



KOMISJA EUROPEJSKA

Zintegrowane Zapobieganie i Ograniczanie Zanieczyszczeń (IPPC)

**Dokument Referencyjny BAT dla najlepszych dostępnych technik w produkcji metali
nieżelaznych**

Grudzień 2001

Tytuł oryginału:

Reference Document on Best Available Techniques in the Non Ferrous Metals Industries

Dokument ten, zatwierdzony przez Komisję Europejską w grudniu 2001r., jest rezultatem wymiany informacji zorganizowanej na mocy art. 16 ust. 2 Dyrektywy Rady 96/61/WE z dnia 24 września 1996r. w sprawie zintegrowanego zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń w ramach prac Technicznej Grupy Roboczej, działającej przy Europejskim Biurze IPPC w Sewilli.

Niniejszy „Dokument Referencyjny BAT dla najlepszych dostępnych technik w produkcji żelaza i stali” służy celom informacyjnym i nie jest przepisem prawa. Może być pomocny przy określaniu wymogów najlepszych dostępnych technik (BAT) dla instalacji do produkcji cementu i wapna oraz przesłanką do podejmowania decyzji odnośnie warunków pozwolenia zintegrowanego dla tych instalacji.

Tłumaczenie wykonano w ramach IV Programu Indykatoryjnego „Wsparcie Ministerstwa Środowiska w procesie integracji Polski z Unią Europejską i w dostosowaniu prawa oraz administracji ochrony środowiska do wymogów członkostwa w Unii Europejskiej”, finansowanego ze środków Ekologicznego Funduszu Partnerskiego Phare.

Tłumaczenie dokumentu zostało zweryfikowane merytorycznie przez ekspertów i tłumaczy: mgr inż. Andrzej Płonka, mgr Wojciech Bzowski, mgr inż. Zbigniew Przebindowski.

W przypadku wątpliwości interpretacyjnych należy posłużyć się dokumentem oryginalnym dostępnym na stronie internetowej Europejskiego Biura IPPC w Sewilli (<http://eippcb.jrc.es>)

STRESZCZENIE

Niniejszy dokument referencyjny dotyczący najlepszych dostępnych technik BAT (*Best Available Techniques*) w produkcji metali nieżelaznych odzwierciedla wymianę informacji przeprowadzoną zgodnie z art. 16 ust. 2 dyrektywy Rady 96/61/WE. Dokument ten powinien być rozpatrywany w świetle wstępu, który określa jego cele i sposób wykorzystania.

Przy podejmowaniu złożonego tematu produkcji metali nieżelaznych przyjęto koncepcję, że produkcja metali zarówno z surowców podstawowych, jak i wtórnych zostanie przedstawiona razem w jednym dokumencie oraz że metale te zostaną podzielone na 10 grup. Podział ten przedstawia się następująco:

- Miedź (w tym Sn i Be) oraz jej stopy;
- Aluminium;
- Cynk, ołów i kadm, (+ Sb, Bi, In, Ge, Ga, As, Se, Te);
- Metale szlachetne;
- Rtęć;
- Metale wysokotopliwe;
- Żelazostopy;
- Litowce i wapniowce;
- Nikiel i kobalt;
- Węgiel i grafit.

Produkcję węgla i grafitu ujęto również jako osobną grupę, ponieważ wiele z procesów składających się na tę produkcję związanych jest z piecami do wytapiania aluminium bezpośrednio z rudy. Tam gdzie występują procesy związane z prażeniem i spiekaniem rud i koncentratów oraz związane z produkcją tlenku glinu, zostały one również uwzględnione przy odpowiednich grupach. Dokument nie omawia kwestii związanych z wydobyciem rud ani ich obróbką w miejscu wydobycia.

Informacje zawarte w dokumencie przedstawiono w dwunastu rozdziałach obejmujących: informacje ogólne w rozdziale 1, wspólne procesy w rozdziale 2, a następnie metalurgiczne procesy produkcyjne dla dziesięciu grup metali w rozdziałach od 3 do 12. Rozdział 13 przedstawia wnioski oraz zalecenia. Dokument zawiera również załączniki dotyczące kosztów oraz przepisów międzynarodowych. W rozdziale 2 procesy wspólne zostały podzielone w następujący sposób:

- Zastosowanie informacji zawartych w rozdziale – instalacje złożone;
- Sprawozdawczość oraz wykorzystywanie danych dotyczących emisji zanieczyszczeń;
- Zarządzanie, projektowanie i szkolenie;
- Odbiór, magazynowanie oraz gospodarka surowcami;
- Przetwarzanie i obróbka wstępna surowców oraz transfer do procesu produkcji;
- Metalurgiczne procesy produkcyjne – typy pieców oraz techniki kontroli procesów;
- Wychwytywanie gazów oraz techniki ograniczające zanieczyszczenie powietrza;
- Oczyszczanie ścieków oraz ponowne użycie wody;
- Minimalizacja, odzysk odpadów oraz uzdatnianie pozostałości po procesach (w tym produktów ubocznych oraz odpadów);
- Odzysk energii i ciepła odlotowego;
- Kwestie jednoczesnego występowania wielu czynników;
- Hałas i wibracje;
- Zapach;

- Kwestie bezpieczeństwa;
- Likwidacja.

Każdy z rozdziałów od 2 do 12 zawiera podrozdziały odnoszące się do stosowanych procesów oraz technik, aktualnych poziomów emisji zanieczyszczeń oraz zużycia energii i technik, jakie należy wziąć pod uwagę przy określaniu najlepszych dostępnych technik BAT oraz wnioski dotyczące BAT. W rozdziale 2 wnioski te zostały sformułowane tylko w odniesieniu do gospodarki materiałowej oraz magazynowania materiałów, kontroli procesów, wychwytywania gazów i ograniczania ich emisji, usuwania dioksyn, odzyskiwania dwutlenku siarki, ograniczania emisji rtęci oraz oczyszczania ścieków/ponownego użycia wody. Dla uzyskania pełnego zrozumienia wniosków dotyczących BAT zawartych we wszystkich rozdziałach należy poddawać je konsultacji.

1. Przemysł metali nieżelaznych

W UE produkowane są co najmniej 42 metale nieżelazne plus żelazostopy oraz węgiel i grafit. Znajdują one różnego rodzaju zastosowanie w przemyśle metalurgicznym, chemicznym, budownictwie, transporcie oraz produkcji/przesyłaniu energii elektrycznej. Na przykład - wysokiej czystości miedź ma zasadnicze znaczenie dla produkcji energii elektrycznej oraz jej dystrybucji, zaś niewielkie ilości niklu oraz metali wysokotopliwych poprawiają odporność korozyjną lub też inne właściwości stali. Wykorzystywane są one również w różnego rodzaju urządzeniach zaawansowanych technologii, szczególnie w przemyśle obronnym, elektronice oraz przemysłach związanych z telekomunikacją.

Metale nieżelazne produkuje się z różnego rodzaju surowców pierwotnych oraz wtórnych. Surowce pierwotne czerpane są z wydobywanych rud, które poddaje się dalszemu przetwarzaniu zanim nastąpi ich metalurgiczna obróbka, w wyniku której uzyskuje się metal surowy. Przetwarzanie rud przeprowadzane jest zazwyczaj w pobliżu kopalń. Surowce wtórne to złom własny oraz pozostałości, które również mogą zostać poddane pewnej obróbce wstępnej mającej na celu usunięcie pokrywających je powłok.

Europejskie złoża rud zawierających metale w ilościach pozwalających na rentowne wydobycie stopniowo się wyczerpują. W efekcie pozostało już niewiele złóż naturalnych. Dlatego też większość koncentratów importuje się z różnych źródeł z całego świata.

Odzysk odpadów stanowi poważny element zaopatrzenia w surowce dla wyrobu wielu metali. Z wyrobów lub z pozostałości można odzyskać między innymi miedź, aluminium, ołów, cynk, metale szlachetne oraz metale wysokotopliwe. Po odzyskaniu mogą one zostać ponownie włączone do obiegu produkcyjnego bez strat jakościowych związanych z odzyskiem. Ogólnie rzecz biorąc, udział surowców wtórnych w produkcji jest wysoki, co ogranicza zużycie surowców pierwotnych oraz energii.

Produktem przemysłu metali nieżelaznych jest albo metal rafinowany albo produkt znany pod nazwą półfabrykatu lub półwyrobu, np. odlewane wlewki metalowe lub wlewki stopów metali, kształtowniki powstałe w procesie obróbki metali, kształtowniki wyciskane, folia metalowa, blacha cienka, taśma, pręty, walcówka itd.

Struktura przemysłu jest zróżnicowana i zależy od metalu. Nie ma przedsiębiorstwa, które produkowałoby wszystkie metale nieżelazne, chociaż istnieje kilka firm ogólnoeuropejskich produkujących kilka rodzajów metali, np. miedź, ołów, cynk, kadm itd.

Rozmiary przedsiębiorstw produkujących metale i stopy metali w Europie są zróżnicowane. Istnieje kilka firm zatrudniających ponad 5000 ludzi oraz duża ilość firm zatrudniających od 50 do 200

pracowników. Jeśli chodzi o strukturę własności, istnieją ogólnoeuropejskie i narodowe grupy przedsiębiorstw produkujących metale, grupy przedsiębiorstw tworzące holdingi przemysłowe, a także autonomiczne firmy państwowe oraz pojedyncze przedsiębiorstwa prywatne.

