeny	Brak pomiarów	3 – 37	mg/Mg ciekłej stali
Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne	Brak pomiarów	3,5 – 71	mg/Mg ciekłej stali
Polichlorowane bifenyle	Brak pomiarów	1,5 – 45	mg/Mg ciekłej stali
Dioksyny/furany PCDD/F	Brak pomiarów	0,07 – 9	µg I-TEQ/Mg ciekłej stali

* - wyższe wartości w przypadku stosowania gorszej jakości złomu stalowego,
** - wartość tylko z jednej elektrostalowni
*** - pomiary SO_x

Woda i ścieki:
Chłodzenie wodne pancerza, sklepienia, przewodów odciągowych, ramion elektrod i transformatorów pieca elektrycznego odbywa się przy użyciu systemów obiegów zamkniętych. Woda spływająca ze zbiorników, w których jest gromadzona, może zawierać oleje. Poddawana jest obróbce w separatorach oleju.
Źródłem zanieczyszczenia wody podczas obróbki pozapiecowej mogą być pompy z pierścieniem cieczowym i strumieniowe pompy parowe będące na wyposażeniu stanowisk obróbki próżniowej.
Woda stosowana do chłodzenia krystalizatora i elementów maszyny do ciągłego odlewania stali dostarczana jest w obiegach zamkniętych. Zrzuty ścieków z układu wody chłodzącej i stacji uzdatniania obiegu wtórnego chłodzenia natryskowego mogą zawierać części stałe w postaci zendry (zgorzeliny) oraz olej i smar. W obiegu pracują separatory zendry i odolejacze.
W tabl. 12 przedstawiono pobór wody i zrzuty ścieków w krajowych stalowniach elektrycznych. Dokument referencyjny BREF nie podaje poboru wody, zrzutu ścieków i składu ścieków, najprawdopodobniej z powodu bardzo różnego sposobu postępowania z poszczególnymi strumieniami ścieków i brakiem ich monitorowania w odniesieniu do poszczególnych obiektów instalacji.

Tablica 12. Zrzuty ścieków w krajowych stalowniach elektrycznych

KRAJOWE STALOWNIE ELEKTRYCZNE		**STALOWNIE ELEKTRYCZNE OPISANE W DOKUMENCIE REFERENCYJNYM BREF**
Ścieki, m^3/Mg stali	0,14 – 0,6	brak danych

Gleba i odpady:
Głównymi odpadami stałymi procesu elektrycznego są żużle stalownicze i pyły z odpylania pieca elektrycznego. Pył zawiera znaczące ilości tlenków metali i może także zawierać wykrywalne poziomy zawartości PCDD/F i PCB.
W procesach obróbki pozapiecowej ilość wytwarzanego żużla i pyłów są relatywnie małe (w porównaniu z procesem topienia i świeżenia stali w piecach elektrycznych). Źródłem odpadu materiałów ogniotrwałych są kadzie i urządzenia przetrzymujące ciekłą stal oraz gruz wymurówki kadzi pośrednich i wymiany rur osłonowych i wylewów zanurzanych/dozatorowych przy ciągłym odlewaniu stali. Zgorzelina powstająca w czasie procesu odlewania, zwykle podlega procesowi recyklingu jako materiał żelazonośny.
Pył unoszony w spalinach i zbierany w urządzeniach odpylających może być recyrkulowany, celem odzysku żelaza, zatężenia zawartości cynku do poziomu około 25–30%, umożliwiającego jego wykorzystanie jako nośnika tego metalu w hutach cynku. Część pyłów z procesu elektrycznego jest poddawana recyklingowi reszta trafia do cementowni jako wsad do procesu wypalania klinkieru lub jest składowana, przy czym to ostatnie rozwiązanie ze względu na oddziaływanie na środowisko jest szkodliwe i wiąże się z opłatami.
Płynny żużel z pieca stalowniczego jest wlewany do kadzi żużlowych i wylewany na hałdzie żużlowej. Następnie wykorzystywany jest w drogownictwie, co wymaga jego kruszenia i przesiewania z rozdziałem na frakcje.
Odpady z polskich elektrostalowni (żużle stalownicze, pyły) są aktualnie praktycznie w 100% wykorzystywane gospodarczo.
Zużyte materiały ogniotrwałe to odpad powstający w czasie zmiany wymurówki kadzi i pieców. Powinny one być sortowane i przekazywane do ponownego przerobu w przemyśle materiałów ogniotrwałych. Część zużytych materiałów ogniotrwałych wykorzystywana jest w drogownictwie, a reszta trafia na wysypiska.
W tabl.13 przedstawiono ilości odpadów powstających w stalowniach elektrycznych na tle stalowni europejskich opisanych w BREF.

