



KOMISJA EUROPEJSKA

Dokument referencyjny dotyczący najlepszych dostępnych
technik w

**przemysłach cementowym,
wapienniczym oraz produkcji tlenku
magnezu**

maj 2010 r.



-Dokument Referencyjny Dotyczący Najlepszych Dostępnych Technik ...	Kod
Duże Obiekty Energetycznego Spalania	LCP
Rafinerie ropy naftowej i gazu	REF
Produkcja Żelaza i Stali	I&S
Przemysł obróbki metali kolorowych	FMP
Przemysł obróbki metali nieżelaznych	NFM
Kuźnictwo i przemysł odlewniczy	SF
Obróbka powierzchniowa metali i plastików	STM
<i>Przemysł cementowy, wapienniczy oraz produkcji tlenku magnezu</i>	
Przemysł szklarski	GLS
Przemysł Ceramiczny	CER
Przemysł Wielkotonażowych Chemikaliów Organicznych	LVOG
Produkcja Chemikaliów Organicznych Głęboko Przetworzonych	OFC
Produkcja Polimerów	POL
Przemysł chloro-alkaliczny	CAK
Przemysł Wielkotonażowych Chemikaliów Nieorganicznych - Amoniak, Kwasów i Nawozów Sztucznych	LVIC-AAF
Przemysł Wielkotonażowych Chemikaliów Nieorganicznych – Substancji Stałych i Innych	LVIC-S
Produkcja Specjalnych Chemikaliów Nieorganicznych	SIC
Systemy Obróbki / Zarządzania Wodami i Gazami Odpadowymi w Sektorze Chemicznym	CWW
Zakłady utylizacji odpadów	WT
Spalanie odpadów	WI
Zarządzanie odpadami górnictwymi i skałami płonnymi w górnictwie	MTWR
Przemysł celulozowo-papierniczy	PP
Przemysł techniczny	TXT
Garbowanie skór	TAN
Ubojnie i przemysł przetwórczy produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego	SA
Przemysł spożywczy, mleczarski oraz produkcja napojów	FDM
Intensywny chów drobiu i świń	IRPP
Obróbka powierzchniowa z wykorzystaniem rozpuszczalników organicznych	STS
Przemysłowe systemy chłodzenia	ICS
Emisja z magazynowania	EFS
Efektywność Energetyczna	ENE

Przemysł Cementowy, Wapienniczy i produkcji Tlenku Magnezu

i

Dokument Referencyjny . . .	
Ogólne zasady monitorowania	MON
Aspekty ekonomiczne i oddziaływania między komponentami środowiska	ECM

Ten dokument jest jednym z serii dokumentów wymienionych poniżej, które muszą być zweryfikowane:

STRESZCZENIE DOKUMENTU REFERENCYJNEGO DOTYCZĄCEGO NAJLEPSZYCH DOSTĘPNYCH TECHNIK W PRZEMYSŁACH CEMENTOWYM, WAPIENNICZYM ORAZ PRODUKCJI TLENKU MAGNEZU

WPROWADZENIE

Dokument referencyjny (BREF) dotyczący najlepszych dostępnych technik BAT (Best Available Techniques) zatytułowany '**Przemysł cementowy, wapienniczy i produkcji tlenku magnezu**' jest rezultatem wymiany informacji przeprowadzonej na mocy art. 17 ust. 2 dyrektywy 2008/1/WE Parlament Europejskiego i Rady (Dyrektywa IPPC). Niniejsze streszczenie opisuje główne konkluzje i przedstawia zestawienie głównych wniosków dotyczących najlepszych dostępnych technik BAT oraz związanych z nimi poziomów zużycia i emisji. Niniejszy rozdział należy czytać w połączeniu z Przedmową, w której wyjaśniono założenia niniejszego dokumentu; sposób, w jaki ma on być stosowany oraz warunki prawne. Niniejsze streszczenie można traktować jako niezależny dokument, jednak – z uwagi na to, że jest to streszczenie – nie zawiera ono wszystkich zawiłości uwzględnionych w pełnym dokumencie. Dlatego też niniejszy rozdział nie może zastąpić całego dokumentu jako narzędzia stosowanego w procesie decyzyjnym dotyczącym najlepszych dostępnych technik BAT.

ZAKRES NINIEJSZEGO DOKUMENTU

Niniejszy dokument dotyczy działalności przemysłowych określonych w pkt 3.1 załącznika I do dyrektywy 2008/1/WE, który brzmi:

„3.1. Instalacje do produkcji klinkieru cementowego w piecach obrotowych o wydajności przekraczającej 500 ton dziennie lub do produkcji wapna w piecach obrotowych o wydajności przekraczającej 50 ton dziennie, albo w innych piecach o wydajności powyżej 50 ton dziennie.”

Oprócz przemysłów cementowego i wapienniczego niniejszy dokument obejmuje wytwarzanie tlenku magnezu metodą suchą.

Dokument referencyjny (BREF) składa się z trzech rozdziałów: jednego na temat przemysłu cementowego, jednego na temat przemysłu wapienniczego i jednego na temat wytwarzania tlenku magnezu metodą suchą z wydobywanego naturalnego magnezytu (węglan magnezu, $MgCO_3$). Każdy z tych rozdziałów składa się z siedmiu punktów zgodnie z ogólnym planem i wytycznymi dotyczącymi sporządzania dokumentów referencyjnych (BREF). Poza podstawowymi rodzajami działalności wytwórczych w ramach trzech wymienionych wyżej działalności przemysłowych, dokument uwzględnia także działania powiązane, które mogą mieć wpływ na emisję lub zanieczyszczenie. Niniejszy dokument obejmuje zatem działania od przygotowania surowców do przesyłania produktów gotowych. Nie uwzględnia niektórych rodzajów działalności np. górnictwa/wydobycia oraz produkcji klinkieru w szybowych piecach cementowych, gdyż nie są one uznawane za bezpośrednio związane z działalnością podstawową.

PRZEMYSŁ CEMENTOWY

Podstawowe kwestie ochrony środowiska

[Przemysł Cementowy, Wapienniczy i produkcji Tlenku Magnezu](#)

Cement to podstawowy materiał wykorzystywany w budownictwie oraz w inżynierii lądowej i wodnej. Produkcja cementu w Unii Europejskiej w roku 2006 utrzymywała się na poziomie 267,5 milionów ton, co stanowiło ok. 10,5% produkcji światowej.

W roku 2008 w Unii Europejskiej istniało 268 instalacji produkujących klinkier cementowy i cement gotowy, wyposażonych łącznie w 377 pieców. Istniało ponadto 90 innych przemiałowni (młynów) i dwie instalacje produkujące klinkier bez młynów. Wydajność typowego pieca osiągnęła poziom ok. 3000 ton klinkieru dziennie.

Wypalanie klinkieru jest najważniejszą częścią procesu z punktu widzenia podstawowych kwestii ochrony środowiska związanych z produkcją cementu; tj. zużycia energii i emisji do powietrza. W zależności od procesu produkcyjnego, cementownie stanowią źródło emisji do powietrza i do gleby (w postaci odpadów). W konkretnych rzadkich przypadkach mogą nastąpić emisje do środowiska wodnego. Ponadto na środowisko mogą oddziaływać także hałas i nieprzyjemne zapachy. Głównymi substancjami zanieczyszczającymi emitowanymi do powietrza są pyły, tlenki azotu i dwutlenek siarki. Uwalniane są także tlenki węgla, polichlorowane dibenzodioxyny i dibenzofurany, całkowity węgiel organiczny, metale, chlorowodór i fluorowodór. Rodzaj i ilość zanieczyszczeń powietrza zależy od różnych parametrów np. od wsadu (użyty surowiec i paliwo) i zastosowanego rodzaju procesu.

Do wyprodukowania 1 tony klinkieru w UE zużywa się przeciętnie 1,52 tony surowców. Na różnicę tych wielkości składa się w większości strata z procesu w postaci dwutlenku węgla emitowanego do powietrza podczas reakcji kalcynacji ($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$).

Stosowane procesy i technologie

Po wydobyciu, przemiale i homogenizacji surowców pierwszą operacją w procesie produkcji cementu jest kalcynacja węgla wapnia. Potem następuje spiekanie w wysokich temperaturach otrzymanego tlenku wapnia z krzemionką, tlenkiem glinu i tlenkiem żelaza w celu otrzymania klinkieru. Następnie klinkier przemiela się z gipsem i innymi składnikami w celu wytworzenia cementu. Źródło węgla wapnia stanowią występujące w przyrodzie złoża wapienne, np. kamień wapienny, margiel lub kreda. Krzemionka, tlenek żelaza i tlenek glinu znajdują się w różnych rudach i minerałach. Częściowymi substytutami surowców naturalnych mogą być także niektóre rodzaje odpadów.

Przemysł cementowy jest branżą energochłonną, a energia stanowi ok. 40% kosztów produkcji (tj. kosztów z wyłączeniem nakładów inwestycyjnych, ale z uwzględnieniem kosztów energii elektrycznej). Do wytworzenia ciepła potrzebnego w procesie produkcji, można używać różnych konwencjonalnych paliw kopalnych i paliw odpadowych. W roku 2006 najczęściej używanymi paliwami były: koks ponaftowy (petcoke), węgiel kamienny, a także różnego rodzaju odpady, a po nich węgiel brunatny i inne paliwa stałe, olej opałowy i gaz ziemny.

Ogólnie, specyfika procesu wypalania klinkieru umożliwia użycie odpadów w charakterze surowca lub paliwa. Klinkier wypala się w piecu obrotowym, który może stanowić część instalacji wypalania metodą mokrą lub suchą w długim piecu, instalacji wypalania metodą półmokrą lub półsuchą w piecu z podgrzewaczem rusztowym (Lepol), instalacji wypalania z podgrzewaczem w stanie zawieszenia lub instalacji z podgrzewaczem/prekalcynatorem. W 2008 r. ok. 90% europejskiej produkcji cementu pochodziło z pieców działających w oparciu o

metodę suchą, kolejne 7,5% produkcji odbywało się w piecach pracujących metodą półsuchą lub półmokrą, a reszta produkowanego w Europie cementu, ok. 2,5%, pochodziła z pieców na metodę mokrą. Generalnie przewiduje się, że działające w Europie piece metody mokrej zostaną w ramach modernizacji przekształcone w instalacje pracujące metodą suchą, podobnie jak piece metody półsuchej i półmokrej.

PRZEMYSŁ WAPIENNICZY

Podstawowe kwestie ochrony środowiska

Wapno stosuje się w szerokiej gamie produktów, np. jako topnik w procesie oczyszczania stali, jako spoiwo w budownictwie, a także jako materiał do wytrącania zanieczyszczeń w procesach uzdatniania wody. Wapna używa się również często do neutralizowania kwaśnych składników ścieków przemysłowych i gazów spalinowych. W 2004 r. europejski rynek produkcyjny wytworzył prawie 25 milionów ton wapna w porównaniu z produkcją europejską ogółem wynoszącą 28 milionów ton wapna (uwzględniając produkcję komercyjną i produkcję wapna na potrzeby własne zakładu), co stanowiło 20% światowej produkcji wapna ogółem.