Niektóre metale odgrywają ważną rolę, gdy występują w ilościach śladowych, ale ich wysokie stężenia powodują toksyczność metalu, jonów lub związku, tak więc wiele z nich znajduje się na różnych listach materiałów toksycznych. Największy niepokój budzą ołów, kadm oraz rtęć.

2. Problemy ochrony środowiska związane z produkcją metali nieżelaznych

Głównymi problemami środowiskowymi związanymi z produkcją metali nieżelaznych z surowców pierwotnych są potencjalne emisje do atmosfery pyłu, związków metali/metalu oraz dwutlenku siarki w procesie prażenia i spiekania koncentratów siarczkowych oraz przy stosowaniu paliw zawierających siarkę lub innych materiałów. Wychwytywanie siarki i jej konwersja lub usuwanie jest zatem ważnym czynnikiem w produkcji metali nieżelaznych. Procesy pirometalurgiczne są potencjalnym źródłem pyłu oraz metali z pieców, reaktorów oraz systemów transportu ciekłego metalu.

Zużycie energii oraz odzysk ciepła i energii są ważnymi czynnikami związanymi z produkcją metali nieżelaznych. Zależą one od efektywnego wykorzystania energetyczności rud siarczkowych, zapotrzebowania na energię w poszczególnych etapach technologicznych, rodzaju stosowanej energii i metod jej dostawy oraz stosowania efektywnych metod odzysku ciepła. Przykłady robocze podane są w rozdziale 2 dokumentu.

Główne problemy środowiskowe związane z produkcją metali nieżelaznych z surowców wtórnych związane są również z gazami odlotowymi pochodzącymi z różnych pieców oraz z systemów transportu substancji zawierających pył, metale oraz – przy niektórych etapach – gazy kwaśne. Istnieje również możliwość formowania się dioksyn w związku z obecnością małych ilości chloru w surowcach wtórnych; niszczenie i/lub wychwytywanie dioksyn i lotnych związków organicznych jest problemem, nad którego rozwiązaniem obecnie się pracuje.

Głównym problemem środowiskowym związanym z wytapianiem aluminium z rudy jest tworzenie się węglowodorów polifluorowanych i fluorków w czasie elektrolizy, powstawanie odpadów stałych z elektrolizerów oraz powstanie odpadów stałych przy produkcji tlenku glinu.

Powstawanie odpadów stałych stanowi również problem przy produkcji cynku oraz innych metali na etapach usuwania żelaza.

W innych procesach stosuje się niebezpieczne odczynniki, takie jak: HCl, HNO₃, Cl₂ oraz rozpuszczalniki organiczne przy ługowaniu i oczyszczaniu. Przy zaawansowanych technikach przetwarzania tworzywa te mogą być stosowane, odzyskiwane i z powrotem wprowadzane do użytku. W tym względzie ważną kwestią jest uszczelnianie reaktorów.

W większości przypadków gazy technologiczne poddawane są oczyszczaniu w filtrach tkaninowych. W ten sposób emisja pyłu i związków metali, takich jak ołów, zostaje zmniejszona. W przypadku gazów technologicznych poddawanych procesowi odzysku siarki w instalacjach kwasu siarkowego szczególnie skuteczne jest oczyszczanie przy użyciu płuczek mokrych i mokrych elektrofiltrów. W niektórych przypadkach, gdy pył jest ścierny lub gdy trudno poddaje się filtrowaniu, płuczki¹ mokre również są skuteczne. Stosowanie uszczelniania reaktorów oraz transport i składowanie substancji w zamkniętych zbiornikach odgrywa ważną rolę w zapobieganiu emisjom niezorganizowanym.

¹ płuczka = skrubler (przyp. tłum.)

Podsumowując, główne problemy związane z technologicznymi etapami produkcyjnymi dla każdej z grup metali obejmują:

- W przypadku produkcji miedzi: SO_2 , pył, związki metali, związki organiczne, ścieki (zawierające związki metali), pozostałości, takie jak: wykładziny pieca, szlam, pył pofiltracyjny, żużel. Problemem jest także tworzenie się dioksyn przy obróbce surowców wtórnych zawierających miedź.
- W przypadku produkcji aluminium: fluorki (w tym HF), pył, związki metali, SO_2 , COS, WWA (wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne), lotne związki organiczne, gazy cieplarniane (związki perfluorowe PFC i CO_2), dioksyny (wtórne), chlorki i HCl. Pozostałości, takie jak: boksyt, resztki zużytych wykładzin kotłów, pył z filtrów, żużel i ścieki (zawierające olej i amoniak).
- W przypadku produkcji ołowiu, cynku i kadmu: pył, związki metali, lotne związki organiczne (w tym dioksyny), zapachy, SO_2 , inne gazy kwaśne, ścieki (zawierające związki metali), pozostałości takie jak szlam, pozostałości bogate w żelazo, pył pofiltracyjny oraz żużel.
- W przypadku produkcji metali szlachetnych: lotne związki organiczne, pył, związki metali, dioksyny, zapachy, NO_x , inne gazy kwaśne takie jak chlor i SO_2 . Pozostałości takie jak: szlam, pył pofiltracyjny, żużel oraz ścieki (zawierające związki metali oraz związku organiczne).
- W przypadku produkcji rtęci: opary rtęci, pył, związki metali, zapachy, SO_2 , inne gazy kwaśne, ścieki (zawierające związki metali), pozostałości, takie jak: szlam, pył pofiltracyjny i żużel.
- W przypadku produkcji metali wysokotopliwych: miał ze stopów twardych i spieków węglkowych, pył, pył stopów twardych i związków metali, ścieki (zawierające związki metali), pozostałości takie jak: pył pofiltracyjny, szlam i żużel. Technologiczne związki chemiczne, takie jak fluorowodór (HF) stosowane są przy obróbce tantalu i niobu i są mocno toksyczne. Należy to wziąć pod uwagę przy transporcie, przeładunku oraz składowaniu tych materiałów.
- W przypadku produkcji żelazostopów: pył, związki metali, CO, CO_2 , SO_2 , odzysk energii, ścieki (zawierające związki organiczne), pozostałości takie jak: pył z filtrów, szlam i żużel.
- W przypadku produkcji litowców i wapniowców: chlor, HCl, dioksyna, SF_6 , pył, związki metali, CO_2 , SO_2 , ścieki (zawierające związki metali), pozostałości takie jak: szlam, glinian, pył pofiltracyjny oraz żużel.
- W przypadku produkcji niklu i kobaltu: lotne związku organiczne, CO, pył, związki metali, zapachy, SO_2 , chlor oraz inne gazy kwaśne, ścieki (zawierające związki metali i związki organiczne), pozostałości takie jak: szlam, pył pofiltracyjny i żużel.
- W przypadku produkcji węgla i grafitu: wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), węglowodory, pył, zapachy, SO_2 , zapobieganie powstawaniu ścieków, pozostałości - jak pył pofiltracyjny.

3. Stosowane technologie

Istnieje szeroki wybór surowców dostępnych dla różnych instalacji, co powoduje dużą różnorodność stosowanych metalurgicznych procesów technologicznych. W wielu przypadkach wybór procesu technologicznego uzależniony jest od surowców. Poniższa tabela przedstawia zestawienie typów pieców używanych przy produkcji metali nieżelaznych:

Typ pieca	Uzyskiwane metale	Stosowany materiał	Uwagi
Piec suszarniczy z wężownicą parową Piec suszarniczy zawieszinowy Piec suszarniczy pneumatyczny	Cu i inne	Koncentraty	
Piec obrotowy	Większość metali do suszenia. Otrzymywanie ZnO metodą przewalową. Kalcynacja tlenku glinowego, Ni i żelazostopów. Spalanie błon fotograficznych dla produkcji metali szlachetnych. Odolejanie złomu Cu i Al.	Rudy, koncentraty, różne odpady i różne pozostałości	Suszenie, kalcynacja, i zastosowanie metody przewalowej Wykorzystywany jako piec do spopielania
Piec fluidyzacyjny.	Miedź i cynk Al ₂ O ₃	Koncentraty Al(OH) ₃	Kalcynacja i prażenie
Maszyna spiekalnicza o ciągu górnym.	Cynk i ołów	Koncentraty i surowce wtórne	Spiekanie
Maszyna spiekalnicza o ciągu dolnym	Cynk i ołów	Koncentraty i surowce wtórne	Spiekanie
Maszyna spiekalnicza z taśmą stalową	Żelazostopy, Mn, Nb	Ruda	Możliwe są inne zastosowania
Herreshoff	Rtęć Molibden (odzyskiwanie renu)	Rudy i koncentraty	Prażenie, kalcynacja

Piece do suszenia, wyrażania, spiekania i kalcynacji

Typ pieca	Uzyskiwane metale	Stosowany materiał	Uwagi
Piec o zamkniętych tyglach z wyłożeniem ogniotrwałym	Metale wysokotopliwe, specjalne żelazostopy	Tlenki metali	
Piec o kotle otwartym	Metale wysokotopliwe, specjalne żelazostopy	Tlenki metali	
Baiyin	Miedź	Koncentraty	
Piec elektryczny łukowy	Żelazostopy	Koncentraty, ruda	