Tablica 13. Odpady powstające w krajowych stalowniach elektrycznych w stosunku do ilości odpadów powstających w stalowniach europejskich opisanych w BREF

ODPADY kg/Mg stali	**KRAJOWE STALOWNIE ELEKTRYCZNE**	**STALOWNIE W UE OPISANE W DOKUMENCIE REFERENCYJNYM**
Żużel z pieca elektrycznego	130 – 210 (300)*	100 – 150
Żużel z kadzi	b.d*	10 – 30
Pyły z oczyszczania gazów odlotowych	10 – 21	10 – 20
Zużyte materiały ogniotrwałe	2,5 – 25	2 – 8

* suma żużli z procesów wytapiania stali. Większość stalowni prowadzi sumaryczną ewidencję odpadów

Energia:
Piece EAF są głównymi odbiorcami energii elektrycznej. Teoretyczne zużycie energii elektrycznej przez piece EAF zwykle wynosi od 350 do 370 kW/t stali. W rzeczywistości może ono być większe. Sprawność pieców elektrycznych wynosi tylko 55-65% i w efekcie całkowity równoważnik energii wejściowej według dokumentu referencyjnego (BREF) wynosi od 560 do 680 kWh/t wytapianej stali dla większości nowoczesnych jednostek. Kierunki oszczędzania energii koncentrują się na technikach skracających czas wytopu (od spustu do spustu) oraz na odzysku ciepła i jego użycia np. do podgrzewania złomu.

Hałas:
Wewnątrz stalowni elektrycznej (w bezpośrednim sąsiedztwie pieca EAF) poziom hałasu może sięgać 133 dB(A), chociaż hałas generowany przez łuk elektryczny i dużej szybkości palniki tlenowo-paliwowe w wielu przypadkach nie powinien być znaczący poza terenem chronionym. Podstawowymi potencjalnymi źródłami dużego natężenia hałasu są operacje związane z przeładunkiem złomu i wyrobów, odciągiem oparów, chłodzeniem wodnym i stacja uzdatniania wody chłodzącej.

6. SPOSOBY ZAPOBIEGANIA I/LUB OGRANICZANIA ODDZIAŁYWANIA INSTALACJI NA ŚRODOWISKO W STALOWNIACH ELEKTRYCZNYCH

Zestawienie wymogów BAT w zakresie stosowania metod, technologii i innych technik zapobiegania, ograniczania lub minimalizacji oddziaływania na środowisko wraz z określeniem spełnienia tych wymogów przez elektrostalownie z odlewaniem stali przedstawiono poniżej w formie tabelarycznej. Przedstawiono charakterystykę wymogów w zakresie technologii produkcji i metod zabezpieczenia środowiska, jakie wynikają z „ Dokumentu Referencyjnego BAT dla najlepszych dostępnych technik w produkcji żelaza i stali" opublikowanego przez Europejskie Biuro IPPC w Sewilli w grudniu 2001 r. tzw. BREF. Stosowane techniki zapobiegania i/lub ograniczania oddziaływania na środowisko podzielone są na dwie kategorie:

- techniki zintegrowane z procesem (PI),
- techniki oczyszczania na wyjściu tzw. techniki „końca rury" (EP).