W 2003 r. w UE-27 istniało około 211 instalacji do produkcji wapna (z wyłączeniem produkcji wapna na potrzeby własne zakładu), a w 2006 r. istniało ogółem 597 pieców do komercyjnej produkcji wapna, z których 551 (lub około 90%) stanowiły piece szybowe. W przypadku pieców szybowych typowy piec umożliwia wytwarzanie od 50 do 500 ton wapna dziennie. Do produkcji wapna używa się zazwyczaj od 1,4 do 2,2 ton wapienia na tonę przeznaczonego do sprzedaży wapna palonego. Zużycie zależy od rodzaju produktu, czystości wapienia, stopnia kalcynacji i ilości odpadów. Na różnicę tych wielkości składa się w większości strata z procesu w postaci dwutlenku węgla emitowanego do atmosfery.

Przemysł wapienniczy jest branżą bardzo energochłonną, a energia stanowi do 60% całkowitych kosztów produkcji. Piece opala się paliwami gazowymi (np. gazem ziemnym, gazem koksowniczym), stałymi (np. węglem, koksem/antracytem) i ciekłymi (np. ciężkim/lekkim olejem opałowym). Ponadto w charakterze paliw używane są różnego rodzaju odpady, takie jak olej, tworzywa sztuczne, papier, mączka zwierzęca, trociny.

Podstawowe zagadnienia z zakresu ochrony środowiska związane z produkcją wapna to zanieczyszczenie powietrza i zużycie energii. Proces wypalania wapna jest głównym źródłem emisji i zasadniczym odbiorcą energii. Wtórny proces gaszenia i mielenia wapna może mieć także istotne znaczenie. W zależności od konkretnego rodzaju procesu produkcyjnego, zakłady wapiennicze stanowią źródło emisji do powietrza, środowiska wodnego i do gleby (w postaci odpadów). Dodatkowo na środowisko mogą oddziaływać także hałas i nieprzyjemne zapachy. Głównymi substancjami zanieczyszczającymi emitowanymi do środowiska są pyły, tlenki azotu, dwutlenek siarki i tlenek węgla. W zależności od używanych surowców i paliw, istotne znaczenie mogą mieć również polichlorowane dibenzodioksyny (PCDD) i dibenzofurany (PCDF), całkowity węgiel organiczny (TOC), metale, chlorowodór i fluorowodór.

Stosowane procesy i technologie

Pojęcie „wapno” obejmuje wapno niegaszone oraz wapno gaszone i używa się go synonimicznie z pojęciem „produkty wapienne”. Wapno niegaszone, lub wapno palone, jest tlenkiem wapnia (CaO). Wapno gaszone składa się głównie z wodorotlenku wapnia (Ca(OH)₂) i

obejmuje wapno hydratyzowane (wodorotlenek wapnia w postaci suchego proszku), mleko wapienne i ciasto wapienne (zawiesiny cząstek wodorotlenku wapnia w wodzie).

Proces wytwarzania wapna polega na wypalaniu węglanu wapnia i/lub węglanu magnezu w celu uwolnienia dwutlenku węgla i uzyskania odpowiedniego tlenku ($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$). Przed przetransportowaniem do silosu magazynowego wytworzony w piecu tlenek wapnia zasadniczo poddaje się kruszeniu, mieleniu i/lub przesiewaniu. Z silosu wapno palone jest dostarczane użytkownikom końcowym do stosowania jako wapno niegaszone lub jest przekazywane do zakładu hydratyzacji, gdzie w reakcji z wodą produkuje się wapno gaszone.

PRODUKCJA TLENKU MAGNEZU (METODA SUCHA)

Podstawowe kwestie ochrony środowiska

Tlenek magnezu (MgO/magnezja) jest najważniejszym przemysłowym związkami magnezu i stosowany jest głównie w przemyśle stalowym i przemyśle materiałów ogniotrwałych, ale także w wielu innych sektorach przemysłowych. Z wykorzystaniem metody suchej produkowane są różne rodzaje tlenku magnezu, takie jak magnezja całkowicie wypalona (DBM), magnezja kaustyczna kalcynowana (CCM) i magnezja topiona (FM).

W 2003 r. światowa produkcja magnezytu wynosiła około 12,5 miliona ton. W UE-27 w 2003 r. produkowane było 2,3 mln ton, co stanowiło 18,4% produkcji światowej. W 2003 r. światowa produkcja MgO produkowanego metodą suchą wynosiła około 5,8 mln ton. Zgodnie z dostępnymi informacjami w 2008 r. w UE-27 było tylko dziewięciu producentów tlenku magnezu (metodą suchą), którzy prowadzili 14 zakładów. Liczba pieców na zakład wynosiła od jednego do trzech, z wyjątkiem jednego producenta, który eksploatuje osiem pieców w jednym zakładzie.

Wytwarzanie MgO jest bardzo energochłonne, ponieważ produkcja MgO, a w szczególności magnezji całkowicie wypalanej, odbywa się w bardzo wysokich temperaturach. Zapotrzebowanie na energię przy produkcji MgO waha się od 6 do 12 GJ/t MgO i jest uzależnione od różnych czynników. W 2008 r. w charakterze paliw używano: gazu ziemnego, koksu naftowego i oleju opałowego.

Podstawowe zagadnienia z zakresu ochrony środowiska związane z produkcją tlenku magnezu to zanieczyszczenie powietrza i zużycie energii. Głównym źródłem emisji i zasadniczym konsumentem energii jest proces wypalania. W zależności od danego procesu produkcyjnego MgO, zakłady stanowią źródło emisji do powietrza, środowiska wodnego i do gleby (w postaci odpadów). Dodatkowo na środowisko mogą oddziaływać także hałas i nieprzyjemne zapachy. Głównymi substancjami zanieczyszczającymi emitowanymi do środowiska są pyły, tlenki azotu, dwutlenek siarki i tlenki węgla (CO, CO₂).

Stosowane procesy i technologie

Przed wypaleniem surowy magnezyt wydobywa się, miele lub przemiela oraz przesiewa. Ponad 98% wydobywanego magnezytu wykorzystuje się do produkcji różnych wyrobów magnezjowych. Reakcja chemiczna odkwaszania magnezytu jest reakcją endotermiczną, zależną od wysokiej temperatury wypalania. Do wyprodukowania różnych typów tlenku magnezu, takich jak magnezja kaustyczna kalcynowana, magnezja całkowicie wypalona lub magnezja topiona potrzebnych jest kilka procesów i etapów wypalania. Używa się kilku typów

pieców, takich jak piece wielokomorowe, piece szybowe lub piece spiekalnicze obrotowe. Do produkcji magnezi topionej stosuje się specjalne elektryczne piece łukowe.

PRZEMYSŁ CEMENTOWY, WAPIENNICZY I PRODUKCJI TLENKU MAGNEZU

Techniki, które należy wziąć pod uwagę przy określaniu BAT

Kwestiami istotnymi dla wdrażania dyrektywy dotyczącej zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom i ich kontroli (IPPC) w przemysłach cementowym, wapienniczym i produkcji tlenku magnezu są: zmniejszenie emisji do powietrza, efektywne wykorzystanie energii i surowców, ograniczanie, odzysk i recykling strat procesowych/odpadów, a także skuteczne systemy zarządzania środowiskowego i zarządzania energią.

Wyżej wymienione kwestie wymagają zastosowania całej gamy działań/technik zintegrowanych z procesem i technik „końca rury”, z uwzględnieniem możliwości ich zastosowania w sektorach cementowym, wapienniczym i produkcji tlenku magnezu. W niniejszym dokumencie uwzględniono środki/techniki, które uznaje się za umożliwiające osiągnięcie lub przyczynienie się do osiągnięcia wysokiego poziomu ochrony środowiska. Co za tym idzie, dla przemysłu cementowego przedstawiono do rozważenia około 36 technik zapobiegania zanieczyszczeniom i ich kontroli (pkt 1.4), dla przemysłu wapienniczego około 24 techniki (pkt 2.4) oraz dla przemysłu produkującego tlenek magnezu metodą suchą około 16 technik (pkt 3.4).

Najlepsze dostępne techniki

W punktach dokumentu dotyczących BAT (pkt 1.5, 2.5 i 3.5) określono te techniki, które w sensie ogólnym są najlepszymi dostępnymi technikami dla przemysłów cementowego, wapienniczego i produkującego tlenek magnezu, głównie w oparciu o informacje zawarte w pkt. 1.4, 2.4 lub 3.4, z uwzględnieniem definicji najlepszych dostępnych technik (art. 2 ust. 12 dyrektywy IPPC) i okoliczności, które należy uwzględnić, wymienionych w załączniku IV do dyrektywy IPPC. Punkty dokumentu dotyczące BAT sugerują także wielkości zużycia energii i emisji związane z zastosowaniem najlepszych dostępnych technik. Jak opisano w przedmowie, punkty dokumentu dotyczące BAT nie zawierają propozycji dopuszczalnych poziomów emisji. Dla instalacji wchodzących w zakres dyrektywy IPPC, dopuszczalne poziomy emisji ustala w pozwoleniu właściwy organ na podstawie BAT.

Należy zaznaczyć, że w niniejszym streszczeniu wnioski dotyczące BAT przedstawia się jedynie skrótowo. Aby zapoznać się z konkretnym wnioskiem dotyczącym BAT w pełnym brzmieniu, zob. pkt 1.5, 2.5 i 3.5 niniejszego dokumentu. Ponadto należy zaznaczyć, że przy współspalaniu odpadów muszą zostać spełnione wymogi dyrektywy w sprawie spalania odpadów (WID) [59, Komisja Europejska, 2000].