Contop/Cyclone	Miedź	Koncentraty	
Piec z łukiem zakrytym	Metale szlachetne, miedź, żelazostopy	Żużel, materiały wtórne, koncentraty	Do produkcji żelazostopów stosowane są piece otwarte, pół-zamknięte oraz zamknięte
Piec obrotowy	Aluminium, ołów, miedź, metale szlachetne	Złom i inne materiały wtórne, miedź konwertorowa	Utlenianie i reakcja z substratem
Piec obrotowo-przechyłny	Aluminium	Złom i inne materiały wtórne	Minimalizuje zastosowanie topnika solnego
Piec płomienny	Aluminium, miedź, inne	Złom i inne materiały wtórne, miedź czarna	Wytapianie koncentratów Cu w innych miejscach świata
Waniukow	Miedź	Koncentraty	
Piec do wytapiania ISA /Ausmelt	Miedź, ołów	Produkty pośrednie, koncentraty i materiały wtórne	
QSL	Ołów	Koncentraty i materiały wtórne	
Kivcet	Ołów Miedź	Koncentraty i materiały wtórne	
Noranda	Miedź	Koncentraty	
El Teniente	Miedź	Koncentraty	
TBRC TROF	Miedź (TBRC), Metale szlachetne	Większość materiałów wtórnych, w tym szlam	
Mini piec do wytapiania	Miedź/ołów/cyna	Złom	
Piec szybowy ² oraz ISF	Ołów, ołów/cynk, miedź, metale szlachetne, wysokowęglowy żelazo-mangan	Koncentraty, większość materiałów wtórnych	Przy produkcji żelazo-manganu używany jest wyłącznie z procesem odzysku energii
Piec fluidyzacyjny INCO	Miedź, nikiel	Koncentraty	
Fluidyzacyjny piec do wytapiania Outokumpu	Miedź, nikiel	Koncentraty	
Piec w technologii Mitsubishi	Miedź	Koncentraty i złom anodowy	

² ang. *blast furnace*, jednakże w polskim przemyśle nie stosuje się terminu “wielki piec”. W całym dokumencie terminy *blast furnace* i *shaft furnace* tłumaczone są jako “piec szybowy” (przyp. tłum.)

Peirce Smith	Miedź (konwertor), żelazostopy, produkcja tlenków metali	Kamień i złom anodowy	
Hoboken	Miedź (konwertor)	Kamień i złom anodowy	
Konwertor fluidyzacyjny Outokumpu	Miedź (konwertor)	Kamień	
Konwertor Noranda	Miedź (konwertor)	Kamień	
Konwertor Mitsubishi	Miedź (konwertor)	Kamień	

Piece do wytapiania i rafinacji

Typ pieca	Uzyskiwane metale	Stosowany materiał	Uwagi
Piec indukcyjny	Większość	Czysty metal i złom	Wytwarzaniu stopów towarzyszy mieszanie indukowane. W przypadku niektórych metali można stosować próżnię
Piec elektronowy	Metale wysokotopliwe	Czysty metal i złom	
Piec obrotowy	Aluminium, ołów	Różne klasy złomu	Topniki oraz sole stosowane do matryc złożonych
Piec płomienny	Aluminium (materiały pierwotne i wtórne)	Różne klasy złomu	Układ topniska lub wann ³ może być różny. Topienie lub podgrzewanie
Piec Contimelt	Miedź	Złom anodowy, złom czysty i miedź konwertorowa.	Zintegrowany system piecowy
Piec szybowy	Miedź	Miedź elektrolityczna i czysty złom	Warunki redukujące.
Piec bębnowy (Thomas)	Miedź	Złom miedziany	Topienie, rafinacja ogniowa
Piec tyglowy grzany (kotły pośrednie)	Ołów, cynk	Złom miedziany	Topienie, rafinacja, wytwarzanie stopów
Piec z bezpośrednim ogrzewaniem tygli	Metale szlachetne	Czysty metal	Topienie, wytwarzanie stopów

³ wanna = elektrolizer (przyp. tłum.).

Piece do topienia

Stosuje się również procesy hydrometalurgiczne. Kwasów i wodorotlenków litowców (NaOH, czasami również Na_2CO_3) używa się do rozpuszczania zawartości metalu w różnego rodzaju wypałkach, rudach i koncentratkach przed przeprowadzeniem rafinacji i elektrolitycznego otrzymywania metali. Materiałem do ługowania jest zazwyczaj jakaś forma tlenku, ruda tlenkowa albo tlenek uzyskany przez prażenie. Przeprowadza się również ługowanie bezpośrednio niektórych koncentratów lub kamieni, zarówno przy podwyższonym, jak i normalnym ciśnieniu atmosferycznym. Niektóre rudy siarczkowe miedzi mogą być poddane ługowaniu za pomocą kwasu siarkowego lub innego środka, czasami przy wykorzystaniu bakterii naturalnych wspomagających utlenianie i rozpuszczanie, ale w tym przypadku stosowane są bardzo długie czasy zalegania.

W celu zapewnienia odpowiednich warunków rozpuszczania, do układu ługowania można doprowadzić powietrze, tlen, chlor lub roztwory zawierające chlorek żelazowy. Otrzymane roztwory poddawane są obróbce na kilka sposobów. Obróbka ma na celu rafinację i uzyskanie metalu. Powszechnie stosowaną praktyką jest ponowne dodawanie zubożałych roztworów do fazy ługowania, tam, gdzie jest to właściwe, w celu konserwacji kwasów i roztworów alkalicznych.

4. Aktualny poziom emisji zanieczyszczeń i zużycia energii

Rodzaj i ilość stosowanych surowców również odgrywają znaczącą rolę i wpływają na poziom zużycia energii, ilość wytworzonych pozostałości oraz ilość innych stosowanych materiałów. Za przykład może posłużyć tu usuwanie zanieczyszczeń, takich jak żelazo, do żużla; ilość obecnych zanieczyszczeń decyduje o ilości wytwarzanego żużla i zużywanej energii.

Ilość emisji zanieczyszczeń do atmosfery zależy od stosowanego systemu wychwytywania oraz ograniczania zanieczyszczeń powietrza. W poniższej tabeli znajduje się zestawienie zakresów, w jakich zanieczyszczenia są ograniczane (według raportów sporządzonych dla celów wymiany informacji) przy różnego rodzaju stosowanych technikach:

Technika ograniczania zanieczyszczeń	Zanotowany poziom emisji			Emisja jednostkowa (ilość na tonę wyprodukowanego metalu)
	Składnik	Minimum	Maksimum	
Filtry tkaninowe, gorący odpylacz elektrostatyczny i odpylacz cyklonowy	Pył (metale w zależności od składu)	< 1 mg/Nm ³	100 mg/Nm ³	100 - 6000 g/t
Filtr węglowy	C ogółem	< 20 mg/Nm ³		
Dopalacz (w tym szybkie chłodzenie dla dioksyny)	C ogółem	< 2 mg/Nm ³	100 mg/Nm ³	10 - 80 g/t
	Dioksyna (TEQ)	< 0,1 ng/Nm ³	5 ng/Nm ³	5 - 10 µg/t
	WWA (EPA)	< 1 µg/Nm ³	2500 µg/Nm ³	
	HCN	< 0,1 mg/Nm ³	10 mg/Nm ³	
Mokra lub półsucha płuczka wieżowa	SO ₂	< 50 mg/Nm ³	250 mg/Nm ³	500 - 3000 g/t
	Węglowodór	< 10 mgC/Nm ³	200 mgC/Nm ³	
	Chlor	< 2 mg/Nm ³		
Płuczka z tlenkiem glinu	Pył	< 1 mg/Nm ³	20 mg/Nm ³	
	Węglowodór	< 1 mgC/Nm ³	50 mgC/Nm ³	
	WWA (EPA)	< 20 µg/Nm ³	2000 µg/Nm ³	
Odzysk chloru	Chlor	< 5 mg/Nm ³		
Zoptymalizowane spalanie Palnik o niskiej emisji NO _x	NO _x	10 mg/Nm ³	500 mg/Nm ³	
Płuczka utleniająca	NO _x		< 100 mg/Nm ³	
Konwersja SO ₂ w instalacji kwasu siarkowego	podwójny kontakt	99,3 %	99,7%	1 - 16 kg/t
	pojedynczy kontakt	95	99,1%	
Chłodnia, odpylacz elektrostatyczny, adsorpcja na wapnie/węglu, filtr tkaninowy	WWA (EPA)	0,1 mg/Nm ³	6 mg/Nm ³	
	Węglowodory	20 mgC/Nm ³	200 mgC/Nm ³	

Zanotowany zakres aktualnych emisji zanieczyszczeń

Gazy technologiczne są wychwytywane, a następnie oczyszczane w filtrach tkaninowych w celu zmniejszenia emisji pyłu i związków metali takich jak ołów. Nowoczesne filtry tkaninowe są znacznie udoskonalone pod względem działania, niezawodności i trwałości. Do usuwania dioksyn oraz lotnych związków organicznych stosuje się dopalacze i technologie absorpcji węglowej.