Należy podkreślić, że jako kryterium spełniania wymagań najlepszej dostępnej techniki nie może być brane pod uwagę automatyczne zastosowanie wszystkich zalecanych metod. W niektórych przypadkach zastosowane techniki mogą się uzupełniać, w innych natomiast mogą się wykluczać (np. obniżenie zawartości siarki zamiast/lub odsiarczanie gazów). Przy ocenie należy kierować się zasadą optymalizacji oddziaływania, w tym przede wszystkim zapewnieniem standardów jakości środowiska oraz standardów emisyjnych.

Wartości emisji podawane w dokumentach referencyjnych należy uważać za zalecane – wartości ostateczne (dopuszczalne) ustalane będą bowiem każdorazowo w procesie wydawania pozwolenia zintegrowanego z uwzględnieniem wszystkich uwarunkowań, w tym zwłaszcza lokalnych.

Tablica 14. Sposoby zapobiegania lub ograniczania oddziaływania na środowisko w stalowniach elektrycznych

Wymogi określone w Dokumencie Referencyjnym BAT dla najlepszych dostępnych technik w produkcji żelaza i stali. Rozdział 9.3 BREF – (Techniki PI lub EP)	**Sposoby zapobiegania i/lub ograniczania oddziaływania na środowisko stosowane w polskich elektrostalowniach**
METODY ODZYSKU ENERGII	
Technika PI.1 **Optymalizacja procesu wytapiania stali w łukowym piecu elektrycznym,** polegająca na: • stosowaniu pieców o wysokiej i ultra wysokiej mocy (UHP) • chłodzeniu wodnym ścian i sklepień, • stosowaniu lanc tlenowych, • stosowaniu palników tlenowo-paliwowych, • stosowaniu otworów spustowych w trzonie, • pracy na spienionym żużlu, • współpracy z urządzeniami do pozapiecowej obróbki stali, • przedmuchiwaniu kąpieli gazem obojętnym przez kształtki zamontowane w trzonie	Stalownie elektryczne stosują wszystkie techniki optymalizacji procesu wytapiania PI.1 • pracujące piece to jednostki wysokiej i ultra wysokiej mocy (UHP): • wszystkie piece wyposażone są w wodne chłodzenie ścian i sklepień, • wszystkie piece posiadają lance tlenowe, • sześć pieców wyposażonych jest, w co najmniej jeden palnik tlenowo-paliwowy, • wszystkie piece wyposażono w otwory spustowe w trzonie, • wszystkie piece pracują na spienionym żużlu • wszystkie piece współpracują z urządzeniami do pozapiecowej obróbki stali, • dwa piece mają możliwość przedmuchiwania kąpieli gazem obojętnym przez kształtki zamontowane w trzonie

Technika PI.2 **Podgrzewanie złomu.** Technika polegające na podgrzewaniu złomu w koszu przed jego załadunkiem do pieca	Żadna ze stalowni nie stosuje techniki PI.2 polegającej na podgrzewaniu złomu w koszu przed jego załadunkiem do pieca
METODY OCHRONY POWIETRZA	
Technika EP.1 **Zaawansowane (wielostopniowe) systemy odciągu spalin,** polegające na: • dwustopniowym systemie odciągu spalin lub, • trójstopniowym systemie odciągu spalin	Stalownie elektryczne stosują wszystkie techniki zaawansowanych systemów odciągu spalin EP.1: • dwustopniowy system odciągu występuje w sześciu stalowniach, przy czy są to połączenia odciągu z 4-go otworu pieca i z okapu nad piecem albo z 4-go otworu pieca i odciągu spod dachu hali • w dwóch trójstopniowe: piec – obudowa typu „dog house" – okap Piece kadziowe: • odciąg przez czwarty otwór w sklepieniu i oczyszczanie w filtrze tkaninowym w układzie oczyszczania wspólnym z piecem Obróbka pozapiecowa w próżni: • odciąg spalin, separator pyłu, osadniki szlamu • zwężka Venturi
Technika EP.2 **Systemy dopalania połączone z zaawansowa - nym oczyszczaniem gazów odlotowych,** polegającym na dopalaniu CO i H_2 w specjalnej komorze spalania, co pozwala poprawić bilans energetyczny procesu	Żadna ze stalowni nie stosuje techniki EP.2 polegającej na dopalaniu CO i H_2 w specjalnej komorze spalania, co pozwala poprawić bilans energetyczny procesu
Technika EP.3 **Wdmuchiwanie sproszkowanego węgla brunatnego przy oczyszczaniu gazów odlotowych,** w celu obniżenia zanieczyszczeń organicznych	Żadna ze stalowni nie stosuje techniki EP.3 polegającej na wdmuchiwaniu sproszkowanego węgla przed filtrami workowymi, w celu obniżenia zanieczyszczeń organicznych
METODY OCHRONY ŚRODOWISKA WODNEGO	