Streszczenie dotyczące BAT dla przemysłu cementowego	
Zarządzanie środowiskowe (BAT 1 w rozdziale 1.5.1)	• należy wdrożyć i stosować system zarządzania środowiskowego (EMS), który pełni, stosownie do miejscowych warunków, funkcje wymienione w BAT 1 w rozdziale 1.5.1

Ogólne środki/techniki pierwotne (BAT 2, 3,4 w rozdziale 1.5.2)	<ul style="list-style-type: none"> • należy wypracować sprawny i stabilny proces spalania dzięki działaniu jak najbliższych punktów odniesienia parametrów, który jest korzystny dla wszystkich emisji spalania, jak również wykorzystania energii poprzez zastosowanie środków/technik wymienionych w BAT 2 a, b w rozdziale 1.5.2 • należy przeprowadzać staranną selekcję i kontrolę wszystkich substancji wprowadzanych do pieca w celu uniknięcia i/lub redukcji emisji (BAT 3 w rozdziale 1.5.2) • należy przeprowadzać regularny monitoring i pomiary parametrów procesu i emisji wymienionych w BAT 4 a - e w rozdziale 1.5.2
Dobór procesu (BAT 5 w rozdziale 1.5.3.1)	<ul style="list-style-type: none"> • w przypadku nowych zakładów i głównych ulepszeń, należy stosować piece metody suchej z podgrzewaczem wieloetapowym i wstępnym wyprażaniem. W normalnych i optymalnych warunkach, wartość równowagi cieplnej BAT wynosi 2900 - 3300 MJ/tonę klinkieru (BAT 5 w rozdziale 1.5.3.1)
Zużycie energii (BAT 6, 7, 8, 9 w rozdziale 1.5.3.2)	<ul style="list-style-type: none"> • należy zmniejszyć/zredukować zużycie energii cieplnej dzięki zastosowaniu kombinacji środków/technik wymienionych w BAT 6 a – f w rozdziale 1.5.3.2 • należy zmniejszyć zużycie energii pierwotnej przez uwzględnienie redukcji zawartości klinkieru w cemencie i produktach cementowych (BAT 7 w rozdziale 1.5.3.2) • należy zmniejszyć zużycie energii pierwotnej przez uwzględnienie ciepłowni i elektrowni kogeneracyjnych/mieszanych, jeśli to możliwe, w oparciu o zapotrzebowanie na ciepło, w ramach systemów regulacji energetycznych, w których jest to opłacalne (BAT 8 w rozdziale 1.5.3.2) • należy ograniczyć zużycie energii elektrycznej poprzez zastosowanie środków/technik wymienionych w BAT 9 a, b w rozdziale 1.5.3.2 pojedynczo lub łącznie

Streszczenie dotyczące BAT dla przemysłu cementowego

Kontrola jakości odpadów (BAT 10 a - c w rozdziale 1.5.4.1)	<ul style="list-style-type: none"> • należy stosować systemy zapewnienia jakości, aby zagwarantować cechy odpadów i analizować wszelkie odpady, które mają być wykorzystane jako surowiec i/lub paliwo w piecu cementowym w celu zagwarantowania parametrów/kryteriów wymienionych w BAT 10 a I. - III. w rozdziale 1.5.4.1 • należy kontrolować ilości istotnych parametrów dla wszelkich odpadów, które mają być wykorzystane jako surowiec i/lub paliwo w piecu cementowym, takich jak chlor, odpowiednie metale (np. kadm, rtęć, tal), siarka, całkowita zawartość halogenu (BAT 10 b w rozdziale 1.5.4.1) • należy stosować systemy zapewnienia jakości dla każdego wkładu odpadów (BAT 10 c w rozdziale 1.5.4.1)
Dostarczanie odpadów do pieca (BAT 11 a-f w rozdziale 1.5.4.2)	<ul style="list-style-type: none"> • należy korzystać z odpowiednich punktów zasilania pieca w zakresie temperatury i czasu przebywania w zależności od konstrukcji pieca i trybu pracy pieca (BAT 11 a w rozdziale 1.5.4.2) • należy zasilać piec odpadami zawierającymi składniki organiczne, które mogą być ulotnione przed strefą kalcynacji do stref odpowiednio wysokiej temperatury systemu piecowego (BAT 11 b w rozdziale 1.5.4.2) • należy działać w taki sposób, aby temperatura gazu powstającego ze współspalania odpadów była podniesiona w sposób kontrolowany i jednorodny, nawet w najbardziej niesprzyjających warunkach, do temperatury 850 °C przez 2 sekundy (BAT 11 c w rozdziale 1.5.4.2) • należy podnieść temperatury do 1100 °C, jeżeli są spalane odpady niebezpieczne o zawartości ponad 1% chlorowcowanych substancji organicznych, wyrażonych jako chlor (BAT 11 d w rozdziale 1.5.4.2) • należy zasilać odpadami w sposób ciągły i stały (BAT 11 e w rozdziale 1.5.4.2) • należy zatrzymać współspalanie odpadów w przypadku działań, takich jak rozruch i/lub zamknięcie, gdy nie można osiągnąć odpowiedniej temperatury i czasu przebywania, zgodnie z treścią BAT 11 a - d (BAT 11 f w rozdziale 1.5.4.2)
Zarządzanie bezpieczeństwem stosowania odpadów niebezpiecznych (BAT 12 w rozdziale 1.5.4.3)	<ul style="list-style-type: none"> • należy wykorzystać zarządzanie bezpieczeństwem w czasie obsługi, np. przechowywania i/lub dostarczania odpadów niebezpiecznych, jak np. stosowanie podejścia opartego na ryzyku w zależności od źródła i rodzaju odpadów, do oznakowywania, sprawdzania, pobierania i badania odpadów, które mają być wykorzystywane (BAT 12 w rozdziale 1.5.4.3)

Rozproszone emisje pyłów (BAT 13 a, b w rozdziale 1.5.5.1)	• należy ograniczyć/zapobiegać rozproszonym emisjom pyłów poprzez zastosowanie, pojedynczo lub łącznie, środków/technik opisanych w BAT 13 a, b w rozdziale 1.5.5.1 (środki/techniki dotyczące działań w zapyleniu i obszarów magazynowania luzem)
Skanalizowane emisje pyłu w czasie działań zapyleniu (BAT 14 w rozdziale 1.5.5.2)	• należy wykorzystać system zarządzania utrzymaniem ruchu, który w szczególności uwzględnia funkcjonowanie filtrów z tych źródeł. Biorąc to pod uwagę system zarządzania, BAT ma zmniejszać skanalizowane emisje pyłu wynikające z działań w zapyleniu do mniej niż 10 mg/Nm ³ (BAT-AEL), stanowiących średnią w okresie pobierania próbek (pomiar na miejscu, przez co najmniej pół godziny) przez zastosowanie chemicznego czyszczenia spalin przy pomocy filtra. W przypadku małych źródeł (<10000 Nm ³ /h) należy rozważyć podejście priorytetowe.
Emisje pyłów z procesów spalania w piecu (BAT 15 w rozdziale 1.5.5.3)	• należy zmniejszyć emisje pyłów (cząstek stałych) z gazów kominowych powstających w procesie spalania w piecu przez zastosowanie suchego czyszczenia spalin przy pomocy filtra. BAT-AEL wynosi <10 - 20 mg/Nm, co stanowi średnią wartość dzienną. Stosując filtry tkaninowe czy też nowe lub zmodernizowane ESP, osiąga się niższy poziom
Emisje pyłów z procesów chłodzenia i mielenia (BAT 16 w rozdziale 1.5.5.4)	• należy zmniejszyć emisje pyłów (cząstek stałych) z gazów kominowych z procesów chłodzenia i mielenia dzięki zastosowaniu suchego czyszczenia spalin przy pomocy filtra. BAT-AEL wynosi <10 - 20 mg/Nm ³ , jako średnia wartość dzienna lub średnia w okresie pobierania próbek (pomiar na miejscu przez co najmniej pół godziny). Stosując filtry tkaninowe bądź nowe lub zmodernizowane ESP osiąga się niższy poziom

Streszczenie dotyczące BAT dla przemysłu cementowego

Emisje NO _x (BAT 17, 18 w rozdziale 1.5.6.1)	- należy obniżyć emisje NO _x z gazów kominowych powstających w wyniku procesów spalania w piecu poprzez zastosowanie środków/technik wymienionych w BAT 17 a-d w rozdziale 1.5.6.1 pojedynczo lub łącznie (tj. podstawowe środki/techniki i/lub spalanie etapowe (paliwa konwencjonalne lub odpadowe), również w połączeniu z prekalcyacją i wykorzystaniem zoptymalizowanej mieszanki paliw, SNCR, SCR, z zastrzeżeniem rozwoju odpowiednich katalizatorów i procesów w przemyśle cementowym). Następujące poziomy emisji NO _x stanowią BAT-AEL (BAT 17 w rozdziale 1.5.6.1):									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rodzaj pieca</th> <th>Jednostka</th> <th>BAT-AEL (średnia wartość dzienna)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Piece z podgrzewaczem</td> <td>mg/Nm³</td> <td><200-450²⁾</td> </tr> <tr> <td>Piece Lepol i długie piece obrotowe</td> <td>mg/Nm³</td> <td>400-800¹⁾</td> </tr> </tbody> </table> <p>¹⁾ W zależności od początkowych poziomów i wycieków amoniaku ²⁾ BAT-AEL wynosi 500 mg/Nm³, gdy po zastosowaniu podstawowych środków/technik początkowy poziom NO_x wynosi >1000 mg/Nn³ ³⁾ Istniejący projekt systemu pieca, właściwości mieszanki paliw, w tym odpadów palności surowca może wpływać na możliwość zachowania wartości z tego przedziału. Poziomy poniżej 350 mg/Nm³ osiągnięte są w piecach przy zachowaniu dogodnych warunków. Niższą wartość 200 ng/Nm³ odnotowano jedynie jako średnią miesięczną w trzech zakładach (używano mieszanek łatwopalnych)</p> <p>Przez zastosowanie SNCR (BAT 18 w rozdziale 1.5.6.1), o należy stosować środki/techniki wymienione w BAT 18a i b w rozdziale 1.5.6.1 o należy utrzymać emisję wycieku NH₃ z gazów kominowych na najniższym możliwym poziomie, ale poniżej 30 mg/Nm³, jako średniej wartości dziennej. Należy brać pod uwagę korelację pomiędzy wydajnością redukcji NO_x i wyciekami NH₃. W zależności od początkowego poziomu NO_x i skuteczności redukcji NO_x, wyciek NH₃ może być większy nawet o 50 mg/Nm³. W przypadku pieców Lepol i długich pieców obrotowych, poziom może być jeszcze wyższy (BAT 18 c w rozdziale 1.5.6.1)</p>	Rodzaj pieca	Jednostka	BAT-AEL (średnia wartość dzienna)	Piece z podgrzewaczem	mg/Nm ³	<200-450 ²⁾	Piece Lepol i długie piece obrotowe	mg/Nm ³	400-800 ¹⁾
Rodzaj pieca	Jednostka	BAT-AEL (średnia wartość dzienna)								
Piece z podgrzewaczem	mg/Nm ³	<200-450 ²⁾								
Piece Lepol i długie piece obrotowe	mg/Nm ³	400-800 ¹⁾								
Emisje SO _x (BAT 19, 20 w rozdziale 1.5.6.2)	- należy utrzymać emisje SO _x na niskim poziomie lub zmniejszać emisje SO _x z pyłów z gazów powstałych podczas spalania w piecu i/lub procesów podgrzewania/prekalcyacji poprzez zastosowanie jednego ze środków/technik wymienionych w BAT 19 a (dodanie absorbentu) i b (płuczka mokra) w rozdziale 1.5.6.2. Następujące poziomy emisji SO _x stanowią BAT-AEL (BAT 19 w rozdziale 1.5.6.2):									