Oczyszczaniu nie podlegają jednakże gazy niewychwycone i emisje niezorganizowane. Emisja pyłu ma miejsce również w czasie składowania, transportu, przeładunku i wstępnej obróbki surowców, gdzie emisje niezorganizowane odgrywają również ważną rolę. Szczególną rolę w tym przypadku odgrywa emisja niezorganizowana. Odnosi się to zarówno do produkcji z surowców podstawowych, jak i wtórnych - waga tych zjawisk może mieć o wiele większe znaczenie niż

emisja zanieczyszczeń, które są wychwytywane i redukowane. Tam, gdzie dochodzi do znacznych niezorganizowanych emisji zanieczyszczeń, potrzebne jest staranne projektowanie zakładów i prowadzenie procesów, w celu umożliwienia wychwytywania i oczyszczania gazów technologicznych.

Poniższa tabela pokazuje, że emisja niezorganizowana oraz emisja zanieczyszczeń niewychwytywanych stanowi poważny problem:

	Emisja pyłu kg/rok	
	Przed dodatkowym wtórnym zbieraniem gazu (1992)	Po dodatkowym wtórnym zbieraniu gazu (1996)
Produkcja anodowa t/rok	220000	325000
Emisja niezorganizowana z całego pieca do wytapiania	66490	32200
Poziom sklepienia pieca do wytapiania	56160	17020
Emisja z komina z pieca do wytapiania pierwotnego Piec do wytapiania/ instalacja kwasu	7990	7600
Wtórne okapy komina	2547	2116

Porównanie poziomów ograniczonej i niezorganizowanej emisji pyłów z wielkościami emisji niezorganizowanej dla pieca do wytapiania miedzi z rudy

W wielu procesach technologicznych stosowane jest chłodzenie w obiegu zamkniętym oraz systemy wody technologicznej, ciągle jednak istnieje możliwość przedostawania się metali ciężkich do wody. Przegląd metod służących zmniejszeniu zużycia wody i ilości generowanego ścieku oraz metod oczyszczania wód technologicznych znajduje się w rozdziale 2.

Równie ważnym czynnikiem w tym przemyśle jest powstawanie odpadów. Zawierają one często metale w ilościach możliwych do odzysku i powszechną praktyką jest wykorzystywanie ich w tym celu na miejscu lub w innych zakładach. Wiele rodzajów wytwarzanego żużla jest obojętnych, niewykrywalnych, dlatego też wykorzystuje się je w budownictwie lądowym i wodnym. Inne rodzaje żużla, takie jak żużel solny, mogą być poddane oczyszczeniu dla odzyskania innych składników nadających się do wykorzystania w innych gałęziach przemysłu. Ze strony przemysłu musi jednakże istnieć zapewnienie, że operacje odzyskowe przeprowadzane są zgodnie z wysokimi standardami ochrony środowiska.

5. Główne wnioski dotyczące najlepszych dostępnych technik BAT

Wymiana informacji, jaka miała miejsce w czasie przygotowywania dokumentu referencyjnego BAT dla produkcji metali nieżelaznych pozwoliła sformułować wnioski dotyczące najlepszych dostępnych technik BAT dla procesu produkcji oraz związanych z nim innych procesów. Zatem dla pełnego zrozumienia BAT oraz procesów i emisji zanieczyszczeń, do których się odnoszą, należy mieć wgląd do treści tych części każdego rozdziału, które opisują najlepsze dostępne techniki BAT. Najważniejsze wnioski streszczono poniżej.

Działania wstępne

Bardzo ważnymi czynnikami są: zarządzanie procesami technologicznymi, nadzór, kontrola procesów technologicznych oraz systemy ograniczania zanieczyszczeń. Dobre praktyki szkolenia, instruktaż operatorów⁴ oraz motywacja pracowników odgrywają równie ważną rolę, szczególnie w zapobieganiu skażeniom środowiska naturalnego. Dobre techniki przeładunku i transportu surowców mogą zapobiegać emisjom niezorganizowanym. Inne ważne techniki obejmują:

- Uwzględnianie na najwcześniejszym etapie projektu implikacji, jakie dla środowiska mają nowe procesy technologiczne i surowce oraz wprowadzenie od tego momentu praktyki konsekwentnego przeglądania ustaleń dotyczących tych implikacji w regularnych odstępach czasu.
- Projektowanie procesów technologicznych uwzględniających rodzaje surowców, jakie mają zostać wykorzystane. Poważne problemy mogą wynikać na przykład w przypadku, gdy ilość gazów jest zbyt duża lub energochłonność stosowanego materiału jest wyższa od spodziewanej. Etap projektowania jest etapem, w którym wprowadzanie ulepszeń w zakresie działań na rzecz ochrony środowiska o charakterze całościowym jest najbardziej skuteczne z punktu widzenia kosztów.
- W odniesieniu do projektowania oraz procesu podejmowania decyzji praktykowanie takiego rodzaju audytu, który unaoczni, w jaki sposób rozważone zostały różne opcje procesów technologicznych oraz działań mających na celu redukcję zanieczyszczeń.
- Planowanie procedur rozruchowych przy oddawaniu do eksploatacji w przypadku zakładów nowych lub zmodernizowanych.

Poniższa tabela zestawia techniki składowania oraz sposoby transportu i przeładunku surowców ze względu na rodzaj i charakterystykę materiału.

Surowiec	Grupa metali	Metoda transportu i przeładunku	Sposób składowania	Uwagi
Koncentraty:	Wszystkie – jeśli tworzy się pył	Przenośniki zamknięte lub przenośniki pneumatyczne	Budynki zamknięte	Zapobieganie zanieczyszczeniu wody
	Wszystkie – jeśli nie tworzy się pył	Przenośniki przykryte	Składowanie pod przykryciem	
Materiał drobnoziarnisty (np. pył metalowy)	Metale wysokotopliwe	Przenośniki zamknięte lub przenośniki pneumatyczne Przenośniki przykryte	Zamknięta beczka, zamknięte skrzynie i kosze	Zapobieganie zanieczyszczeniu wody oraz niezorganizowanym emisjom zanieczyszczającym powietrze
Surowce wtórne:	Wszystkie – duże elementy	Ładowarka mechaniczna	Otwarta przestrzeń	Zapobieganie zanieczyszczeniu wody oraz reakcjom z wodą. Odtłuszczanie opiłków
	Wszystkie – małe elementy	Skippy załadownicze do wsadów	Przykryte nawy	
	Wszystkie – materiały drobne	Zamknięte lub skupione	Pod zamknięciem, jeśli wydziela się pył	

⁴ operator + właściciel instalacji/eksploatator (przyp. Tłum.).

Topniki:	Wszystkie – jeśli tworzy się pył	Przenośniki zamknięte lub przenośniki pneumatyczne	Zamknięty budynek	Zapobieganie zanieczyszczeniu wody
	Wszystkie – jeśli nie tworzy się pył	Przenośniki przykryte	Pod przykryciem	
Paliwo stałe i koks	Wszystkie	Przenośniki przykryte, jeśli nie tworzy się pył	Pod przykryciem, jeśli nie tworzy się pył	
Paliwa ciekłe i LPG	Wszystkie	Rurociąg nadziemny	Przechowywanie zalegalizowane Przeźnienie otoczone wałami	Odpowietrzanie wsteczne dla linii doprowadzających
Gazy technologiczne:	Wszystkie	Rurociąg nadziemny Rurociągi o zmniejszonym ciśnieniu (chlor, CO)	Przechowywanie zalegalizowane	Monitoring utraty ciśnienia. Alarmy dla gazów toksycznych
Rozpuszczalniki:	Grupa Cu, Ni, Zn, metale szlachetne, węgiel	Rurociąg nadziemny Ręcznie	Beczki, zbiorniki	Odpowietrzanie wsteczne dla linii doprowadzających
Produkty – katody, walcówka, kęsy, wlewki, placki, itd.	Wszystkie	W zależności od warunków.	Otwarta powierzchnia betonowa lub pod przykryciem	Odpowiedni system drenażu.
Pozostałości technologiczne przeznaczone do odzysku	Wszystkie	W zależności od warunków	Przeźnienie otwarte, pod przykryciem lub zamknięciem w zależności od tego, czy tworzy się pył i od reakcji z wodą	Odpowiedni system drenażu
Odpady do składowania. (np. wykładziny pieców)	Wszystkie	W zależności od warunków	Przeźnienie otwarte, nawy przykryte lub magazynowanie w zamkniętych pojemnikach (beczki) w zależności od materiału	Odpowiedni system drenażu

Zestawienie technik dla surowców i czynności transportowo-przeładunkowych

Konstrukcja pieca, stosowanie odpowiednich metod obróbki wstępnej oraz kontrola procesów technologicznych zostały uznane za ważne wyznaczniki najlepszych dostępnych technik BAT.

Stosowanie mieszanek materiałowych dla zoptymalizowania procesów technologicznych zapobiega przypadkom użycia nieodpowiednich materiałów oraz maksymalizuje wydajność procesów technologicznych. Pobieranie próbek wprowadzanych materiałów i ich analiza oraz segregacja niektórych materiałów są ważnymi czynnikami w tej technice.

Dobra konstrukcja, konserwacja i monitoring są ważne na wszystkich etapach procesu technologicznego oraz działań zmierzających do ograniczenia emisji zanieczyszczeń. Pobieranie próbek oraz monitoring emisji zanieczyszczeń do środowiska powinien być przeprowadzany zgodnie z metodami odpowiadającymi standardom krajowym oraz międzynarodowym. Ważne parametry, które mogą być wykorzystane do kontroli procesu technologicznego lub działań

mających na celu ograniczenie emisji zanieczyszczeń, powinny być monitorowane. Tam, gdzie jest to praktycznie wykonalne, monitoring najważniejszych parametrów powinien mieć charakter ciągły.