Technika EP.3 **Zamknięte obiegi wody chłodzącej** • zamknięte obiegi wody, • ścieki przed zrzutem poddawane są oczyszczaniu,	Stalownie elektryczne stosują wszystkie techniki PI.3: • zamknięte obiegi wody stosowane są we wszystkich elektrostalowniach, • ścieki z pozapiecowej obróbki stali przed zrzutem poddawane są oczyszczaniu w układzie: osadnik części stałych i separator olejów. Ścieki z COS w zależności od elektrostalowni są oczyszczane a następnie zawracane do obiegu poprzez: • kraty, osadniki, łapacze olejów, • osadniki na zgorzelinę, odolejacze, filtry piaskowo-antracytowe, filtr piaskowy, a dla wody do płukania filtrów zagęszczacz osadu, • osadnik na zgorzelinę, odolejacz, filtry odśrodkowe oraz żwirowe, osadniki sedymetacyjne, klarowniki szlamów
METODY OGRANICZANIA UCIĄŻLIWOŚCI GOSPODARKI ODPADOWEJ	
Technika EP.4 **Recykling żużla powstającego w procesie stalowniczym,** polegający na: • wykorzystaniu gospodarczym np. w drogownictwie,	Stalownie elektryczne stosują wszystkie techniki recyklingu żużla EP.4: • praktycznie całość powstającego żużla trafia do wykorzystania na zewnątrz (głównie w drogownictwie). • zgorzelina z COS jest przekazywana do odbiorców zewnętrznych do ponownego wykorzystania
Technika EP.5 **Recykling pyłu powstającego w procesie elektrycznym,** polegający na: • recyklingu zewnętrznym np. do cementowni, • recyrkulacji do procesu w piecu elektrycznym.	Stalownie elektryczne stosują techniki recyklingu pyłów EP.5: • Recykling głównie zewnętrzny. Zdecydowana większość przekazywana do cementowni. • Częściową recyrkulację do procesu w piecu elektrycznym. Część hut posiada możliwość grudkowania pyłów.

7. ZESTAWIENIE MINIMALNYCH WYMAGAŃ CHARAKTERYZUJĄCYCH NAJLEPSZE DOSTĘPNE TECHNIKI Z PRZYKŁADAMI ROZWIĄZAŃ TECHNICZNYCH, KTÓRE POZWALAJĄ NA OSIĄGNIĘCIE TYCH WYMAGAŃ I PRZYKŁADAMI TECHNIK, KTÓRE NIE POZWALAJĄ NA SPEŁNIENIE TYCH WYMAGAŃ

Tablica 15. Zestawienie minimalnych wymagań charakteryzujących BAT dla stalowni elektrycznej