	Parametr	Jednostka	BAT-AEL ¹⁾ (średnia wartość dzienna)
	SO ₂ , wyrażone jako SO ₂	mg/Nm ³	<50 -<400
	¹⁾ Zakres uwzględnia zawartość siarki w surowcach		
	- należy optymalizować procesy mielenia surowców (metoda sucha), które wpływają na redukcję ilości SO ₂ w piecu, zgodnie z opisem zawartym w rozdziale 1.3.4.3 (BAT 20 w rozdziale 1.5.6.2)		
Redukcja emisji CO (BAT 21 w rozdziale 1.5.6.3.1)	• przy stosowaniu elektrofiltrów (ESP) lub filtrów hybrydowych, należy zminimalizować częstotliwość pików CO i utrzymywać łączny czas trwania na poziomie poniżej 30 minut rocznie, dzięki zastosowaniu kombinacji środków/technik wymienionych w BAT 21 a - c w rozdziale 1.5.6.3.1		
Emisje całkowitego węgla organicznego (TOC) (BAT 22 w rozdziale 1.5.6.4)	- należy utrzymać emisje TOC z gazów kominowych powstałych podczas procesów wypalania w piecu na niskim poziomie dzięki unikaniu podawania surowców o wysokiej zawartości lotnych związków organicznych do systemu pieca przez przewody podawcze surowców		
Emisje chlorowodoru (HCl) i fluorowodoru (HF) (BAT 23, 24 w rozdziale 1.5.6.5)	- należy utrzymać emisje HCl poniżej 10 mg/Nm ³ (BAT-AEL), jako średniej wartości dziennej lub średniej w okresie pobierania próbek (pomiary miejscowe, przez co najmniej pół godziny), dzięki zastosowaniu środków/technik wymienionych w BAT 23 a i b w rozdziale 1.5.6.5 pojedynczo lub łącznie - należy utrzymać emisje HF poniżej 1 mg/Nm ³ (BAT-AEL) wyrażonego jako HF, jako średnia wartość dzienna lub średnia w okresie pobierania próbek (pomiary miejscowe, przez co najmniej pół godziny), dzięki zastosowaniu podstawowych środków/technik wymienionych w BAT 24 a, b w rozdziale 1.5.6.5 <u>pojedynczo lub łącznie</u>		
Emisje PCDD/F (BAT 25 w rozdziale 1.5.7)	- należy zapobiegać emisjom PCDD/F lub utrzymać na niskim poziomie emisje PCDD/F z gazów kominowych powstałych podczas procesów spalania w piecu poprzez zastosowanie środków/technik wymienionych w BAT 25 a - f w rozdziale 1.5.7 pojedynczo lub łącznie: wartości BAT-AEL wynoszą <0,05-0,1 ng PCDD/F I-TEQ/Nm ³ , co stanowi średnią okresu pobierania próbek (6-8 godzin)		
Emisje metali (BAT 26 w rozdziale 1.5.8)	- należy zminimalizować emisje metali z gazów kominowych powstałych podczas procesów spalania w piecu przez zastosowanie środków/technik wymienionych w BAT 26 a-c w rozdziale 1.5.8 pojedynczo lub łącznie. Następujące poziomy emisji metali stanowią BAT-AEL:		
	Metale	Jednostka	BAT-AEL (średnia w okresie pobierania próbek (pomiary miejscowe, przez co najmniej pół godziny))
	Hg	mg/Nm ³	<0,05 ²⁾
	Σ (Cd, Tl)	mg/Nm ³	<0,05 ¹⁾
	Σ (As, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)	mg/Nm ³	<0,5 ¹⁾
	¹⁾ Odnotowano niskie poziomy, zob. rozdziały 1.3.4.7, 1.3.4.7.1 oraz 1.4.7		
	²⁾ Odnotowano niskie poziomy (zob. rozdziały 1.3.4.7, 1.3.4.7.1 oraz 1.4.7). Należy dokładniej zbadać wartości wyższe niż 0,03 mg/Nm ³ . Wartości bliskie 0,05 mg/Nm ³ wymagają rozważenia dodatkowych środków/technik, takich jak te opisane w rozdziałach 1.3.4.13, 1.3.9.1 oraz 1.4.7		
Streszczenie dotyczące BAT dla przemysłu cementowego			
Straty/odpady z procesu (BAT 27 w rozdziale 1.5.9)	• należy w miarę możliwości ponownie wykorzystywać pył zebrany w danym procesie lub wykorzystywać takie pyły w innych produktach komercyjnych, jeśli jest to możliwe		

Hałas (BAT 28 w rozdziale 1.5.10)	• należy zredukować/zminimalizować emisję hałasu w trakcie procesu produkcji cementu dzięki zastosowaniu kombinacji środków/technik wymienionych w BAT 28 a - h w rozdziale 1.5.10
-----------------------------------	--

Streszczenie dotyczące BAT dla przemysłu wapienniczego															
Zarządzanie środowiskowe (BAT 29 w rozdziale 2.5.1)	<ul style="list-style-type: none"> • należy wdrożyć zasady systemu zarządzania środowiskowego (EMS), który posiada, stosownie do warunków lokalnych, cechy wyszczególnione w BAT 29 w rozdziale 2.5.1 i zapewnić przestrzeganie tych zasad 														
Ogólne działania/techniki podstawowe (BAT 30, 31, 32 w rozdziale 2.5.2)	<ul style="list-style-type: none"> • należy osiągnąć równomierną i stabilną pracę pieca, operując w warunkach zbliżonych do ustalonych parametrów procesu, co jest korzystne zarówno dla każdego typu emisji z pieca, jak i zużycia energii, poprzez zastosowanie działań/technik wymienionych w BAT 30 a, b w rozdziale 2.5.2 • należy dokonywać uważnej selekcji i kontroli wszystkich substancji podawanych do pieca w celu ograniczenia lub uniknięcia emisji (BAT 31 w rozdziale 2.5.2) • należy regularnie monitorować parametry procesu i emisje oraz dokonywać pomiarów parametrów procesu oraz poziomów emisji zgodnie z wyszczególnieniem w BAT 32 a – d w rozdziale 2.5.2 														
Zużycie energii (BAT 33, 34 w rozdziale 2.5.3)	<ul style="list-style-type: none"> • należy ograniczyć/zminimalizować zużycie energii cieplnej poprzez zastosowanie połączenia działań/technik wyszczególnionych w BAT 33 a - c w rozdziale 2.5.3. Z BAT związane są następujące poziomy zużycia ciepła (BAT 33 w rozdziale 2.5.3): <table border="1" data-bbox="416 972 1050 1182"> <thead> <tr> <th>Typ pieca</th> <th>Zużycie ciepła^{b)} GJ/t</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Długie piece obrotowe</td> <td>6,0 – 9,2</td> </tr> <tr> <td>Piece obrotowe z podgrzewaczem</td> <td>5,1 – 7,8</td> </tr> <tr> <td>Piece szybowe współprądoweregeneracyjne</td> <td>3,2 – 4,2</td> </tr> <tr> <td>Piece szybowe pierścieniowe</td> <td>3,3 – 4,9</td> </tr> <tr> <td>Piece szybowe z mieszanym wsadem</td> <td>3,4 – 4,7</td> </tr> <tr> <td>Inne piece</td> <td>3,5 – 7,0</td> </tr> </tbody> </table> <p>^{b)} Zużycie energii jest uzależnione od rodzaju jakości produktu, warunków procesu oraz surowców.</p> <ul style="list-style-type: none"> • należy zminimalizować zużycie energii elektrycznej poprzez zastosowanie działań/technik wyszczególnionych w BAT 34 a - c w rozdziale 2.5.3 oddzielnie lub w połączeniu (BAT 34 w rozdziale 2.5.3) 	Typ pieca	Zużycie ciepła ^{b)} GJ/t	Długie piece obrotowe	6,0 – 9,2	Piece obrotowe z podgrzewaczem	5,1 – 7,8	Piece szybowe współprądoweregeneracyjne	3,2 – 4,2	Piece szybowe pierścieniowe	3,3 – 4,9	Piece szybowe z mieszanym wsadem	3,4 – 4,7	Inne piece	3,5 – 7,0
Typ pieca	Zużycie ciepła ^{b)} GJ/t														
Długie piece obrotowe	6,0 – 9,2														
Piece obrotowe z podgrzewaczem	5,1 – 7,8														
Piece szybowe współprądoweregeneracyjne	3,2 – 4,2														
Piece szybowe pierścieniowe	3,3 – 4,9														
Piece szybowe z mieszanym wsadem	3,4 – 4,7														
Inne piece	3,5 – 7,0														
Zużycie wapienia (BAT 35 w rozdziale 2.5.4)	<ul style="list-style-type: none"> • należy zminimalizować zużycie wapienia poprzez zastosowanie działań/technik wyszczególnionych w BAT 35 a, b w rozdziale 2.5.4, oddzielnie lub w połączeniu 														
Wybór paliwa (BAT 36 w rozdziale 2.5.5)	<ul style="list-style-type: none"> • należy starannie dobierać i kontrolować paliwa podawane do pieca, w tym wybierać paliwa o niskiej zawartości siarki (w szczególności dla pieców obrotowych), azotu i chloru w celu zapobiegania/ograniczenia emisji 														
Kontrola jakości odpadów (BAT 37 a, b w rozdziale 2.5.5.1.1)	<ul style="list-style-type: none"> • należy stosować systemy zapewniania jakości, by zagwarantować właściwości odpadów oraz by prowadzić analizę każdego typu odpadów, które mają zostać wykorzystane jako paliwo w piecu wapienniczym, pod kątem parametrów/ kryteriów wyszczególnionych w BAT 37 a I – a III. w rozdziale 2.5.5.1.1. • należy kontrolować odpowiednie parametry dotyczące ilości w odniesieniu do każdego typu odpadów, które mają zostać wykorzystane jako paliwo w piecu wapienniczym - takie jak zawartość chlorowców ogółem, istotnych metali ogółem (np. chromu, ołowiu, kadmu, rtęci, talu ogółem) i siarki 														