Kontrola procesu technologicznego

Za najlepsze dostępne techniki BAT uważane są techniki kontroli procesu technologicznego, których celem jest przeprowadzanie pomiarów oraz utrzymywanie optymalnych parametrów, takich jak: temperatura, ciśnienie, składniki gazu oraz innych krytycznych parametrów procesu technologicznego itd.

Pobieranie próbek i analiza surowców w celu kontroli warunków instalacji. Powinno się uzyskiwać dobrą mieszankę różnych materiałów wsadowych dla potrzeb zoptymalizowania skuteczności konwersji oraz ograniczania emisji zanieczyszczeń i ilości odrzutów.

Prowadzenie procesu technologicznego może zostać zoptymalizowane poprzez stosowanie systemów ważenia i dozowania materiałów wsadowych, stosowanie mikroprocesorów do kontrolowania szybkości dozowania, krytycznych warunków procesu i spalania oraz domieszek gazu. Możliwość taką stwarzają pomiary kilku parametrów oraz instalacja alarmu dla parametrów krytycznych, wśród których znajdują się:

- Monitoring w czasie rzeczywistym temperatury, ciśnienia w piecu (lub jego obniżenia), ilości lub przepływu gazu.
- Monitoring składników gazu (O_2 , SO_2 , CO, pył, NO_x itd.)
- Monitoring drgań w czasie rzeczywistym w celu wykrycia blokad lub możliwej awarii urządzeń.
- Monitoring prądu i napięcia w czasie rzeczywistym przy technologicznych procesach elektrolitycznych.
- Monitoring emisji w czasie rzeczywistym w celu kontrolowania krytycznych parametrów procesu technologicznego.
- Monitorowanie oraz kontrola temperatury w piecach do topienia w celu zapobieżenia tworzeniu się oparów metalu lub tlenków metalu na skutek przegrzania.

Operatorzy urządzeń, inżynierowie oraz pozostały personel powinni być objęci planem ustawicznego szkolenia oraz poddawani ocenie, jeśli chodzi o przestrzeganie instrukcji eksploatacyjnych, stosowanie nowoczesnych technik kontroli, znajomość znaczenia sygnałów alarmowych oraz działań, jakie należy podjąć na wypadek alarmu.

Optymalizacja poziomów nadzoru, w celu wykorzystania powyższych wskazówek oraz utrzymanie odpowiedzialności operatorów.

Wychwytywanie gazów oraz ograniczanie zanieczyszczeń gazowych

Stosowane systemy wychwytywania oparów powinny wykorzystywać systemy uszczelniania pieca lub reaktora oraz być zaprojektowane tak, aby utrzymywane było takie ciśnienie, które zapobiega przeciekom i emisjom niezorganizowanym. Należy stosować systemy, w których istnieje uszczelnienie pieca lub gdzie stosowane są okapy. Przykłady: podawanie dodatków materiału bezpośrednio przez elektrodę, podawanie dodatków przez dysze lub lance oraz stosowanie solidnych zaworów obrotowych w systemach zasilających. Wtórne wychwytywanie oparów jest kosztowne i pochłania dużą ilość energii, ale przy niektórych piecach jest niezbędne. Stosowany system powinien być systemem inteligentnym, zdolnym do lokalizacji i określenia źródła oraz czasu wydzielania wszelkiego rodzaju oparów.

Ogólnie rzecz ujmując, jeśli chodzi o usuwanie pyłu i emisji metali z tym związanych, najlepszą jakością działania zapewniają filtry tkaninowe (po odzysku ciepła lub chłodzeniu gazu), pod warunkiem, że stosowane są nowoczesne tkaniny odporne na zużycie i że są one odpowiednie do wychwytywania konkretnego pyłu oraz jeśli prowadzony jest ciągły monitoring, pozwalający na wykrywanie awarii. W nowoczesnych filtrach tkaninowych (np. filtrach membranowych) stosuje się znaczne ulepszenia, jeśli chodzi o działanie, niezawodność i trwałość i dlatego też w średnim okresie czasu pozwalają one na oszczędności kosztów. Mogą one być stosowane w istniejących urządzeniach, a także zainstalowane w czasie działań konserwacyjnych. Wyposażone są w system umożliwiający wykrywanie pęknięcia worka i stosowanie metod czyszczenia w trybie bezpośrednim.

W przypadku pyłów lepkich lub ściernych skuteczne mogą być mokre odpylacze elektrostatyczne lub płuczki wieżowe, pod warunkiem, że zostały prawidłowo skonstruowane dla konkretnego przypadku zastosowania.

Oczyszczanie gazu na etapie wytapiania i spopielenia powinno składać się z usuwania dwutlenku węgla i/lub dopalania, jeśli zostanie to uznane za konieczne dla uniknięcia problemów związanych z jakością powietrza na szczeblu lokalnym, regionalnym lub dalekosiężnym lub jeśli istnieje możliwość występowania dioksyn.

Różne surowce mogą wpływać na zakres składników, z których tworzy się pył lub na stan fizyczny niektórych składników, na przykład rozmiar i właściwości fizyczne pyłu. Te kwestie powinny zostać zbadane na szczeblu lokalnym.

Zapobieganie powstawaniu dioksyn i ich niszczenie

W przypadku wielu etapów pirometalurgicznych, jakie stosuje się w produkcji metali nieżelaznych, należy brać pod uwagę obecność i możliwość formowania się dioksyn. Szczegółowe przypadki opisane są w rozdziałach odnoszących się do poszczególnych metali i w tym wypadku wymienione poniżej techniki uważa się za najlepsze dostępne techniki BAT, mające na celu zapobieganie powstawaniu dioksyn oraz niszczenie dioksyn już występujących. Techniki te mogą być wykorzystywane w połączeniach. Odnotowano, iż niektóre metale nieżelazne służą jako katalizatory dla syntezy de-novo oraz że czasami konieczne jest zastosowanie czystego gazu przed podjęciem dalszych działań mających na celu ograniczenie emisji zanieczyszczeń.

- Kontrola jakości wsadów złomowych w zależności od stosowanego procesu. Stosowanie odpowiedniego materiału wsadowego dla konkretnego rodzaju pieca lub procesu. Selekcja i sortowanie, mające na celu zapobieżenie możliwości dodania materiału zanieczyszczonego materią organiczną lub prekursorami mogą ograniczyć tworzenie się dioksyn.
- Stosowanie prawidłowo skonstruowanych dopalaczy, ich prawidłowa eksploatacja oraz szybkie oziębianie gorących gazów do temperatury $< 250^{\circ}\text{C}$.
- Stosowanie optymalnych warunków spalania. Aby zapewnić te warunki, tam gdzie to konieczne, stosowanie wdmuchiwanie tlenu do górnej części pieca dla zapewnienia całkowitego spalania gazów piecowych.
- Absorpcja na węglu aktywnym w reaktorze nieruchomym lub ruchomym, lub poprzez wdmuchiwanie do strumienia gazu i usuwanie w postaci pyłu filtrowego.
- Metody skutecznego usuwania pyłu, na przykład filtry ceramiczne, filtry tkaninowe wysokiej jakości lub układy oczyszczania gazu przed instalacją kwasu siarkowego.
- Stosowanie etapu utleniania katalitycznego lub filtrów tkaninowych, umożliwiających powlekanie katalityczne.
- Oczyszczanie wychwytywanych pyłów w piecach wysokotemperaturowych w celu niszczenia dioksyn i odzyskiwania metali.

Stężenia emisji, z którymi kojarzone są wyżej opisane techniki wahają się od $<0,1$ do $0,5 \text{ ng/Nm}^3$ TEQ w zależności od materiału wsadowego, od procesu wytapiania lub topienia oraz od techniki lub zespołu technik stosowanych do usuwania dioksyn.

Procesy metalurgiczne

Różnorodność surowców, które mogą być wykorzystywane w różnych urządzeniach jest bardzo duża, co oznacza, że w częściach rozdziałów odnoszących się do najlepszych dostępnych technik BAT dla większości grup metali istnieje potrzeba uwzględnienia różnorodnych metalurgicznych procesów produkcyjnych. W wielu przypadkach o wyborze stosowanego procesu decyduje rodzaj surowców, tak więc typ pieca w niewielkim stopniu wpływa na BAT, pod warunkiem, że został on skonstruowany dla danego typu surowców oraz że tam, gdzie jest to praktycznie wykonalne, stosuje się odzysk energii.