Wymogi BAT	Sposoby zapobiegania lub ograniczania emisji określonych w BREF	Techniki umożliwiające spełnienie wymagań charakteryzujących BAT w Polsce (przykłady rozwiązań technicznych)	Spełnianie przez stalownie elektryczne wymogów BAT
Odpylanie gazów odlotowych. Poziom emisji pyłu; <5 mg/Nm^3 dla nowych instalacji i <15 mg/Nm^3 dla instalacji istniejących	• wielostopniowe systemy odciągu spalin.	• wielostopniowe (dwu i trójstopniowe) systemy odciągu spalin	Sprawność filtrów tkaninowych przekraczająca 99% (nawet 99,8%). Stężenie pyłów za filtrem zwykle wynosi 10 - 15 mg/m^3 dla istniejących instalacji. Uzyskuje się również stężenia < 5 mg/m^3. Zalecane wartości emisji pyłów wg BREF wynoszą 1–780 g/Mg ciekłej stali. Polskie elektrostalownie uzyskują emisje pyłów w granicach 10-124 g/Mg ciekłej stali. Emisja metali ciężkich oraz NO_x i SO_x kształtuje się poniżej wartości określonych w BREF. W jednym przypadku, gdzie NO_x i SO_x są powyżej wartości zalecanych prowadzona jest modernizacja pieca i planowana modernizacja systemu odpylania
	• filtry tkaninowe w przypadku odpylania gazów odlotowych z pieca elektrycznego i pieca kadziowego	• wielosekcyjne filtry tkaninowe, • baterie cyklonów i filtrów tkaninowych	
Emisja związków organicznych w tym PCDD/F i PCB; <0,5 ng I-TEQ/Nm^3	Dopalanie gazów w rurociągu układu odciągowego lub w oddzielnych zbiornikach z następnym szybkim schłodzeniem i/lub wdmuchiwanie sproszkowanego węgla brunatnego do układu odciągu przed filtrami tkaninowymi	Nie stosuje się dopalania gazów w rurociągach i wdmuchiwania węgla do układu odciągowego	Nie prowadzi się pomiarów emisji związków organicznych oraz dioksyn i furanów. Nie ma aktualnie takiego wymogu prawnego. Aby ograniczyć emisję związków organicznych należy stosować sprawdzony złom jak najlepszej jakości, bez zanieczyszczeń organicznych

Maksymalizacja recyklingu pyłów	• zawracanie pyłu do procesu • zatężanie zawartości Zn powyżej 20% i przekazanie do hut metali nieżelaznych • Kontrolowane składowanie	• częściowa recyrkulacja do procesu • recykling głównie zewnętrzny (cementownie) • grudkowanie pyłów	100% recyklingu (głównie recykling zewnętrzny)
Maksymalizacja recyklingu żużli	• Odzysk części metalicznych na drodze separacji • Sortowanie wg frakcji i wykorzystanie w formie kruszywa do budowy dróg, nasypów kolejowych lub materiał do wykorzystania w budownictwie wodnym	Całość powstającego żużla trafia do wykorzystania na zewnątrz (głównie w drogownictwie) Kruszenie, separacja części metalicznej i frakcjonowanie odbywa się przeważnie w wyspecjalizowanych zakładach poza hutami.	100% recyklingu (głównie recykling zewnętrzny)
Zamknięty obieg wody chłodzącej Oczyszczanie wody z chłodzenia wtórnego na instalacjach COS	Zamknięte obiegi wody chłodzącej • Osadnik części stałych • Separator oleju (osadnik +odolejacz)	Zamknięte obiegi wody chłodzącej • Kraty, osadniki, łapacze olejów, • Osadniki na zgorzelinę, odolejacze, filtry piaskowe, piaskowo-antracytowe, a dla wody do płukania filtrów zagęszczacz osadu, • Osadnik na zgorzelinę, odolejacz, filtry odśrodkowe oraz żwirowe, osadniki sedymetacyjne, klarowniki szlamów	100% ścieków poddawana jest obróbce na miejscu lub oczyszczalni zewnętrznej
Wstępne podgrzewanie złomu	• podgrzewanie złomu w celu odzyskania ciepła jawnego z gazów odlotowych	Nie stosuje się podgrzewania złomu przed załadunkiem do pieca	Opłacalność wstępnego podgrzewania złomu zależy od uwarunkowań lokalnych i należy ją określić indywidualnie dla każdej stalowni elektrycznej. Przy podgrzewaniu złomu należy brać pod uwagę możliwość zwiększonej emisji zanieczyszczeń organicznych

