

Ograniczenie emisji dioksyn i furanów w sektorze metalurgicznym w Polsce
Warszawa, 21 marca 2005

**Carsten Lassen, Mariusz Holtzer, Józef Dańko,
Jens Apfel, Rafał Dańko,**

**WYNIKI PRZEGLĄDÓW
EKOLOGICZNYCH W ZAKRESIE EMISJI DIOKSYN
I FURANÓW W ASPEKCIE MOŻLIWOŚCI JEJ
OGRANICZENIA**

Ograniczenie emisji dioksyn i furanów w sektorze metalurgicznym w Polsce
Warszawa, 21 marca 2005

Badaniami objęto następujące instalacje:

1. żeliwiak z zimnym dmuchem wzbogaconym w tlen z instalacją suchego odpylania (komora iskrowa + filtr tkaninowy);
2. taśma spiekalnicza (instalacja do spiekania rud) – gazy odlotowe oczyszczane są w elektrofiltrze i dodatkowo część spalin jest zawracana do procesu spiekania;
3. suszarnia obrotowa koncentratu Cu i ługu posulfitowego – gazy odlotowe oczyszczane są w filtrach workowych pulsacyjnych;
4. instalacja do odsiarczania gazów z wytopu miedzi stosowanych do produkcji kwasu siarkowego;
5. piec elektryczny do wytopu miedzi - - filtr tkaninowy (poziom emisji 5 mg/Nm³);
6. instalacja do produkcji kwasu siarkowego z gazów z pieca zawiesinowego – elektrofiltry mokre;

Ograniczenie emisji dioksyn i furanów w sektorze metalurgicznym w Polsce
Warszawa, 21 marca 2005

- 7. żeliwiak z gorącym dmuchem – dwurzędowy układ mokrych chwytaaczy iskier;
- 8. elektryczny piec łukowy 30 ton + piec kadziowy – filtr tkaninowy
- 9. piec indukcyjny do przetopu złomu i odpadów technologicznych z aluminium i jego stopów – odciąg z nad pieca;
- 10. piec obrotowy + indukcyjny piec tyglowy do przetopu opakowań aluminiowych – komora dopalania oraz filtr tkaninowy;
- 11. piec gazowy 35 ton do przetopu – cyklon + filtr workowy pulsacyjny;
- 12. piece indukcyjne tyglowe o pojemności 2 x 300 kg do przetopu opakowań aluminiowych – wodny filtr przewałowy;
- 13. piece prądalnicze do produkcji blendy cynkowej – oczyszczanie gazów poprądalniczych w cyklonach;

Ograniczenie emisji dioksyn i furanów w sektorze metalurgicznym w Polsce
Warszawa, 21 marca 2005

- 14. piece indukcyjne do przetopu katod Zn uzyskanych w procesie elektrolizy – filtr tkaninowy;
- 15. elektryczny piec łukowy o pojemności 140 ton – łapacze iskier + filtr tkaninowy
- 16. instalacja do produkcji surówki – gazy z nad kanałów lejniczych są kierowane do elektrofiltra;
- 17. konwertor tlenowy – gaz konwertorowy jest dopalany, a spaliny są kierowane na płuczki wodne;
- 18. piec obrotowy opalany gazem do wytopu żeliwa – filtr tkaninowy pulsacyjny;
- 19. taśma spiekalnicza (instalacja do spiekania rud) – elektrofiltr;
- 20. elektryczny piec łukowy o pojemności 140 ton – filtr tkaninowy pulsacyjny.

Ograniczenie emisji dioksyn i furanów w sektorze metalurgicznym w Polsce
Warszawa, 21 marca 2005

Metody pierwotne są rozumiane jako techniki zapobiegające zanieczyszczeniu obejmujące redukcję lub eliminujące generowanie PCDD/PCDF z instalacji.