Istnieją tu wyjątki, na przykład wielopunktowe podawanie tlenku glinu do elektrolizerów z centralnie spieczoną masą zostało określone jako najlepsza dostępna technika BAT dla aluminium wytapianego bezpośrednio z rudy, tak jak dla produkcji niektórych żelazostopów jako najlepsza dostępna technika BAT określone zostało wykorzystywanie pieców uszczelnionych, co pozwala na wychwytywanie gazów wysokokalorycznych. Dla miedzi wytapianej bezpośrednio z rudy piec płomienny nie jest uważany za odpowiadający BAT. Innymi istotnymi czynnikami są mieszanki surowców, kontrola i zarządzanie procesem oraz wychwytywanie oparów. Jako wyznaczniki przy wyborze nowego lub zmienionego procesu według ich hierarchii zostały określone:

- Wstępna obróbka cieplna lub mechaniczna surowców wtórnych mająca na celu zminimalizowanie zanieczyszczenia organicznego zawartego w materiale wsadowym;
- Stosowanie uszczelnionych pieców lub innych urządzeń technologicznych w celu zapobiegania niezorganizowanej emisji zanieczyszczeń, umożliwienia odzysku ciepła oraz wychwytywania gazów technologicznych do wykorzystania w innych zastosowaniach (np. CO jako paliwo i SO₂ jako kwas siarkowy) lub w celu ograniczania emisji zanieczyszczeń;
- Stosowanie pieców pół-uszczelnionych, tam gdzie piece uszczelnione nie są dostępne;
- Zminimalizowanie transferów materiału pomiędzy etapami procesu produkcyjnego;
- Tam, gdzie takie transfery materiału są nieuniknione, w przypadku materiałów stopionych wykorzystywanie rur spustowych zamiast kadzi;
- W niektórych przypadkach ograniczenie wykorzystania technik do tych, które nie powodują konieczności transportu stopionego materiału może uniemożliwić odzysk niektórych surowców wtórnych, które w innym przypadku weszłyby w skład odpadów. W takim przypadku odpowiednie jest stosowanie wtórnego lub trzeciorzędnego wychwytywania oparów tak, by umożliwić odzysk tych materiałów;
- Konstrukcja okapów i przewodów do przechwytywania oparów powstających w wyniku transportu lub spustu surowki, kamienia i żużłu;
- Konieczna może okazać się obudowa pieca lub reaktora w celu zapobieżenia emisji uwalnianych oparów do atmosfery;
- W przypadkach, w których istnieje prawdopodobieństwo, że ekstrakcja pierwotna lub obudowa nie będą skuteczne, można zastosować pełne zamknięcie pieca, a powietrze wentylacyjne może być odprowadzane przez wentylatory wyciągowe do odpowiedniego systemu oczyszczania i uzdatniania;
- Maksymalne wykorzystanie energii zawartej w koncentratkach siarkowych.

Emisja zanieczyszczeń do atmosfery

Emisja zanieczyszczeń do atmosfery powstaje na etapie magazynowania, transportu, przeładunku, obróbki wstępnej, procesów pirometalurgicznych i hydrometalurgicznych. Szczególnie istotne

znaczenie ma transport materiałów. Dostarczone dane potwierdzają, że przy wielu procesach emisje niezorganizowane odgrywają bardzo dużą rolę oraz że mogą być znacznie większe od emisji zbieranych i ograniczanych. W takich przypadkach istnieje możliwość zmniejszenia wpływu na środowisko poprzez hierarchiczne zastosowanie technik wychwytywania gazów przy magazynowaniu oraz przeładunku i transporcie materiałów oraz gazów z reaktorów i pieców oraz punktów przesypu/przekazu materiałów. Na każdym etapie projektowania i opracowywania procesu technologicznego musi być brana pod uwagę możliwość powstawania emisji niezorganizowanych. Na hierarchię wychwytywania gazów przy wszystkich procesach technologicznych składają się:

- Optymalizacja procesu technologicznego oraz minimalizacja emisji;
- Uszczelnione reaktory oraz piece;
- Docelowe wychwytywanie oparów.

Wychwytywanie oparów na poziomie dachu (sklepienia) jest bardzo energochłonne i powinno być stosowane w ostateczności.

Zestawienie czynników, które stanowią potencjalne źródło emisji zanieczyszczeń do atmosfery znajduje się w poniższej tabeli. Tabela zawiera również przegląd metod zapobiegania zanieczyszczeniom oraz ich oczyszczania. Emisję zanieczyszczeń do atmosfery notuje się na podstawie emisji wychwyconych. Pozostałe rodzaje emisji związane z emisją do atmosfery podane są jako średnie dzienne w oparciu o monitoring ciągły podczas okresu eksploatacyjnego. W przypadkach, w których monitoring ciągły nie jest możliwy, wartością będzie średnia z okresu próbkowania. Stosowane są normalne warunki: 273 K, 101,3 kPa, mierzona zawartość tlenu oraz gaz suchy bez rozcieńczania gazów.

Przy wyprażaniu lub przetapianiu rud siarczkowych lub koncentratów ważnym wymaganiem jest przechwytywanie siarki. Dwutlenek siarki wytwarzany w procesie jest zbierany i może być odzyskiwany jako siarka, gips (jeśli nie ma to negatywnego oddziaływania na środowisko) lub jako dwutlenek siarki lub też może być przekształcany na kwas siarkowy. Wybór procesu uzależniony jest od istnienia zapotrzebowania na dwutlenek siarki na lokalnym rynku. Za najlepszą dostępną technikę BAT uważana jest produkcja kwasu siarkowego w instalacji kwasu siarkowego o podwójnym kontakcie, z minimum czterema fazami przejścia lub też produkcja gipsu z gazu resztkowego w instalacji o pojedynczym kontakcie z użyciem nowoczesnego katalizatora. Konfiguracja takiej instalacji zależeć będzie od stężenia dwutlenku siarki wytwarzanego na etapach prażenia lub wytapiania.

Etap procesu technologicznego	Składnik w gazie odlotowym	Metoda oczyszczania
Transport i przeładunek materiałów oraz magazynowanie	Pył i metale	Prawidłowe magazynowanie, transport i przeładunek. Wychwytywanie pyłu i stosowanie filtrów tkaninowych tam, gdzie jest to konieczne
Rozdrabnianie, suszenie.	Pył i metale	Prowadzenie procesu Wychwytywanie gazów i filtry tkaninowe
Spiekanie/wyprażanie Wytapianie Proces konwertorowy Rafinacja ogniowa	Lotne związki organiczne, dioksyny Pył i związki metali.	Dopalacz, adsorbent lub domieszka węgla aktywnego. Wychwytywanie gazów, oczyszczanie gazów w filtrach tkaninowych, odzysk ciepła

	Tlenek węgla	Tam, gdzie to konieczne, dopalacz
	Dwutlenek siarki	Instalacja kwasu siarkowego (dla rud siarczkowych) lub płuczka wieżowa
Obróbka żużlu.	Pył i metale	Wychwytywanie gazów, chłodzenie i filtry tkaninowe
	Dwutlenek siarki	Płuczka wieżowa
	Tlenek węgla	Dopalacz
Ługowanie i rafinacja chemiczna	Chlor	Wychwytywanie gazów oraz ponowne wykorzystanie, mokra płuczka chemiczna.
Rafinacja karbonylowa	Tlenek węgla Wodór	Proces pod szczelnym zamknięciem, odzysk i ponowne użycie Dopalacz i usuwanie gazów przez filtry tkaninowe dla gazów resztkowych
Ekstrakcja rozpuszczalnikowa	Lotne związki organiczne (zależą od użytego rozpuszczalnika, powinny zostać określone lokalnie w celu oceny możliwości wystąpienia niebezpieczeństwa)	Hermetyzacja, wychwytywanie gazów, odzysk rozpuszczalnika. W koniecznych przypadkach adsorpcja węglowa
Rafinacja termiczna	Pył i metale	Wychwytywanie gazów i filtry tkaninowe
	Dwutlenek siarki	W koniecznych przypadkach płuczka wieżowa.
Elektroliza soli ciekłej	Fluorek, chlor, związki perfluorowe (PFC)	Prowadzenie procesu, wychwytywanie gazów, płuczka wieżowa (tlenek glinowy) i filtry tkaninowe
Wypiekanie elektrodowe, grafityzacja	Pył, metale, SO ₂ , fluorek, WWA, substancje smoliste	Wychwytywanie gazów, skraplacz i odpylacz elektrostatyczny, dopalacz lub płuczka tlenku glinowego i filtry tkaninowe Jeśli konieczne płuczka wieżowa dla SO ₂
Produkcja miazgi metalowego	Pył i metale	Wychwytywanie gazów i filtr tkaninowy
Produkcja miazgi	Pył, tlenek glinu	Wychwytywanie gazów i odzysk Średnia płuczka kwasowa
Zmniejszanie wysokiej temperatury	Wodór	Proces pod szczelnym zamknięciem, ponowne użycie
Elektrolityczne otrzymywanie metali	Chlor Kwaśna mgła	Wychwytywanie gazów oraz ponowne użycie. Mokra płuczka wieżowa. Wykraplacz (eliminatory mgły)
Topienie i odlewanie.	Pył i metale	Wychwytywanie gazów i filtr tkaninowy
	Lotne związki organiczne, dioksyny (wsad organiczny)	Dopalacz (wtryski węglowe)

Uwaga: Zatrzymywane pyłów przy użyciu filtra tkaninowego może wymagać usuwania gorących cząsteczek, w celu zapobieżenia pożarowi. Gorące odpylacze elektrostatyczne mogłyby być stosowane w systemach oczyszczania gazów przed instalacją kwasu siarkowego lub w przypadku gazów mokrych.

Zestawienie źródeł oraz opcji oczyszczania / ograniczania zanieczyszczeń

Poniższa tabela wyszczególnia poziomy emisji zanieczyszczeń dla systemów ograniczania emisji, które uważane są za odpowiadające najlepszym dostępnym technikom BAT dla procesów technologicznych metali nieżelaznych. Więcej szczegółów znaleźć można we wnioskach dotyczących BAT w rozdziałach odnoszących się do konkretnych metali.