8. ZESTAW MINIMALNYCH WYMAGAŃ W ZAKRESIE MONITORINGU

Wymagania z zakresu monitoringu dla stalowni elektrycznej z odlewaniem stali są sprecyzowane w przepisach ogólnych dotyczących monitoringu emisji z instalacji oraz monitoringu jakości środowiska. Zakres i częstotliwość monitoringu są w tych przepisach szczegółowo określone - trudno więc mówić o minimalnym zakresie monitoringu.
Wydaje się zasadne, aby w celu ograniczenia wysokich kosztów badań monitoringowych ograniczać ich zakres i częstotliwość w zależności od wyników. Na razie jednak formalne wymagania na to nie pozwalają.
Generalnie należy podkreślić, że monitoring obowiązkowy obejmuje przede wszystkim emisje do poszczególnych komponentów środowiska. Tylko w nielicznych przypadkach na zakłady nakładany jest obowiązek prowadzenia monitoringu jakości środowiska – dotyczy to przede wszystkim parametrów odbiornika ścieków (wód powierzchniowych) oraz jakości wód podziemnych.
W związku z nowymi regulacjami prawnymi przedstawionymi poniżej, które praktycznie w całości uwzględniają wymagania prawa Unii Europejskiej oraz dokumentów referencyjnych BAT, w Zakładach konieczna będzie wymiana urządzeń pomiarowych lub zlecenie do prowadzenia monitoringu przez zewnętrzne wyspecjalizowane firmy – ze względu na nowe metodyki referencyjne wykonywania pomiarów oraz zapewnienie jakości i wiarygodności wyników.

Wykaz aktów prawnych dotyczących monitoringu:

1. rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 26 czerwca 2002 r. *w sprawie wzorów wykazów zawierających informacje i dane o zakresie korzystania ze środowiska i sposobu ich przedstawiania* (Dz.U. Nr 100, poz. 920 z późniejszymi zmianami),
2. rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 czerwca 2003 r. *w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji* (Dz. UNr 110, poz. 1057),
3. rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 sierpnia 2003 r. *w sprawie standardów emisyjnych z instalacji* (Dz. U. Nr 163, poz. 1584),
4. rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 lutego 2003 r. *w sprawie rodzajów wyników pomiarów prowadzonych w związku z eksploatacją instalacji lub urządzenia, przekazywanych właściwym organom ochrony środowiska oraz terminu i sposobu ich prezentacji* (Dz. U. Nr 59, poz. 529),
5. rozporządzeniem MŚ z dnia 29 lipca 2004 r. *w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku* (Dz.U. z 2004 r. nr 178; poz. 1841, str. 1),
6. rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 lipca 2004 r. *w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego* (Dz. U. Nr 168, poz. 1763),
7. rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 20 lipca 2002 r. *w sprawie sposobu realizacji obowiązków dostawców ścieków przemysłowych oraz warunków wprowadzania ścieków do urządzeń kanalizacyjnych* (Dz. U. Nr 129, poz. 1108),
8. rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 lipca 2004 r. *w sprawie dopuszczalnych mas substancji, które mogą być odprowadzane w ściekach przemysłowych* (Dz. U. Nr 180 poz. 1867),
9. rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 12 lutego 2004 roku (Dz. U. Nr 32 poz. 284) *w sprawie klasyfikacji dla prezentacji stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód,*
10. rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. *w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi* (Dz. U. Nr 165, poz. 1359),

11. rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. *w sprawie katalogu odpadów* (Dz. U. Nr 112, poz. 1206),
12. rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 maja 2004 r. *w sprawie warunków, w których uznaje się, że odpady nie są niebezpieczne (Dz.U. Nr 128 poz. 1347,*
13. rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 maja 2002 roku *w sprawie listy odpadów, które mogą być przekazywane osobom fizycznym lub jednostkom organizacyjnym do wykorzystania na ich własne potrzeby* (Dz. U.Nr 74, poz. 686),
14. rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 grudnia 2001 r. *w sprawie wzoru dokumentów stosowanych na potrzeby ewidencji odpadów* (Dz. U. Nr 152, poz. 1736),
15. rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 grudnia 2001 r. *w sprawie zakresu informacji oraz wzorów formularzy służących do sporządzania i przekazywania zbiorczych zestawień danych* (Dz. U. Nr 152, poz. 1737),
16. rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 r. *w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów* (Dz. U. Nr 220, poz. 1858),
17. rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 marca 2003 r. *w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów* (Dz. U. Nr 61, poz. 549),
18. rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 roku *w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzenia dotrzymania tych poziomów* (Dz. U. Nr 192, poz. 1883).