Do sposobów tych można zaliczyć:

- zmiany w materiałach wsadowych,
- efektywną kontrolę przebiegu procesu technologicznego,
- zastosowanie dopalania oraz wodnego zraszania gazów odlotowych.

- **Metody wtórne** dotyczą technik kontroli zanieczyszczenia.

Nie są to metody zapobiegające powstawaniu PCDD/PCDF u źródła, lecz służą jako sposoby ograniczania ich emisji do atmosfery.

Do metod tych można zaliczyć:

- wysokowydajne urządzenia do usuwania pyłów,
- adsorpcję na węglu aktywnym w połączeniu z zastosowaniem filtrów tkaninowych,
- utlenianie katalityczne.

Ograniczenie emisji dioksyn i furanów w sektorze metalurgicznym w Polsce
Warszawa, 21 marca 2005

SPIEKALNIA RUD ŻELAZA

Stężenie PCDD/PCDF w gazach odlotowych z badanej taśmy spiekalniczej, zmierzone po elektrofiltrze, wynosiło **1,3 ng I-TEQ/Nm³** (przy roboczym stężeniu O₂), co odpowiada współczynnikowi emisji **2,2 µg I-TEQ/t** wyprodukowanego spieku i daje całkowitą emisję z tej taśmy spiekalniczej **1,5 g I-TEQ/rok**.

Typowy współczynnik emisji PCDD/PCDF z taśm spiekalniczych mieści się w zakresie **1-10 µg I-TEQ/t** spieku

Ograniczenie emisji dioksyn i furanów w sektorze metalurgicznym w Polsce
Warszawa, 21 marca 2005

Pierwotne metody

Metody pierwotne ograniczenia tworzenia się PCDD/PCDF w omawianym procesie obejmują

- stosowanie czystego wsadu (niezaolejonego)
- lub wstępne wypalanie olejów ze zgorzeliny powalcowniczej.

Równocześnie będzie to powodować obniżenie się emisji innych gazów.

Ograniczenie emisji dioksyn i furanów w sektorze metalurgicznym w Polsce
Warszawa, 21 marca 2005

Wtórne metody

- Filtr tkaninowy,
- Wdmuchiwanie pyłu węgla kamiennego lub brunatnego,
- Mokre skrubery,
- Zawracanie gazów odlotowych

Ograniczenie emisji dioksyn i furanów w sektorze metalurgicznym w Polsce
Warszawa, 21 marca 2005

Oczekiwana redukcja emisji i koszty dla jednej taśmy spiekalniczej

Metoda	Przybliżone koszty		Inne zanieczyszczenia, których zmniejszy się emisja
	Inwestycje Miliony €	Obsługa Miliony €/rok	
Filtr tkaninowy	2,0 – 2,2	0,10 – 0,12	ołów, pył
Wdmuchiwanie pyłu węgla brunatnego	0,35	0,05	rtęć
Ogółem	2,35 – 2,55	0,15 – 0,17	

Ograniczenie emisji dioksyn i furanów w sektorze metalurgicznym w Polsce
Warszawa, 21 marca 2005

INSTALACJA DO PRODUKCJI STALI W ELEKTRYCZNYM PIECU ŁUKOWYM

Przy stężeniu roboczym O₂, stężenie PCDD/PCDF w tym strumieniu gazów odlotowych za filtrem tkaninowym wynosiło tylko **0,004 ng I-TEQ/Nm³**, czemu odpowiada współczynnik emisji **0,02 µg I-TEQ/t** produkowanej stali, a całkowitą emisję z tego procesu można oszacować na **0,02 g I-TEQ/rok**.