Technika redukcji zanieczyszczeń	Odpowiadający zakres	Uwagi
Filtr tkaninowy	Pył 1 - 5 mg/Nm ³ Metale – w zależności od składu pyłu	Zależy od właściwości pyłu
Filtr węglowy lub filtr biologiczny	Węgiel organiczny ogółem < 20 mg/Nm ³	Fenol < 0,1 mg/Nm ³
Dopalacz (łącznie z raptownym obniżaniem temperatury dla usunięcia dioksyn)	Węgiel organiczny ogółem < 5 - 15 mg/Nm ³ Dioksyna < 0,1 – 0,5 ng/Nm ³ TEQ WWA (OSPAR 11) < 200 µgC/Nm ³ HCN < 2 mg/Nm ³	Skonstruowany dla gazów Dostępne są również inne techniki w celu dalszego zmniejszanie ilości dioksyn poprzez wdmuchiwanie węgla/wapnia, reaktory/filtry katalityczne
Zoptymalizowane warunki spalania	Węgiel organiczny ogółem < 5 - 50 mg/Nm ³	
Mokry odpylacz elektrostatyczny Filtr ceramiczny	Pył < 5 mg/Nm ³	Zależy od właściwości, na przykład pyłu, wilgoci i wysokiej temperatury
Mokra lub pół-sucha alkaliczna płuczka wieżowa	SO ₂ < 50 - 200 mg/Nm ³ Smoła < 10 mg/Nm ³ Chlor < 2 mg/Nm ³	
Płuczka tlenkiem glinu	Pył 1 - 5 mg/Nm ³ Węglowodór < 2 mg/Nm ³ WWA (OSPAR 11) < 200 µgC/Nm ³	
Odzysk chloru	Chlor < 5 mg/Nm ³	Chlor używany jest ponownie. Możliwe są przypadkowe emisje niezorganizowane
Płuczka utleniająca	Tlenki azotu < 100 mg/Nm ³	Od używania kwasu azotowego – odzysk, a po nim usuwanie śladów
Palnik o niskiej emisji tlenków azotu	< 100 mg/Nm ³	Wyższe wartości związane są ze wzbogacaniem w tlen w celu redukcji zużycia energii. W tych przypadkach zmniejszona jest ilość i masa emisji gazu
Palnik tlenowo-paliwowy	< 100 - 300 mg/Nm ³	
Instalacja kwasu siarkowego	> 99,7% konwersji (kontakt podwójny)	W tym płuczka wieżowa rtęciowa z zastosowaniem procesu Bolidena/Norzinka lub płuczka tiosiarczanowa Hg < 1 ppm w wytworzonym kwasie
	> 99,1% konwersji (kontakt pojedynczy)	
Skraplacz, odpylacz elektrostatyczny, adsorpcja wapna/węgla i filtr tkaninowy	WWA (OSPAR 11) < 200 µgC/Nm ³ Węglowodory (lotne) < 20 mgC/Nm ³ Węglowodory (skondensowane) < 2 mgC/Nm ³	

Uwaga: Tylko emisje wychwycone. Emisje towarzyszące podane są jako średnie dzienne w oparciu o monitoring ciągły w ciągu okresu eksploatacyjnego oraz warunki normalne: 273 K, 101,3 kPa, zawartość zmierzona tlenu oraz gaz suchy bez rozcieńczania gazów powietrzem. W przypadkach, gdzie monitoring ciągły nie jest praktycznie możliwy, wartością będzie średnia z okresu próbkowania. Dla stosowanego systemu ograniczania zanieczyszczeń, przy konstruowaniu systemu oraz dla określenia właściwej temperatury eksploatacyjnej zostaną wzięte pod uwagę właściwości gazu i pyłu. W przypadku niektórych składników, różnice w stężeniach gazu surowego w czasie procesów wsadowych mogą wpłynąć na działanie systemu ograniczania emisji zanieczyszczeń.

Emisje zanieczyszczeń do atmosfery odpowiadające stosowaniu najlepszych dostępnych technik BAT.

Przy chemicznej obróbce roztworów metali lub w różnych procesach metalurgicznych używa się kilku ściśle określonych odczynników. Niektóre ze związków, które powstają w wyniku zastosowania tych odczynników, ich źródła oraz metody oczyszczania gazów powstałych w następstwie zastosowania tych odczynników podane są poniżej.

Stosowany proces/odczynnik	Składnik w gazie odlotowym	Metoda oczyszczania
Stosowanie tlenku arsenu lub antymonu (rafinacja Zn/Pb)	Arsenowódór/antymonowódór	Płuczka wieżowa nadmanganianowa
Smola, itd.	Substancje smoliste i WWA	Dopalacz, kondensator i odpylacz elektrostatyczny lub suchy pochłaniacz
Rozpuszczalniki, lotne gazy organiczne	Lotne gazy organiczne, zapachy.	Hermetyzacja, kondensacja. Aktywny węgiel, filtr biologiczny.
Kwas siarkowy (+ siarka w paliwie lub surowcu)	Dwutlenek siarki	System mokrych lub pół-suchych płuczek wieżowych. Instalacja kwasu siarkowego.
Woda królewska	NOCl, tlenki azotu	System kaustycznych płuczek wieżowych
Chlor, HCl	Cl ₂	System kaustycznych płuczek wieżowych
Kwas azotowy	Tlenki azotu	Utlenianie i absorpcja, odzysk odpadów, system płuczek wieżowych
Na lub KCN	HCN	Utlenianie przy pomocy nadtlenu wodoru lub podchlorynu
Amoniak	NH ₃	Odzysk, system płuczek wieżowych
Chlorek amonowy	Aerozol	Odzysk przez sublimację, system płuczek wieżowych
Hydrazyna	N ₂ H ₄ (prawdopodobnie substancja rakotwórcza)	Płuczka wieżowa lub węgiel aktywny
Borowodorek sodowy	Wodór (niebezpieczeństwo wybuchu)	Tam, gdzie to możliwe unikać w przetwarzaniu PGM ⁵ (szczególnie Os, Ru)
Kwas mrówkowy	Formaldehyd	System płuczek kaustycznych
Chloran sodowy	Tlenki Cl ₂ (niebezpieczeństwo wybuchu)	Kontrola ostatniego punktu procesu

Przegląd chemicznych metod oczyszczania dla niektórych składników gazowych

⁵ PGM – metale z grupy platynowców (ang. *platinum group metals*) (przyp. tłum.).

Emisja zanieczyszczeń do wody

Istnieje kilka źródeł emisji zanieczyszczeń do wody. Zastosowanie znajdują tutaj różnorodne opcje minimalizacji zanieczyszczeń oraz oczyszczania, w zależności od źródła i występujących składników zanieczyszczenia. Ogólnie rzecz biorąc ściek może zawierać rozpuszczalne oraz nierozpuszczalne związki metali, olej i materiał organiczny. Poniższa tabela przedstawia podsumowanie potencjalnych ścieków, tworzących się metali oraz metod minimalizacji zanieczyszczeń i oczyszczania.

Źródło ścieku	Proces powiązany ze źródłem	Metody minimalizacji zanieczyszczeń	Metody oczyszczania
Woda technologiczna	Produkcja tlenku glinu, Rozbijane baterii ołowiowych. Wytrawianie	Zawracanie do procesu technologicznego w możliwie największym zakresie	Neutralizacja i strącanie. Elektroliza
Woda z chłodzenia pośredniego	Chłodzenie pieca w przypadku większości metali. Chłodzenie elektrolitu dla Zn	Stosowanie szczelnych systemów chłodzenia lub systemu chłodzenia powietrzem. System monitoringu w celu wykrywania przecieków	Sedymentacja
Woda z chłodzenia bezpośredniego	Odlewy z Al, Cu, Zn Elektrody węglowe	Sedymentacja Zamknięty obieg chłodzenia	Sedymentacja. Jeśli istnieje potrzeba – strącanie
Granulacja żużla	Cu, Ni, Pb, Zn, metale szlachetne, żelazostopy		Sedymentacja. Jeśli istnieje potrzeba – strącanie
Elektroliza	Cu, Ni, Zn	System uszczelniony. Elektrolityczne otrzymywanie metalu z wycieków elektrolitycznych	Neutralizacja i strącanie
Hydro-metalurgia (zrzucanie ścieków)	Zn, Cd	System uszczelniony	Sedymentacja. Jeśli istnieje potrzeba – strącanie
System ograniczania emisji zanieczyszczeń (zrzucanie ścieków)	Mokre płuczki wieżowe. Mokre odpylacze elektrostatyczne i płuczki wieżowe dla instalacji kwasów	Jeśli możliwe, ponowne wykorzystanie strumieni kwasów słabych	Sedymentacja. Jeśli istnieje potrzeba – strącanie
Woda powierzchniowa	Wszystkie	Dobre składowanie surowców oraz zapobieganie emisjom nieorganizowanym	Sedymentacja. Jeśli istnieje potrzeba – wytrącanie. Filtracja

Przegląd najlepszych dostępnych technik BAT dla strumieni ścieków

Usuwanie metali w systemach oczyszczania ścieku można maksymalizować poprzez zastosowanie sedymentacji i w niektórych przypadkach filtracji. Odczynnikami używanymi do wytrącania może

być wodorotlenek, siarczek lub też oba, w zależności od mieszaniny występujących metali. W wielu przypadkach praktycznym rozwiązaniem jest ponowne użycie oczyszczonej wody.