Monitoring technologiczny dla stalowni elektrycznej

Okresowe pomiary parametrów technologicznych:

- skład chemiczny gazów odlotowych z pieca elektrycznego, w zakresie zawartości SO_2, CO, NO_x i O_2,
- strumień objętości i temperatura spalin z pieca,
- temperatury spalin z innych źródeł emisji, doprowadzanych do filtrów,
- spadek ciśnienia na urządzeniach odpylających (elektrofiltrach, urządzeniach mokrych i filtrach tkaninowych.).

Rejestracja parametrów technologicznych:

- podstawowe parametrów pracy i rzeczywiste wydajności instalacji pieca elektrycznego
- rodzaj, ilość i jakość stosowanych surowców,
- rodzaj i ilość wytwarzanych półproduktów i produktów końcowych,
- rodzaj i ilości stosownych mediów i materiałów pomocniczych (w tym: paliw, energii elektrycznej, gazów technicznych itd),
- rzeczywistych parametrów pracy urządzeń odpylających .
- poziom emisji CO_2

Wymienione na początku gazy (SO_2, CO, NO_x, O_2) można okresowo mierzyć w emitowanych spalinach. Emisję CO_2 zaleca się (dla potrzeb KPRU do handlu emisjami) obliczać z bilansu masowego pierwiastka węgla.

Monitorowanie powyższych procesów technologicznych pozwala nie tylko na kontrolę procesu ale również na jego optymalizację pod kątem oddziaływania na środowisko jako całość, w tym ograniczenie zużycia materiałów i surowców, energii i wody.

Dzięki przekazywaniu na bieżąco danych do systemu komputerowego, informacje są w sposób ciągły analizowane i umożliwiają bieżącą korektę pracy elektrostalowni również pod kątem optymalizacji emisji.

LITERATURA

1. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 lipca 2002 r. w sprawie rodzajów instalacji mogących powodować znaczne zanieczyszczenie poszczególnych elementów przyrodniczych albo środowiska jako całości (Dz.U.2002. 122. 1055),
2. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 września 2003 w sprawie późniejszych terminów do uzyskania pozwolenia zintegrowanego (Dz.U. nr 177 poz.1736 z 14.10.03 r.)
3. Wytyczne do sporządzenia wniosku o wydanie pozwolenia zintegrowanego – wersja 1.0, Ministerstwo Środowiska, styczeń 2003 r.,
4. Wniosek o wydanie pozwolenia zintegrowanego dla instalacji termicznego przekształcania odpadów Lobbe Dąbrowa Górnicza Sp. z o.o,
5. Zintegrowane Zapobieganie i kontrola zanieczyszczeń (IPPC). Tymczasowy przewodnik dla odlewni stopów żelaza. Wytyczne opracowane przez Agencję Ochrony Środowiska Anglii i Walii, http://www.eko-net.pl/,
6. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Guidance for the Coke, Iron and Steel Sector, Version 1, April 2001, www.environment-agency.gov.uk,
7. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and Steel, European Commision http://eippcb.jrc.es,
8. Opinia o realizowanym przez hutę Zawiercie S.A zadaniu p.n.: Budowa systemu odpylania spalin dla stalowni elektrycznej. Praca IMŻ/WASKO, Gliwice 2002 r.,
9. Nowy Przemysł, 2004, nr 31.08., http://www.wnp.pl/np/?id=2105,
10. Puls Biznesu. Dodatek specjalny „Hutnictwo" , 21.10.2004,
11. Polska Stal, tygodnik koncernu Ispat Polska Stal S.A, 18.10.2004, http://www.phssa.pl/Default.aspx?docId=8&newspaperId=28&templId=3,
12. Informacja o wynikach gospodarczych sektora hutniczego za 2003 r. CIBEH, Katowice, kwiecień 2004 r.,
13. Restrukturyzacja i rozwój hutnictwa żelaza i stali w Polsce do 2006 r. Ministerstwo Gospodarki i Polityki Społecznej przyjęta przez Radę Ministrów 10.03.2003, ze zmianami zaakceptowanymi w dniu 25.03.2003 r.
14. Niesler M. i zespół: Określenie uwarunkowań dostosowania krajowego hutnictwa żelaza i stali do wymogów unii europejskiej w zakresie standardów środowiskowych zgodnych z Dyrektywą IPPC i kryteriów BAT, sprawozdanie IMŻ S-00394/BS/2002, Gliwice, grudzień 2002 r. (niepublikowane),
15. Benesch R.,i inni: Metalurgia żelaza. Podstawy fizykochemiczne procesów, Wydawnictwo Śląsk 1979,
16. Ankiety, dane produkcyjne i technologiczne instalacji stalowni elektrycznych,
17. Tochowicz S.: Wytapianie stali w piecach elektrycznych, Wyd. „Śląsk",1988,
18. Tochowicz S., Klisiewicz Z.: Metalurgia próżniowa stali, Wyd. „Śląsk",1978,
19. Turkdogan E.T.: Fundamentals of steelmaking, The Institute of Materials, 1996
20. Lis T.: Współczesne metody otrzymywania stali, Skrypty Uczelniane Nr 2227, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2000