Streszczenie dotyczące BAT dla przemysłu wapienniczego	
Podawanie odpadów do pieca (BAT 38 a - e 2.5.5.1.2)	<ul style="list-style-type: none"> • należy używać odpowiednich palników do podawania odpowiednich odpadów, w zależności od konstrukcji i sposobu eksploatacji pieca (BAT 38 a w rozdziale 2.5.5.1.2) • należy prowadzić eksploatację w taki sposób, by gaz powstały ze współspalania odpadów podgrzać w sposób równomierny i kontrolowany do temperatury 850 °C na dwie sekundy nawet w najbardziej niesprzyjających warunkach (BAT 38 b w rozdziale 2.5.5.1.2): • jeżeli współspalane odpady to odpady niebezpieczne zawierające ponad 1% chlorowcowanych związków organicznych wyrażonych jako chlor, należy podnieść temperaturę do 1100 °C (BAT 38 c w rozdziale 2.5.5.1.2) • odpady należy podawać w sposób ciągły i nieprzerwany (BAT 38 d w rozdziale 2.5.5.1.2) • należy zaprzestać współspalania odpadów w fazach takich jak rozruch i wygaszanie, gdy niemożliwe jest osiągnięcie odpowiednich temperatur i czasu przebywania, zgodnie z BAT 38 b - c (BAT 38 e w rozdziale 2.5.5.1.2)
Zarządzanie bezpieczeństwem przy stosowaniu odpadów niebezpiecznych (BAT 39 w rozdziale 2.5.5.1.3)	<ul style="list-style-type: none"> • przy obchodzeniu się z niebezpiecznymi odpadami (np. ich magazynowaniu lub podawaniu) stosować metody zarządzania bezpieczeństwem (zob. rozdział 2.4.4) (BAT 39 w rozdziale 2.5.5.1.3)
Rozproszone emisje pyłu (BAT 40 w rozdziale 2.5.6.1)	<ul style="list-style-type: none"> • należy minimalizować rozproszone emisje pyłu lub im zapobiegać poprzez zastosowanie działań/technik wyszczególnionych w BAT 40 a, b w rozdziale 2.5.6.1, oddzielnie lub w połączeniu
Skanalizowane emisje z operacji, przy których występuje duże zapylenie (BAT 41 w rozdziale 2.5.6.2)	<ul style="list-style-type: none"> • należy zastosować system obsługi technicznej, nastawiony na funkcjonowanie filtrów pochłaniających pył z tych źródeł. Biorąc pod uwagę ten system obsługi technicznej, najlepszą dostępną techniką jest ograniczenie skanalizowanych emisji z operacji, przy których występuje duże zapylenie, do poziomu średniej z okresu pobierania próbek (pomiar punktowy przynajmniej przez pół godziny) wynoszącego poniżej 10 mg/Nm³ (BAT-AEL) przez zastosowanie filtrów tkaninowych lub do poziomu średniej z okresu pobierania próbek (pomiar punktowy przynajmniej przez pół godziny) wynoszącego 10–20 mg/Nm³ (BAT-AEL) przez zastosowanie płuczek mokrych. Płuczki mokre stosowane są głównie dla potrzeb zakładów hydratacji. Należy zauważyć, że w odniesieniu do niewielkich źródeł (<10000 Nm³/h) należy uwzględnić podejście priorytetowe.
Emisje pyłu z procesów wypalania w piecach (BAT 42 w rozdziale 2.5.6.3)	<ul style="list-style-type: none"> • należy ograniczyć emisje pyłu (pyłu zawieszonego) z gazów spalinowych pochodzących z procesów wypalania w piecach poprzez zastosowanie filtra do oczyszczania gazów wylotowych (zob. rozdział 2.4.5.3). W rezultacie zastosowania filtrów tkaninowych, średnia wielkość dzienna BAT-AEL jest mniejsza niż 10 mg/Nm³. W rezultacie zastosowania filtrów elektrostatycznych (ESP) lub innych filtrów, BAT-AEL stanowi średnia wielkość dzienna mniejsza niż 20 mg/Nm³. W wyjątkowych przypadkach, gdy oporność pyłu jest wysoka, BAT-AEL może być wyższy i osiągnąć średnią wielkość dzienną wynoszącą 30 mg/Nm³.
Ogólne podstawowe działania/techniki redukcji związków gazowych (BAT 43 w pkt 2.5.7.1)	<ul style="list-style-type: none"> • należy ograniczyć emisje związków gazowych (np. NO_x, SO_x, HCl, CO, TOC/VOC – całkowitego węgla organicznego/lotnych związków organicznych, metali) z gazów spalinowych pochodzących z procesów wypalania w piecach poprzez zastosowanie działań/technik podstawowych wyszczególnionych w BAT 43 a – c w rozdziale 2.5.7.1, oddzielnie lub w połączeniu

Streszczenie dotyczące BAT dla przemysłu wapienniczego										
Emisje NO _x (BAT 44, 45 w rozdziale 2.5.7.2)	<ul style="list-style-type: none"> należy ograniczyć emisje NO_x z gazów spalinowych pochodzących z procesów wypalania w piecach poprzez zastosowanie działań/technik wyszczególnionych w BAT 44 a, b w rozdziale 2.5.7.2, oddzielnie lub w połączeniu. BAT-AEL (średnie poziomy emisji dla BAT) stanowią następujące poziomy emisji NO_x: 									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Typ pieca</th> <th>Jednostka</th> <th>BAT-AEL (średnia wielkość dzienna wyrażona w NO₂)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>piece szybowe wóprądowo-regeneracyjne piece szybowe pierścieniowe piece szybowe z mieszanym wsadem inne piece szybowe</td> <td>mg/Nm³</td> <td>100 – <350^{1) 3)}</td> </tr> <tr> <td>długie piece obrotowe piece obrotowe z podgrzewaczem rusztowym</td> <td>mg/Nm³</td> <td><200 – <500^{1) 2)}</td> </tr> </tbody> </table>	Typ pieca	Jednostka	BAT-AEL (średnia wielkość dzienna wyrażona w NO ₂)	piece szybowe wóprądowo-regeneracyjne piece szybowe pierścieniowe piece szybowe z mieszanym wsadem inne piece szybowe	mg/Nm ³	100 – <350 ^{1) 3)}	długie piece obrotowe piece obrotowe z podgrzewaczem rusztowym	mg/Nm ³	<200 – <500 ^{1) 2)}
Typ pieca	Jednostka	BAT-AEL (średnia wielkość dzienna wyrażona w NO ₂)								
piece szybowe wóprądowo-regeneracyjne piece szybowe pierścieniowe piece szybowe z mieszanym wsadem inne piece szybowe	mg/Nm ³	100 – <350 ^{1) 3)}								
długie piece obrotowe piece obrotowe z podgrzewaczem rusztowym	mg/Nm ³	<200 – <500 ^{1) 2)}								
Emisje SO _x (BAT 46 w rozdziale 2.5.7.3)	<ul style="list-style-type: none"> w przypadku możliwości zastosowania selektywnej redukcji niekatalitycznej (SNCR), <ul style="list-style-type: none"> zastosować działania/technik wyszczególnione w BAT 45 a, b w rozdziale 2.5.7.2 utrzymywać ucieczki emisji NH₃ z gazów spalinowych na możliwie najniższym poziomie, ale poniżej średniej wielkości dziennej wynoszącej 30¹⁾ mg/Nm³. Należy zwrócić uwagę na korelację pomiędzy efektywnością ograniczenia NO_x a ucieczką NH₃ (zob. rozdział 2.4.6.1.4, rysunek 2.50) (BAT 45 c w rozdziale 2.5.7.2) ¹⁾ Ten poziom BAT-AEL odnosi się do doświadczeń zebranych w jednej instalacji wapienniczej (cztery piece) 									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Typ pieca</th> <th>Jednostka</th> <th>BAT-AEL¹⁾ (średnia wielkość dzienna, SO_x wyrażone jako SO₂)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>piece szybowe wóprądowo-regeneracyjne, piece szybowe pierścieniowe, piece szybowe z mieszanym wsadem, inne piece szybowe, piece obrotowe z podgrzewaczem rusztowym</td> <td>mg/Nm³</td> <td><50 – <200</td> </tr> <tr> <td>długie piece obrotowe</td> <td>mg/Nm³</td> <td><50 – <400</td> </tr> </tbody> </table>	Typ pieca	Jednostka	BAT-AEL ¹⁾ (średnia wielkość dzienna, SO _x wyrażone jako SO ₂)	piece szybowe wóprądowo-regeneracyjne, piece szybowe pierścieniowe, piece szybowe z mieszanym wsadem, inne piece szybowe, piece obrotowe z podgrzewaczem rusztowym	mg/Nm ³	<50 – <200	długie piece obrotowe	mg/Nm ³	<50 – <400
Typ pieca	Jednostka	BAT-AEL ¹⁾ (średnia wielkość dzienna, SO _x wyrażone jako SO ₂)								
piece szybowe wóprądowo-regeneracyjne, piece szybowe pierścieniowe, piece szybowe z mieszanym wsadem, inne piece szybowe, piece obrotowe z podgrzewaczem rusztowym	mg/Nm ³	<50 – <200								
długie piece obrotowe	mg/Nm ³	<50 – <400								

Streszczenie dotyczące BAT dla przemysłu wapienniczego											
Emisje CO (BAT 47 w rozdziale 2.5.7.4.1)	<ul style="list-style-type: none"> należy ograniczyć emisje CO poprzez zastosowanie podstawowych działań/technik wyszczególnionych w BAT 47 a, b w rozdziale 2.5.7.4.1, oddzielnie lub w połączeniu. BAT-AEL stanowią następujące poziomy emisji CO: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Typ pieca</th> <th>Jednostka</th> <th>BAT-AEL¹⁾ (średnia wielkość dzienna)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>piece szybowe współprądowo-regeneracyjne, inne piece szybowe, długie piece obrotowe, piece obrotowe z podgrzewaczem rusztowym</td> <td>mg/Nm³</td> <td><500</td> </tr> </tbody> </table> <p>¹⁾ Poziom może być wyższy w zależności od używanych surowców i/lub rodzaju produkowanego wapna, np. wapna hydraulicznego.</p>	Typ pieca	Jednostka	BAT-AEL ¹⁾ (średnia wielkość dzienna)	piece szybowe współprądowo-regeneracyjne, inne piece szybowe, długie piece obrotowe, piece obrotowe z podgrzewaczem rusztowym	mg/Nm ³	<500				
Typ pieca	Jednostka	BAT-AEL ¹⁾ (średnia wielkość dzienna)									
piece szybowe współprądowo-regeneracyjne, inne piece szybowe, długie piece obrotowe, piece obrotowe z podgrzewaczem rusztowym	mg/Nm ³	<500									
Ograniczenie pików CO (BAT 48 w rozdziale 2.5.7.4.2)	<ul style="list-style-type: none"> przy wykorzystaniu filtrów elektrostatycznych (ESP) należy zmniejszyć częstotliwość pików CO poprzez zastosowanie działań/technik wyszczególnionych w BAT 48 a - c w rozdziale 2.5.7.4.2 										
Całkowity węgiel organiczny (BAT 49 w rozdziale 2.5.7.5)	<ul style="list-style-type: none"> należy ograniczyć emisje całkowitego węgla organicznego (TOC) z gazów spalinowych pochodzących z procesów wypalania w piecach poprzez zastosowanie działań/technik wyszczególnionych w BAT 49 a, b w rozdziale 2.5.7.5, oddzielnie lub w połączeniu. BAT-AEL (średnie poziomy emisji) stanowią następujące poziomy emisji TOC: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Typ pieca</th> <th>Jednostka</th> <th>BAT-AEL (średnia w ciągu okresu próbkowania)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>długie piece obrotowe ¹⁾, piece obrotowe z podgrzewaczem rusztowym ¹⁾</td> <td>mg/Nm³</td> <td><10</td> </tr> <tr> <td>piece szybowe pierścieniowe ¹⁾, piece szybowe z mieszanym wsadem ^{1) 2)}, piece szybowe współprądowo-regeneracyjne ²⁾</td> <td>mg/Nm³</td> <td><30</td> </tr> </tbody> </table> <p>¹⁾ Poziom może być wyższy w zależności od używanych surowców i/lub rodzaju produkowanego wapna, np. wapna hydraulicznego. ²⁾ W wyjątkowych przypadkach poziom ten może być wyższy</p>	Typ pieca	Jednostka	BAT-AEL (średnia w ciągu okresu próbkowania)	długie piece obrotowe ¹⁾ , piece obrotowe z podgrzewaczem rusztowym ¹⁾	mg/Nm ³	<10	piece szybowe pierścieniowe ¹⁾ , piece szybowe z mieszanym wsadem ^{1) 2)} , piece szybowe współprądowo-regeneracyjne ²⁾	mg/Nm ³	<30	
Typ pieca	Jednostka	BAT-AEL (średnia w ciągu okresu próbkowania)									
długie piece obrotowe ¹⁾ , piece obrotowe z podgrzewaczem rusztowym ¹⁾	mg/Nm ³	<10									
piece szybowe pierścieniowe ¹⁾ , piece szybowe z mieszanym wsadem ^{1) 2)} , piece szybowe współprądowo-regeneracyjne ²⁾	mg/Nm ³	<30									
Emisje chlorowodoru (HCl) i fluorowodoru (HF) (BAT 50 w rozdziale 2.5.7.6)	<ul style="list-style-type: none"> przy wykorzystywaniu odpadów, należy ograniczać emisje HCl i HF poprzez zastosowanie podstawowych działań/technik wyszczególnionych w BAT 50 a, b w rozdziale 2.5.7.6. BAT-AEL dla HCl stanowi średnia wielkość dzienna lub średnia z okresu pobierania próbek (pomiar punktowy przez minimum pół godziny) wynosząca <10 mg/Nm³, a BAT dla HF stanowi średnia wielkość dzienna lub średnia z okresu pobierania próbek (pomiar punktowy przez minimum pół godziny) wynosząca <1 mg/Nm³ 										
Emisje PCDD/F (BAT 51 w rozdziale 2.5.8)	<ul style="list-style-type: none"> należy zapobiegać emisjom PCDD/F lub emisje te ograniczać poprzez zastosowanie podstawowych działań/technik wyszczególnionych w BAT 51 a - c w rozdziale 2.5.8 oddzielnie lub w połączeniu. Poziom BAT-AEL stanowi średnia z okresu pobierania próbek (6-8 godzin) wynosząca <0,05 – 0,1 ng PCDD/FI-TEQ/Nm³ 										