	Główne składniki [mg/l]					
	Cu	Pb	As	Ni	Cd	Zn
Woda technologiczna	<0,1	<0,05	<0,01	<0,1	<0,05	<0,15
Uwaga: Odpowiadające wartości emisji zanieczyszczeń odprowadzanych do wody oparte są na kwalifikowanej próbie losowej lub 24-godzinnej próbie złożonej						
Zakres, w jakim ściek poddawany jest oczyszczaniu zależy od źródła oraz zawartych w nim metali						

Przykład poziomu emisji zanieczyszczeń do wody odpowiadający zastosowaniu najlepszych dostępnych technik BAT

Pozostałości technologiczne

Pozostałości technologiczne wytwarzane są na różnych etapach procesu technologicznego i w dużym stopniu zależą od składników surowców. Rudy i koncentraty zawierają pewną ilość metali innych niż pierwotny metal docelowy. Procesy technologiczne są zaprojektowane tak, aby uzyskać pierwotny metal docelowy i odzyskać inne wartościowe metale.

Te wartościowe metale odkładają się w pozostałościach z procesów technologicznych, które z kolei tworzą surowiec dla procesów odzysku innych metali. Poniższa tabela zawiera przegląd niektórych pozostałości procesu technologicznego oraz dostępne opcje ich zagospodarowania.

Źródło pozostałości	Metale występujące w źródle	Pozostałość	Opcje dotyczące sposobów zagospodarowania pozostałości
Transport i przeładunek surowców, itd.	Wszystkie metale	Pył, zmiotki	Materiał wsadowy dla głównego etapu procesu technologicznego.
Piec do wytopienia	Wszystkie metale	Żużel	Po obróbce żużla jako materiał budowlany. Przemysł materiałów ściernych. Niektóre rodzaje żużla mogą zostać wykorzystane jako materiał ogniotrwały, np. żużel z produkcji chromu metalicznego.
	Żelazostopy	Żużel bogaty	Surowiec do innych procesów produkcji żelazostopów.
Piece przetwórcze	Cu	Żużel	Zawracanie odpadów do pieców do wytopienia
Piece do rafinacji	Cu	Żużel	Zawracanie odpadów do pieców do wytopienia
	Pb	Szumowiny	Odzysk innych wartościowych metali
	Metale szlachetne (PM)	Szumowiny i żużel	Wewnętrzny obieg odpadów
Obróbka żużla	Cu i Ni	Żużel oczyszczony	Materiał budowlany. Produkowany kamień
Piec do topienia	Wszystkie metale	Szumowiny Żużel i żużel solny	Zawracanie do procesu technologicznego po oczyszczeniu. Odzysk metali, soli i innych materiałów
Rafinacja	Cu	Upust	Odzysk Ni.

elektrolityczna		elektrolit u Pozostałości anodowe Szlam anodowy	Zawracanie do konwertora Odzysk metali szlachetnych
Elektrolityczne otrzymywanie metali	Zn, Ni, Co, metale szlachetne	Wypracowany elektrolit	Ponowne wykorzystanie w procesie ługowania
Elektroliza soli stopionych	Al.	Wypracowana wykładzina na kotła Kapiel nadmiarowa Ogarki anodowe	Substancja do nawęglania lub usunięcie Sprzedaż jako elektrolitu Odzysk
	Na i Li	Materiał ogniowy	Złom żelazny po oczyszczeniu
Destylacja	Hg	Pozostałości (Hollines)	Ponowne wykorzystanie jako materiał wsadowy w procesie technologicznym
	Zn, Cd	Pozostałości	Zawracanie do procesu
Ługowanie	Zn	Pozostałości żelazianowe	Bezpieczne usuwanie, ponowne wykorzystanie roztworu
	Cu	Pozostałości	Bezpieczne usuwanie
	Ni/Co	Pozostałości Cu/Fe	Odzysk, usuwanie
Instalacja kwasu siarkowego		Katalizator	Regeneracja
		Szlamy kwaśne	Bezpieczne usuwanie
		Kwas słaby	Ługowanie, usuwanie
Wykładziny pieca	Wszystkie metale	Materiał ogniotrwały	Zastosowanie jako środek żużlotwórczy, usuwanie
Mielenie, rozdrabnianie	Węgiel	Węgiel i pyły grafitowe	Zastosowanie jako surowca w innych procesach
Wytrawianie	Cu, Ti	Wypracowany kwas	Odzysk
Suche systemy ograniczania zanieczyszczeń	Większość – z zastosowaniem filtrów tkaninowych lub odpylaczy elektrostatycznych	Pył pofiltracyjny	Zawracanie do procesu technologicznego Odzysk innych metali
Mokre systemy ograniczania zanieczyszczeń	Większość – z zastosowaniem płuczek wieżowych lub mokrych odpylaczy elektrostatycznych	Szlam filtrowy	Zawracanie do procesu lub odzysk innych metali (np. Hg); Usuwanie
Szlam z oczyszczania ścieków	Większość	Szlamy wodorotlenkowe lub siarczkowe	Bezpieczne usuwanie, ponowne wykorzystanie Ponowne wykorzystanie
Trawienie	Tlenek glinowy	Czerwony muł	Bezpieczne usuwanie, ponowne

Przegląd pozostałości oraz dostępnych opcji ich zagospodarowania

Pył pofiltracyjny może zostać poddany utylizacji w tym samym zakładzie lub też zostać spożytkowany do odzysku innych metali w innych urządzeniach obróbki metali nieżelaznych przez stronę trzecią. Może też być użyty w innych zastosowaniach.

Pozostałości i żuźle można poddać obróbce w celu odzysku cennych metali. Pozostałości poodzyskowe mogą być wykorzystywane na przykład jako materiał budowlany. Niektóre składniki można przetworzyć na produkty nadające się do sprzedaży.

Pozostałości pochodzące z oczyszczania wody mogą zawierać cenne metale. W niektórych przypadkach takie pozostałości mogą być zwracane do procesu.

Organy ustawodawcze i wykonawcze powinny zapewnić, że odzysk z pozostałości prowadzony przez strony trzecie przeprowadzany jest zgodnie z wysokimi standardami ochrony środowiska i że odzysk taki nie pociąga za sobą negatywnych skutków oddziaływania na środowisko.

Związki toksyczne

Określona toksyczność niektórych związków, jakie mogą się uwalniać (ich wpływ lub skutki środowiskowe), różni się w zależności od grupy metali. Niektóre metale tworzą związki toksyczne, które mogą być emitowane podczas procesów technologicznych i dlatego ich ilość musi być zredukowana.

Odzysk energii

Odzysk energii można stosować w większości przypadków zarówno przed, jak i po wdrożeniu działań mających na celu ograniczenie zanieczyszczeń. Ważne są jednak okoliczności lokalne – na przykład brak zbytu dla odzyskanej energii. Poniższe punkty przedstawiają wnioski dotyczące najlepszych dostępnych technik BAT dla odzysku energii:

- Produkcja pary i elektryczności z ciepła powstałego w kotłach odzysknicowych;
- Wykorzystywanie ciepła reakcji do wytapiania lub prażenia koncentratów lub do topienia złomu metali w konwertorze;
- Wykorzystywanie gorących gazów technologicznych do suszenia materiałów wsadowych;
- Wstępne ogrzewanie ładunku pieca z wykorzystaniem energii cieplnej gazów piecowych lub gazów gorących z innego źródła;
- Wykorzystywanie palników rekuperacyjnych lub stosowanie wstępnego podgrzewania powietrza spalania;
- Stosowanie gazu opałowego zawierającego wytwarzany gaz CO;
- Ogrzewanie roztworów (cieczy) ługujących za pomocą gorących gazów technologicznych lub gorących roztworów;
- Wykorzystywanie zawartości plastyku w niektórych surowcach jako paliwa, pod warunkiem, że plastik dobrej jakości nie może być odzyskiwany i że nie występuje emisja lotnych związków organicznych ani dioksyn;
- Tam, gdzie jest to praktycznie wykonalne, stosowanie materiałów ogniotrwałych o małej masie;

6. Poziom zgodności i zalecenia dotyczące dalszych działań

Niniejszy dokument spotkał się z dużym poparciem ze strony Technicznej Grupy Roboczej oraz uczestników 7 posiedzenia Forum Wymiany Informacji. Uwagi krytyczne odnosiły się głównie do luk w danych oraz aspektów związanych z prezentacją (wnioski o włączenie do Streszczenia głównych punktów poziomów emisji zanieczyszczeń oraz zużycia energii odpowiadających BAT dla większej ilości substancji).

Zaleca się, aby niniejszy dokument został poddany przeglądowi za cztery lata. Obszarami, w których należy poczynić dodatkowe wysiłki w celu ustanowienia solidnych podstaw przekazywania informacji są, przede wszystkim, emisje niezorganizowane oraz dane dotyczące emisji jednostkowych i zużycia, pozostałości technologiczne, ścieki oraz aspekty dotyczące małych i średnich przedsiębiorstw. Rozdział 13 zawiera dalsze zalecania.

Weryfikacji dokonali:

Andrzej Płonka

Zbigniew Przebindowski

Huta Metali Nieżelaznych Szopienice