Ograniczenie emisji dioksyn i furanów w sektorze metalurgicznym w Polsce
Warszawa, 21 marca 2005

Współczynnik emisji dla instalacji elektrycznych pieców łukowych pracujących w Europie wynosi **od 0,07 do 9 $\mu\text{g I-TEQ/t}$** produkowanej stali. W dokumentach UNEP przyjmuje się współczynnik emisji **3 $\mu\text{g I-TEQ/t}$** wyprodukowanej stali przy produkcji stali z „czystego złomu/żelaza pierwotnego, oraz wyposażeniu instalacji w komorę dopalania i filtr tkaninowy” oraz **10 $\mu\text{g I-TEQ/t}$** przy produkcji stali ze „złomu zanieczyszczonego (cieczami chłodząco-smarującymi, zanieczyszczeniami ogólnymi), złomu wstępnie podgrzanego, ograniczonej kontroli złomu”

Ograniczenie emisji dioksyn i furanów w sektorze metalurgicznym w Polsce
Warszawa, 21 marca 2005

Pierwotne metody

Metody pierwotne obejmują stosowanie mniej zanieczyszczonego złomu we wsadzie lub wstępne oczyszczanie złomu. Jednak opierając się na doświadczeniach innych krajów takie metody są stosowane sporadycznie.

Wtórne metody

- *system dopalania gazów,*
- *komora do natryskiwania,*
- *wychwytywanie pyłów,*
- *wdmuchiwanie pyłu węglowego.*

W stalowniach stosujących elektryczne piece łukowe przy systemie wdmuchiwania węgla do strumienia gazów odlotowych stężenie PCDD/PCDF w oczyszczonym gazie wynosiło od 0,02 do 0,05 ng I-TEQ/Nm³. W praktyce stosuje się dodatek 40 – 100 mg pyłu węgla brunatnego na 1 m³ oczyszczanych gazów odlotowych.

Ograniczenie emisji dioksyn i furanów w sektorze metalurgicznym w Polsce
Warszawa, 21 marca 2005

Spodziewana redukcja emisji i koszty pełnej instalacji oczyszczania gazów odlotowych w typowej stalowni wyposażonej w elektryczny piec łukowy o podobnej pojemności

Metoda	Przybliżone koszty		Inne zanieczyszczenia, których zmniejszy się emisja
	Inwestycje Miliony €	Obsługa Miliony €/rok	
Dopalenie	0,2	0,01	CO
Przewody chłodzone wodą	0,2-0,5	0,02	
Komor zrasząca	0,5	0,05	
Stacja filtrów workowych (1.000.000 Nm ³ /h)	3,0-3,5	0,15-0,2	
Wdmuchiwanie pyłu węgla brunatnego	0,35	0,05	rtęć
Ogólnie	4,3-5,3	0,28-0,33	

Ograniczenie emisji dioksyn i furanów w sektorze metalurgicznym w Polsce
Warszawa, 21 marca 2005

ŻELIWIAK Z GORĄCYM DMUCHEM

Zmierzone stężenie PCDD/PCDF w strumieniu gazów odlotowych przed mokrymi chwytaaczami iskier wynosiło **1,2 ng I-TEQ/Nm³** (przy roboczym stężeniu O₂), co odpowiada współczynnikowi emisji **2,88 µg I-TEQ/t** produktu, a całkowita emisja wynosi **0,05 g I-TEQ/rok**.

Pierwotne metody

Pierwotne metody redukcji tworzenia się PCDD/PCDF obejmują:

- wykorzystanie żeliwiakowych gazów odlotowych do podgrzewania dmuchu (chłodzenie gazów i ich krótszy okres pozostawania w niekorzystnym zakresie temperatury),
- selekcję stosowanego złomu oraz jego wstępne oczyszczanie np. poprzez podgrzewanie.

Wtórne metody

- *Dopalenie gazów odlotowych*

gazy są bezpośrednio dostarczane do komory dopalania wyposażonej w palnik powietrzno-paliwowy.

- *filtr tkaninowy*

można wówczas łatwo uzyskać poziom emisji pyłów poniżej 5 mg/Nm³. Jeżeli temperatura w komorze filtracyjnej jest poniżej 70°C, możliwe jest również uzyskanie niskiej emisji PCDD/PCDF. Współczynnik emisji PCDD/PCDF dla żeliwiaka z filtrem tkaninowym wynosi około **0,03 µg I-TEQ/ t** ciekłego żeliwa.