SPIS TABLIC

Tablica 1. Rodzaje instalacji w hutnictwie i przemyśle metalurgicznym wymagające pozwolenia zintegrowanego 5
Tablica 2. Huty żelaza i stali w Polsce (2004 r.) 6
Tablica 3. Średnie zużycie energii elektrycznej i surowców w stalowniach elektrycznych 10
Tablica 4. Emisja zanieczyszczeń całego sektora stalowego w 2003 r 10
Tablica 5. Emisja zanieczyszczeń w elektrostalowniach w 2003 r. 10
Tablica 6. Charakterystyka krajowych łukowych pieców elektrycznych 11
Tablica 7. Charakterystyka krajowych urządzeń do obróbki pozapiecowej w elektrostalowniach 18
Tablica 8. Charakterystyka krajowych urządzeń do ciągłego odlewania stali (COS) 19
Tablica 9. Istotne aspekty środowiskowe dla wytapiania stali w piecu elektrycznym 21
Tablica 10. Istotne aspekty środowiskowe przy ciągłym odlewaniu stali 23
Tablica 11. Porównanie emisji do powietrza uzyskane w krajowych stalowniach elektrycznych do emisji uzyskiwanych w europejskich stalowniach elektrycznych opisanych w BREF 24
Tablica 12. Zrzuty ścieków w krajowych stalowniach elektrycznych 25
Tablica 13. Odpady powstające w krajowych stalowniach elektrycznych w stosunku do ilości odpadów powstających w stalowniach europejskich opisanych w BREF 26
Tablica 14. Sposoby zapobiegania lub ograniczania oddziaływania na środowisko w stalowniach elektrycznych 27
Tablica 15. Zestawienie minimalnych wymagań charakteryzujących BAT dla stalowni elektrycznej 30

SPIS RYSUNKÓW

Rys. 1. Struktura produkcji stali surowej według procesów wytapiania w Polsce w latach 2000-2003 6
Rys. 2. Rozmieszczenie stalowni elektrycznych w Polsce 7
Rys. 3. Zatrudnienie w hutnictwie żelaza i stali w Polsce latach 1990÷2006. 8
Rys. 4. Zatrudnienie w polskich stalowniach elektrycznych latach 2001÷2003 8
Rys. 5. Schemat technologiczny procesu elektrostalowniczego 12
Rys. 6. Elektryczny piec stalowniczy wyposażony w lance i palniki intensyfikujące proces wytapiania stali 14
Rys. 7. Przykład systemu odpylania pieców elektrycznych 15
Rys. 8. Schemat procesu ciągłego odlewania stali 19