Streszczenie dotyczące BAT dla przemysłu wapienniczego														
Emisje metali (BAT 52 w rozdziale 2.5.9)	<ul style="list-style-type: none"> należy minimalizować emisje metali z gazów spalinowych pochodzących z procesów wypalania w piecach poprzez zastosowanie podstawowych działań/technik wyszczególnionych w BAT 52 a - d w rozdziale 2.5.9, oddzielnie lub w połączeniu. Przy wykorzystaniu odpadów, BAT-AEL stanowią następujące poziomy emisji metali: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Metale</th> <th>Jednostka</th> <th>BAT-AEL (średnia z okresu pobierania próbek)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hg</td> <td>mg/Nm³</td> <td><0,05</td> </tr> <tr> <td>∑ (Cd, Tl)</td> <td>mg/Nm³</td> <td><0,05</td> </tr> <tr> <td>∑ (As, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)</td> <td>mg/Nm³</td> <td><0,5</td> </tr> </tbody> </table> <p>Zgłaszano niskie poziomy (zob. pkt. 2.3.3.9, 2.3.3.10.1 i 4.3.4, w przypadku stosowania działań/technologii wspomnianych w BAT 52)</p>	Metale	Jednostka	BAT-AEL (średnia z okresu pobierania próbek)	Hg	mg/Nm ³	<0,05	∑ (Cd, Tl)	mg/Nm ³	<0,05	∑ (As, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)	mg/Nm ³	<0,5	
Metale	Jednostka	BAT-AEL (średnia z okresu pobierania próbek)												
Hg	mg/Nm ³	<0,05												
∑ (Cd, Tl)	mg/Nm ³	<0,05												
∑ (As, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)	mg/Nm ³	<0,5												
Straty procesowe/ odpady (BAT 53 a, b w rozdziale 2.5.10)	<ul style="list-style-type: none"> wychwycony w procesie pył zawieszony należy zawsze, gdy jest to uzasadnione, wykorzystywać powtórnie (BAT 53 a w rozdziale 2.5.10) należy wykorzystywać pył, nieuwzględniony w specyfikacji wapna palonego i wapna hydratyzowanego w wybranych produktach komercyjnych (BAT 53 b w rozdziale 2.5.10) 													
Hałas (BAT 54 w rozdziale 2.5.11)	<ul style="list-style-type: none"> należy ograniczyć/zminimalizować emisje hałasu związane z procesem produkcji wapna poprzez zastosowanie połączenia działań/technik wyszczególnionych w BAT 54 a – o w rozdziale 2.5.11 													

Streszczenie dotyczące BAT dla przemysłu produkującego tlenek magnezu		
Zarządzanie środowiskowe (BAT 55 w rozdziale 3.5.1)	<ul style="list-style-type: none"> należy wdrożyć zasady systemu zarządzania środowiskowego (EMS), który posiada, stosownie do warunków lokalnych, cechy wyszczególnione w BAT 55 w rozdziale 3.5.1 i zapewnić przestrzeganie tych zasad 	
Ogólne działania/techniki podstawowe (BAT 56 w rozdziale 3.5.2)	<ul style="list-style-type: none"> należy regularnie monitorować parametry procesu i emisje oraz dokonywać ich pomiarów zgodnie z wyszczególnieniem w BAT 56 a – c w rozdziale 3.5.2 	
Zużycie energii (pkt 3.5.3)	<ul style="list-style-type: none"> należy ograniczyć zużycie energii cieplnej w zależności od rodzaju procesu i produktów do 6 – 12 GJ/t poprzez zastosowanie połączenia działań/technik wyszczególnionych w BAT 57 a - c w rozdziale 3.5.3 należy zminimalizować zużycie energii elektrycznej poprzez zastosowanie działań/technik wyszczególnionych w BAT 58 a, b w rozdziale 3.5.3, oddzielnie lub w połączeniu 	
Rozproszone emisje pyłu (BAT 59 w rozdziale 3.5.4.1)	<ul style="list-style-type: none"> należy zminimalizować rozproszone emisje pyłu lub im zapobiegać poprzez zastosowanie działań/technik w odniesieniu do operacji, przy których występuje duże zapylenie, oddzielnie lub w połączeniu 	
Skanalizowane emisje z operacji, przy których występuje duże zapylenie (BAT 60 w rozdziale 3.5.4.2)	<ul style="list-style-type: none"> należy ograniczyć skanalizowane emisje z operacji, przy których występuje duże zapylenie, do poziomu średniej z okresu pobierania próbek (pomiar punktowy przez minimum pół godziny) wynoszącego poniżej 10 mg/Nm³ (BAT-AEL), poprzez zastosowanie filtra do oczyszczania suchych gazów spalinowych. Należy zauważyć, że w przypadku niewielkich źródeł (<10000 Nm³/h) należy uwzględnić podejście priorytetowe. 	
Emisje pyłu z procesów wypalania w piecach (BAT 61 w rozdziale 3.5.4.3)	<ul style="list-style-type: none"> należy ograniczyć emisje pyłu (pyłu zawieszonego) z gazów spalinowych pochodzących z procesów wypalania w piecach do poziomu średniej wielkości dziennej lub średniej z okresu pobierania próbek (pomiar punktowy przez minimum pół godziny) wynoszącej <20 – 35 mg/Nm³ (BAT-AEL), poprzez zastosowanie filtra do oczyszczania suchych gazów wylotowych. 	

Streszczenie dotyczące BAT dla przemysłu produkującego tlenek magnezu														
Ogólne podstawowe działania/techniki redukowania związków gazowych (BAT 62 w rozdziale 3.5.5.1)	<ul style="list-style-type: none"> należy ograniczyć emisje związków gazowych (np. NO_x, HCl, SO_x, CO) z gazów spalinowych pochodzących z procesów wypalania w piecach poprzez zastosowanie podstawowych działań/technik wyszczególnionych w BAT 62 a - c w rozdziale 3.5.5.1, oddzielnie lub w połączeniu. 													
Emisje NO _x (BAT 63 w rozdziale 3.5.5.2)	<ul style="list-style-type: none"> należy ograniczyć emisje NO_x z gazów spalinowych pochodzących z procesów wypalania w piecach do poziomu średniej wielkości dziennej wyrażonej w NO₂ wynoszącego <500 – <1500 mg/Nm³ (BAT-AEL) poprzez zastosowanie działań/technik wyszczególnionych w BAT 63 a, b w rozdziale 3.5.5.2. Wyższe BAT-AEL są powiązane z wysokotemperaturowym procesem wypalania magnezji całkowicie wypalanej 													
Emisje CO (BAT 64 w rozdziale 3.5.5.3.1)	<ul style="list-style-type: none"> należy ograniczyć emisje CO z gazów spalinowych pochodzących z procesów wypalania w piecach do poziomu średniej wielkości dziennej <50 – 1000 mg/Nm³ poprzez zastosowanie połączenia działań/technik wyszczególnionych w BAT 64 a - c w rozdziale 3.5.5.3.1 													
Ograniczenie pików CO (BAT 65 w rozdziale 3.5.5.3.2)	<ul style="list-style-type: none"> poprzez zastosowanie filtrów elektrostatycznych (ESP) należy ograniczyć liczbę pików CO poprzez zastosowanie działań/technik wyszczególnionych w BAT 65 a - c w rozdziale 3.5.5.3.2 													
Emisje SO _x (BAT 66 w rozdziale 3.5.5.4)	<ul style="list-style-type: none"> należy ograniczyć emisje SO_x z gazów spalinowych pochodzących z procesów wypalania w piecach poprzez zastosowanie połączenia podstawowych i wtórnych działań/technik wyszczególnionych w BAT 66 a - c w rozdziale 3.5.5.4. BAT-AEL stanowią następujące poziomy emisji: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Parametr</th> <th>Jednostka</th> <th>BAT-AEL¹³⁾ (średnia wielkość dzienna)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SO_x wyrażone jako SO₂ Zawartość siarki w surowcu < 0,10 %</td> <td>mg/Nm³</td> <td><50</td> </tr> <tr> <td>SO_x wyrażone jako SO₂ Zawartość siarki w surowcu 0,10 – 0,25 %</td> <td>mg/Nm³</td> <td>50 – 250</td> </tr> <tr> <td>SO_x wyrażone jako SO₂ Zawartość siarki w surowcu > 0,25 %</td> <td>mg/Nm³</td> <td>250 – 400²⁾</td> </tr> </tbody> </table> <p>¹⁾ Zakresy te są uzależnione od zawartości siarki w surowcach. Dla surowców o niższej zawartości siarki BAT stanowią niższe poziomy w obrębie zakresów, a dla surowców o wyższej zawartości siarki, BAT stanowią wyższe poziomy w zakresach.</p> <p>²⁾ w wyjątkowych przypadkach poziomy emisji SO₂ mogą przekraczać 400 mg/Nm³ z powodu składu surowców.</p> <p>³⁾ Aby dokonać oceny najlepszego połączenia BAT dla redukcji emisji SO₂, należy uwzględnić skutki przenoszenia zanieczyszczeń pomiędzy komponentami środowiska</p>	Parametr	Jednostka	BAT-AEL ¹³⁾ (średnia wielkość dzienna)	SO _x wyrażone jako SO ₂ Zawartość siarki w surowcu < 0,10 %	mg/Nm ³	<50	SO _x wyrażone jako SO ₂ Zawartość siarki w surowcu 0,10 – 0,25 %	mg/Nm ³	50 – 250	SO _x wyrażone jako SO ₂ Zawartość siarki w surowcu > 0,25 %	mg/Nm ³	250 – 400 ²⁾	
Parametr	Jednostka	BAT-AEL ¹³⁾ (średnia wielkość dzienna)												
SO _x wyrażone jako SO ₂ Zawartość siarki w surowcu < 0,10 %	mg/Nm ³	<50												
SO _x wyrażone jako SO ₂ Zawartość siarki w surowcu 0,10 – 0,25 %	mg/Nm ³	50 – 250												
SO _x wyrażone jako SO ₂ Zawartość siarki w surowcu > 0,25 %	mg/Nm ³	250 – 400 ²⁾												
Straty procesowe/ odpady (BAT 67, 68, 69 w rozdziale 3.5.6)	<ul style="list-style-type: none"> wychwycony w procesie pył zawieszony (różnego rodzaju pył węglanu magnezu) należy zawsze, gdy jest to uzasadnione, wykorzystywać powtórnie (BAT 67 w rozdziale 3.5.6) gdy wychwycony pył węglanu magnezu nie nadaje się do recyklingu, tam gdzie to możliwe, należy wykorzystać ten pył w innych nadających się do obrotu komercyjnych produktach (BAT 68 w rozdziale 3.5.6) należy ponownie użyć szlamu pochodzącego z procesu mokrego odsiarczania gazu spalinowego w procesie lub w innych sektorach (BAT 69 w rozdziale 3.5.6) 													
Hałas (BAT 70 w rozdziale 3.5.7)	<ul style="list-style-type: none"> należy ograniczyć/zminimalizować emisje hałasu związane z procesem produkcji tlenku magnezu poprzez zastosowanie połączenia działań/technik wyszczególnionych w BAT 70 a – j w rozdziale 3.5.7 													