Ograniczenie emisji dioksyn i furanów w sektorze metalurgicznym w Polsce
Warszawa, 21 marca 2005

Szacowane koszty

Metoda	Przybliżone koszty		Inne zanieczyszczenia, których zmniejszy się emisja
	Inwestycje Miliony €	Obsługa Miliony €/rok	
Filtr tkaninowy	0,3	0,02	pył
System kontroli zanieczyszczenia powietrza z dopalaniem	0,5-2	0,05	pył

Ograniczenie emisji dioksyn i furanów w sektorze metalurgicznym w Polsce
Warszawa, 21 marca 2005

INSTALACJA DO WTÓRNEGO WYTAPIANIA ALUMINIUM W PIECU INDUKCYJNYM

Ogólnie, uwalnianie PCDD/PCDF z procesów wtórnego wytopu aluminium jest możliwe w wyniku następujących mechanizmów:

- wsad zawiera PCDD/PCDF, które są uwalniane w wyniku obróbki termicznej.
- PCDD/PCDF tworzą się z prekursorów jakimi są chlorowane związki organiczne, które wprowadzane są do procesu wraz z materiałami wsadowymi
- PCDD/PCDF powstają podczas termicznej obróbki wsadu ze związków organicznych i w obecności organicznych lub nieorganicznych związków chlorowych.

Metody pierwotne

Należy rozważyć następujące sposoby minimalizacji tworzenia się PCDD/PCDF:

- Minimalizacja ilości wprowadzanych zanieczyszczeń organicznych (np. smarów, olejów, lakierów, plastików) poprzez wstępną obróbkę lub przygotowanie wsadu (np. poprzez sortowanie).
- Minimalizacja ilości wprowadzanego chloru (np. nie stosować sześćchloroetanu, prowadzić rafinację ciekłego metalu przy użyciu mieszaniny azot/chlor).
- Podczas produkcji i przeróbki aluminium nie stosować dodatków zawierających chlor (przemysł aluminium wtórnego nie ma na to wpływu).

Ponadto należy uwzględnić następujące podstawowe zasady:

- gaz surowy powstający w procesach musi być oczyszczony metodami stosowanymi dla gazów odlotowych, przy czym strumień gazów zanieczyszczonych powinien być możliwie najmniejszy (rozważyć całkowite wychwycenie gazów odlotowych);
- zoptymalizować proces spalania substancji organicznych (dobre wymieszanie, dostateczny czas przebywania w strefie spalania i dostatecznie wysoka temperatura spalania);
- zminimalizować ilość uwalnianego chloru podczas obróbki kąpieli metalowej np. poprzez optymalizację procesu rafinacji gazowej.

Metody wtórne

Właściwe oczyszczanie gazów odlotowych:

- sucha sorpcja z udziałem mieszaniny wapna gaszonego i pyłu węgla brunatnego (3 – 10%)
poziom PCDD/PCDF < 0,1 ng I-TEQ/Nm³,
- filtry tkaninowe,
- mokre skrubery + upakowane złożo węgla brunatnego.

Ograniczenie emisji dioksyn i furanów w sektorze metalurgicznym w Polsce
Warszawa, 21 marca 2005

Spodziewane koszty

Metoda	Przybliżone koszty		Inne zanieczyszczenia, których zmniejszy się emisja
	Inwestycje Miliony €	Eksploatacja Miliony €/rok	
Oczyszczanie gazów w filtrze tkaninowym z dozowaniem wapna i węgla brunatnego	0,7-0,8	0,05	pył metale ciężkie inne substancje organiczne

Ograniczenie emisji dioksyn i furanów w sektorze metalurgicznym w Polsce
Warszawa, 21 marca 2005

- **INSTALACJA DO PIERWOTNEJ PRODUKCJI CYNKU
Z KATOD CYNKOWYCH**

Zmierzone stężenie PCDD/PCDF w gazach odlotowych z procesu odlewania cynku otrzymanego z przetapiania katod produkowanych elektrolitycznie wynosiło 0,006 ng I-TEQ/Nm³ (przy roboczym stężeniu O₂), czemu odpowiada współczynnik emisji 0,02 µg I-TEQ/t wyprodukowanego cynku, a całkowita emisja z pieca wynosi 0,001 g I-TEQ/rok.