Streszczenie dotyczące BAT dla przemysłu produkującego tlenek magnezu	
Wykorzystanie odpadów jako paliw lub surowców (BAT 71 w rozdziale 3.5.8)	<ul style="list-style-type: none"> • przy wykorzystaniu odpadów: <ul style="list-style-type: none"> ○ należy dobrać odpady odpowiednie dla procesu produkcji i palnika (BAT 71 a w rozdziale 3.5.8) ○ należy stosować systemy zapewniania jakości, by zagwarantować właściwości odpadów i przeprowadzać analizę każdego typu odpadów, które mają zostać wykorzystane, pod kątem kryteriów wyszczególnionych w BAT 71 b w rozdziale 3.5.8. ○ należy kontrolować odpowiednie parametry dotyczące ilości w odniesieniu do każdego typu odpadów, które mają zostać wykorzystane, takie jak zawartość chlorowców ogółem, metali (np. chromu, ołowiu, kadmu, rtęci, talu ogółem) i siarki (BAT 71 c w rozdziale 3.5.8)

Wnioski, zalecenia, badania i rozwój techniczny

Wnioski i zalecenia dla przemysłów cementowego, wapienniczego i produkcji tlenku magnezu zawierają informacje na temat istotnych etapów w opracowywaniu niniejszego dokumentu, stopnia porozumienia osiągniętego w kwestii proponowanych najlepszych dostępnych technik dla przemysłów cementowego, wapienniczego i produkcji tlenku magnezu oraz nadal stwierdzanych braków w informacji. Uzyskano poparcie zdecydowanej większości i nie odnotowano przeciwstawnych poglądów. Strona internetowa Europejskiego Biura IPPC zawiera dalsze informacje i wytyczne dotyczące funkcjonowania wymiany informacji i procedury przeglądu dokumentów BREF.

Wspólnota Europejska uruchamia i wspiera serię projektów w dziedzinie czystych technologii, nowopowstających technologii oczyszczania ścieków i recyklingu oraz w dziedzinie strategii zarządzania, wykorzystując do tego celu realizowane wspólnotowe programy w dziedzinie badań i rozwoju. Projekty te mogłyby potencjalnie stanowić istotny wkład do przyszłych przeglądów dokumentów BREF. Uprasza się zatem czytelników o informowanie Europejskiego Biura IPPC o wszystkich wynikach badań, które mogą mieć znaczenie dla kwestii wchodzących w zakres niniejszego dokumentu (zob. też przedmowa do niniejszego dokumentu).

PRZEDMOWA

1. Status tego dokumentu

O ile nie stwierdzono inaczej, odniesienia do "dyrektywy" w tym dokumencie oznaczają Dyrektywę 2008/1/EC Parlamentu i Rady Europejskiej dotyczącą zintegrowanego zapobiegania i kontroli zanieczyszczeń (IPPC). Niniejszy dokument nie narusza przepisów prawa Wspólnoty dotyczącego zdrowia i bezpieczeństwa w miejscu pracy, w takim samym stopniu jak Dyrektywa IPPC.

Niniejszy dokument stanowi część serii prezentującej wyniki wymiany informacji pomiędzy Państwami Członkowskimi UE oraz branżami przemysłu nastawionymi na najlepszą dostępną technikę (BAT), jej monitorowanie oraz rozwój. Został on opublikowany przez Komisję Europejską na podstawie artykułu 17(2) Dyrektywy, i dlatego też, zgonie z załącznikiem IV Dyrektywy, musi być wzięty pod uwagę przy określaniu "najlepszych dostępnych technik".

2. Istotne zobowiązania ustawowe Dyrektywy IPPC oraz definicja BAT

W celu ułatwienia czytelnikowi zrozumienia kontekstu prawnego, w którym niniejszy dokument został sporządzony, opisano tu niektóre najważniejsze postanowienia Dyrektywy IPPC, włącznie z definicją terminu "najlepsze dostępne techniki". Opis ten służy jedynie celom informacyjnym. Nie posiada on mocy prawnej i w żaden sposób nie zmienia, ani nie narusza właściwych przepisów Dyrektywy IPPC.

Celem Dyrektywy IPPC jest osiągnięcie zintegrowanego zapobiegania i kontroli zanieczyszczeń wynikających z czynności wymienionych w załączniku I, prowadzącego do wysokiego poziomu ochrony środowiska, jako całości. Podstawa prawna Dyrektywy odnosi się do ochrony środowiska. Jej realizacja powinna również uwzględnić inne cele Komisji Europejskiej, takie jak konkurencyjność przemysłu Wspólnoty, przyczyniając się w ten sposób do zrównoważonego rozwoju.

Dyrektywa uwzględnia w szczególności stworzenie systemu pozwoleń dla pewnych kategorii instalacji przemysłowych wymagających operatorów i regulatorów, w celu otrzymania zintegrowanej, całkowitej perspektywy potencjału instalacji do zużywania i zanieczyszczania. Ogólnym celem takiego zintegrowanego podejścia musi być poprawa projektu, budowy, zarządzania i kontroli, jak również wycofania z użycia danych procesów przemysłowych, tak, aby zapewnić wysoki poziom ochrony środowiska, jako całości. Kluczowe znaczenie dla tego podejścia ma ogólna zasada zawarta w art 3 Dyrektywy, która stanowi, że operatorzy powinni podjąć wszelkie właściwe środki zapobiegające zanieczyszczeniom, w szczególności poprzez stosowanie najlepszych dostępnych technik umożliwiających im ulepszenie ochrony środowiska naturalnego.

Termin "najlepsze dostępne techniki" jest zdefiniowany w art 2(12) Dyrektywy, jako "to najbardziej efektywny i zaawansowany etap rozwoju i metod prowadzenia danej działalności, który wskazuje możliwe wykorzystanie poszczególnych technik jako podstawy dla dopuszczalnych wartości emisji mający na celu zapobieganie powstawaniu, a jeżeli nie jest to możliwe, ogólne ograniczenie emisji i oddziaływania na środowisko naturalne jako całość." Artykuł 2(12) przechodzi do dalszego wyjaśnienia niniejszej definicja w następujący sposób:

- 'Techniki' obejmują zarówno stosowane technologie, jak i sposób, w jaki dana instalacja jest projektowana, wykonywana, konserwowana, eksploatowana i wycofywana z eksploatacji

- 'dostępne techniki' to techniki o takim stopniu rozwoju, który pozwala na wdrożenie w danym sektorze przemysłu, zgodnie z istniejącymi warunkami ekonomicznymi i technicznymi, z uwzględnieniem kosztów i korzyści, nawet jeżeli techniki te nie są wykorzystywane lub opracowane w danym Państwie Członkowskim, o ile są one dostępne dla prowadzącego daną działalność ;
- 'najlepsze' oznacza najbardziej efektywną technikę w osiągnięciu wysokiego ogólnego poziomu ochrony środowiska naturalnego jako całości.

Ponadto, załącznik IV do dyrektywy zawiera wykaz "okoliczności, które należy uwzględnić, ogólnie lub w szczególnych przypadkach, przy ustalaniu najlepszych dostępnych technik ... mając na uwadze możliwe koszty i korzyści z zastosowania środka oraz zasady ostrożności i zapobiegania ". Okoliczności te obejmują informację opublikowaną przez Komisję zgodnie z art 17(2) Dyrektywy.

Właściwe organy odpowiedzialne za wydawanie pozwoleń są zobowiązane przy określaniu warunków pozwolenia, do uwzględnienia ogólnych zasad określonych w artykule 3 Dyrektywy. Warunki te muszą obejmować dopuszczalne wartości emisji, w stosownych przypadkach uzupełnione lub zastąpione równoważnymi parametrami lub środkami technicznymi. Zgodnie z artykułem 9(4) Dyrektywy IPPC te dopuszczalne wartości emisji, równoważne parametry i środki techniczne muszą, bez uszczerbku dla zgodności ze standardami jakości środowiska, być oparte na najlepszych dostępnych technikach, bez zalecania stosowania jakiegokolwiek techniki lub szczególnej technologii, ale biorąc pod uwagę właściwości techniczne danej instalacji, jej geograficzne położenie oraz lokalne warunki środowiska. We wszystkich przypadkach, warunki pozwolenia muszą obejmować postanowienia dotyczące minimalizacji zanieczyszczeń transgranicznych lub o dużym zasięgu oraz muszą zagwarantować wysoki poziom ochrony środowiska, jako całości.

Państwa Członkowskie mają obowiązek, zgodnie z Artykułem 11 Dyrektywy, upewnienia się, że właściwe władze śledzą lub są poinformowane o zmianach w zakresie najlepszych dostępnych technik.

3. Cel niniejszego dokumentu

Artykuł 17(2) Dyrektywy zobowiązuje Komisję do zorganizowania "wymiany informacji pomiędzy Państwami Członkowskimi UE oraz branżami przemysłu nastawionymi na najlepszą dostępną technikę, jej monitorowanie oraz rozwój", oraz do opublikowania wyników tej wymiany.