Ograniczenie emisji dioksyn i furanów w sektorze metalurgicznym w Polsce
Warszawa, 21 marca 2005

- **Wnioski ogólne**

W oparciu o uzyskane wyniki pomiarowe emisji dioksyn i furanów z instalacji stosowanych w przemyśle metalurgicznym oraz przeprowadzone przeglądy ekologiczne 6 wytypowanych instalacji można przedstawić następujące wnioski dotyczące ograniczenia tworzenia się lub redukcji emisji tych związków:

- **Instalacja do spiekania rud żelaza:**
 - *metody pierwotne* obejmują stosowanie czystego wsadu (niezaolejonego) lub wstępne wypalanie olejów ze zgorzeliny powalcowniczej;
 - *metody wtórne* – wprowadzenie w maksymalnym stopniu, możliwym z technicznego punktu widzenia, procesu zawracania gazów z linii spiekalniczej do procesu spiekania.

Ograniczenie emisji dioksyn i furanów w sektorze metalurgicznym w Polsce
Warszawa, 21 marca 2005

- Instalacja do produkcji stali w elektrycznym piecu łukowym:
 - *metody pierwotne* – stosowanie we wsadzie mniej zanieczyszczonego złomu lub wstępne jego oczyszczanie (metoda stosowana sporadycznie);
 - *metody wtórne* – zastosowanie komory dopalania gazów odlotowych, szybkie chłodzenie gazów odlotowych (np. przy zastosowaniu komory natryskowej), stosowanie wysoko sprawnych filtrów tkaninowych do wychwytywania pyłów oraz ewentualne wdmuchiwanie pyłu węgla aktywnego lub węgla brunatnego.

Ograniczenie emisji dioksyn i furanów w sektorze metalurgicznym w Polsce
Warszawa, 21 marca 2005

- Instalacja żeliwiaka z gorącym dmuchem:
 - *metody pierwotne* – stosowanie odlotowych gazów żeliwiakowych do podgrzewania dmuchu oraz selekcja złomu i wstępne jego oczyszczanie np. poprzez podgrzewanie;
 - *metody wtórne* – dopalanie gazów odlotowych oraz wychwytywanie pyłów za pomocą filtrów tkaninowych.

Ograniczenie emisji dioksyn i furanów w sektorze metalurgicznym w Polsce
Warszawa, 21 marca 2005

- Instalacja do wtórnego wytapiania aluminium w piecu indukcyjnym:
 - *metody pierwotne* – wstępna obróbka materiałów wsadowych np. wypalanie olejów i powłok lakierniczych;
 - *metody wtórne* – obejmują skuteczne metody oczyszczania gazów odlotowych, do których należy zaliczyć suchą sorpcję np przy stosowaniu mieszaniny wapna gaszonego i pyłu węgla brunatnego, a następnie oczyszczanie w filtrze tkaninowym lub mokre skrubery wyposażone dodatkowo np. w upakowane złożę węgla brunatnego.

Ograniczenie emisji dioksyn i furanów w sektorze metalurgicznym w Polsce
Warszawa, 21 marca 2005

- Instalacja do pierwotnej produkcji cynku z katod cynkowych:
 - ponieważ w pomiarach stwierdzono emisję dioksyn i furanów poniżej 0,1 ng T-EQ/Nm³ nie jest konieczne stosowanie żadnych dodatkowych metod redukcji emisji tych zanieczyszczeń.