Cel wymiany informacji jest przedstawiony w motywie 27 Dyrektywy, który stwierdza, że "opracowanie i wymiana informacji na poziomie Wspólnoty dotyczące najlepszych dostępnych technik:

- powinna pomóc zrekompensować technologiczny brak równowagi we Wspólnocie
- powinna promować ogólnościatowe upowszechnienie dopuszczalnych wartości i technik wykorzystywanych we Wspólnocie
- powinna pomóc Państwom Członkowskim w statecznym wdrażaniu Dyrektywy.'

Komisja (DG ds. Środowiska) utworzyła forum wymiany informacji (IEF), aby wspomóc pracę na podstawie artykułu 17(2) Dyrektywy, a pod patronatem IEF zostało założonych kilka technicznych grup roboczych. Zarówno IEF jak i techniczne grupy robocze zawierają przedstawicielstwo z Państw Członkowskich oraz przemysłu wymagane przez artykuł 17(2) Dyrektywy.

Celem niniejszej serii dokumentów, które będą stale analizowane i aktualizowane, jest wierne przedstawienie wymiany informacji, która doszła do skutku zgodnie z artykułem 17(2)

Dyrektywy oraz udzielenie informacji referencyjnej dla organu zezwalającego, która ma być wzięta pod uwagę podczas określania warunków pozwolenia. Poprzez zapewnienie odpowiednich informacji dotyczących najlepszych dostępnych technik, dokumenty te powinny działać, jako wartościowe narzędzia wpływające na środowisko.

4. Źródła informacji

Niniejszy dokument stanowi zestawienie informacji pozyskanych z różnych źródeł, zwłaszcza dzięki ekspertyzie grup powołanych w celu wspierania Komisji w jej pracach na mocy artykułu 17(2) Dyrektywy oraz usługom zweryfikowanym przez Komisję. Praca współpracowników i grup eksperckich jest przyjęta z wdzięcznością.

5. W jaki sposób należy rozumieć i stosować niniejszy dokument

Informacje zawarte w niniejszym dokumencie mają być wykorzystane, jako wkład przy określaniu BAT w konkretnych przypadkach. Przy określaniu BAT i ustalaniu warunków pozwolenia opartych na BAT powinno się zawsze brać pod uwagę cel ogólny, jakim jest osiągnięcie wysokiego poziomu ochrony środowiska, jako całości.

Pozostała część tej sekcji opisuje rodzaj informacji, które są przedstawione w kolejnych sekcjach niniejszego dokumentu.

Jak zostało określone w Zakresie, niniejszy dokument, w porównaniu ze standardowym BREF, jest skonstruowany w inny sposób. Dokument ten zawiera trzy podstawowe rozdziały: Rozdział 1 - przemysł cementowy, Rozdział 2 - przemysł wapienniczy oraz Rozdział 3 - przemysł wytwórstwa tlenku magnezu metodą suchą.

W ramach tych trzech rozdziałów, standardowe sekcje BREF są budowane w następujący sposób:

- Sekcje 1 i 2 każdego rozdziału dostarczają ogólnych informacji na temat sektora danego przemysłu oraz procesów przemysłowych stosowanych w danym sektorze
- Sekcja 3 każdego rozdziału zawiera dane i informacje dotyczące bieżących poziomów zużycia i poziomów emisji odzwierciedlające sytuację w istniejących instalacjach będących w eksploatacji w czasie powstawania dokumentu
- Sekcja 4 każdego rozdziału opisuje bardziej szczegółowo redukcję emisji oraz inne techniki, które uważa się za najważniejsze przy określaniu BAT oraz warunków pozwolenia bazowanych na BAT. Informacje te obejmują poziomy zużycia i emisji, które są uważane za osiągalne przy zastosowaniu danej techniki, pewne wyobrażenie dotyczące kosztów oraz oddziaływań między komponentami środowiska związane z tymi technikami. Obejmują one również zakres, w jakim dana technika ma zastosowanie w odniesieniu do zakresu instalacji wymagających pozwoleń IPPC, na przykład instalacji nowych, istniejących, zmienionych, dużych lub małych. Techniki, które są ogólnie uważane za przestarzałe nie zostały uwzględnione
- Sekcja 5 każdego rozdziału prezentuje techniki oraz poziomy zużycia i emisji, które są uważane za zgodne z BAT w danym sektorze (więcej szczegółów we wprowadzeniu do Sekcji 5 każdego rozdziału). Zatem celem jest podanie ogólnych wskazówek dotyczących poziomów zużycia i emisji, które można uznać za właściwy punkt odniesienia przy określaniu warunków pozwolenia opartego na BAT lub przy ustanowieniu ogólnych zasad wiążących na mocy artykułu 9(8) Dyrektywy. Należy jednak podkreślić, że niniejszy dokument nie sugeruje dopuszczalnych wartości emisji. Przy określaniu odpowiednich warunków pozwolenia należy wziąć pod uwagę lokalne,

specyficzne dla danego miejsca czynniki, takie jak charakterystykę techniczną danej instalacji, jej położenie geograficzne oraz lokalne warunki środowiskowe. W przypadku istniejących instalacji, należy również wziąć pod uwagę ekonomiczną i techniczną wykonalność modernizacji. Nawet pojedynczy cel, jakim jest zapewnienie wysokiego poziomu ochrony środowiska jako całości, będzie często wymagał pójścia na kompromis przy ocenianiu różnych rodzajów oddziaływań na środowisko, a na te osady często będą miały wpływ sytuacje lokalne. Mimo że podjęto próbę omówienia niektórych z tych kwestii, nie jest możliwe wzięcie ich w pełni pod uwagę w niniejszym dokumencie. Dlatego też, techniki i poziomy przedstawione w Sekcjach 1.5, 2.5 Oraz 3.5 Nie muszą być odpowiednie dla wszystkich instalacji. Z drugiej strony, obowiązek zapewnienia wysokiego poziomu ochrony środowiska, łącznie z minimalizacją zanieczyszczeń o dużym zasięgu lub transgranicznych, powoduje, że warunki pozwoleń nie mogą być ustalone wyłącznie na podstawie czynników lokalnych. Zatem, jest to niezwykle ważne, żeby informacje zawarte w niniejszym dokumencie były w pełni brane pod uwagę przez organy wydające pozwolenia

- Sekcja 6 każdego rozdziału opisuje nowe techniki.

Wszelkie uwagi i sugestie należy kierować do Europejskiego Biura IPPC w Instytucie Studiów Perspektyw Technologicznych znajdującego się pod adresem: Komisja Europejska Instytut Studiów Perspektyw Technologicznych Edificio Expo C/ Inca Garcilaso, 3 E-41092 Sewilla, Hiszpania
Telefon: +34 95 4488 284 Faks: +34 95 4488 426 E-mail: JRC-IPTS-EIPPCB@ec.europa.eu
Internet: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu>

6. Dynamiczna natura BAT i przegląd dokumentów referencyjnych BAT (BREF)

BAT jest dynamiczną koncepcją, ponieważ możliwe jest powstawanie nowych technik/środków, rozwijają się ciągle nowe technologie, również nowe procesy środowiskowe są z powodzeniem wprowadzane do branży. Ponieważ elementy BAT zmieniają się z czasem, a przemysł rozwija, BREF-y muszą być analizowane i aktualizowane w razie potrzeby.

Oryginalny BREF na CL został przyjęty przez Komisję Europejską w 2001 roku. Dokument ten jest wynikiem pierwszego przeglądu BREF CL.

Dokument referencyjny dotyczący najlepszych dostępnych technik w przemyśle cementowym, wapienniczym oraz produkcji tlenku magnezu.

STRESZCZENIE DOKUMENTU REFERENCYJNEGO DOTYCZĄCEGO NAJLEPSZYCH DOSTĘPNYCH TECHNIK W PRZEMYSŁACH CEMENTOWYM, WAPIENNICZYM ORAZ PRODUKCJI TLENKU MAGNEZU..... III

PRZEDMOWA XVIII

ZAKRES..... XLI

1	PRZEMYSŁ CEMENTOWY	1
1.1	Ogólne informacje dotyczące przemysłu cementowego	1
1.2	Stosowane procesy i technologie w przemyśle produkcji cementu	11
1.2.1	Surowce i ich pozyskiwanie.....	13
1.2.2	Surowce - przechowywanie i przygotowanie	15
1.2.2.1	Magazynowanie surowców	15
1.2.2.2	Przemiał surowców	16
1.2.2.2.1	Przemiał surowców - systemy piecowe metody suchej i półsuchej	16
1.2.2.2.2	Przemiał surowców - systemy piecowe metody mokrej i półmokrej	16
1.2.2.2.3	Homogenizacja i magazynowanie mączki surowcowej lub szlamu	17
1.2.3	Paliwo - składowanie i przygotowanie	17
1.2.3.1	Składowanie paliw konwencjonalnych.....	18
1.2.3.2	Przygotowanie paliw konwencjonalnych	18
1.2.4	Stosowanie odpadów jako paliwa	19
1.2.4.1	Aspekty ogólne.....	19
1.2.4.2	Wykorzystanie odpadów jako surowców	21
1.2.4.3	Wykorzystanie odpadów jako paliwa	23
1.2.4.3.1	Rodzaje paliw odpadowych	23
1.2.4.3.1.1	Paliwa z odpadów stałych	24
1.2.4.3.1.2	Paliwa z odpadów płynnych	25
1.2.4.3.2	Wymagania jakościowe dotyczące odpadów oraz kontrola wsadu.....	25
1.2.4.3.2.1	Stężenia metali w odpadach.....	14
1.2.4.3.3	Przechowywanie i postępowanie z odpadami.....	15
1.2.5	Wypalanie klinkieru	15
1.2.5.1	Opalanie pieców	16
1.2.5.2	Długie piece obrotowe.....	17
1.2.5.3	Piece obrotowe wyposażone w zewnętrzne podgrzewacze	17
1.2.5.3.1	Technologia podgrzewaczy rusztowych	18
1.2.5.3.2	Technologia podgrzewaczy w stanie zawieszenia	18
1.2.5.3.3	Podgrzewacze szybowe	19
1.2.5.3.4	Czterostopniowe podgrzewacze cyklonowe	19
1.2.5.4	Piece obrotowe z podgrzewaczami i prekalcynatorami	20
1.2.5.4.1	Układy by-passu.....	22
1.2.5.5	Piece szybowe	22
1.2.5.6	Gazy odlotowe z pieca	22
1.2.5.6.1	Piki CO	22
1.2.5.7	Chłodniki klinkieru	22
1.2.5.7.1	Chłodniki obrotowe	23
1.2.5.7.1.1	Chłodnik rurowy	23
1.2.5.7.1.2	Chłodnik planetarny (satelitarny)	23
1.2.5.7.2	Chłodniki rusztowe	24
1.2.5.7.2.1	Chłodnik z rusztem wędrownym	24
1.2.5.7.2.2	Chłodnik z rusztem posuwisto-zwrotnym	24

1.2.5.7.2.3	Trzecia generacja chłodników rusztowych	24
1.2.5.7.3	Chłodniki pionowe	25
1.2.5.8	Kogeneracja	25
1.2.6	Przemiał i magazynowanie cementu	26
1.2.6.1	Składowanie klinkieru	26
1.2.6.2	Przemiał cementu	26
1.2.6.2.1	Ważenie i dozowanie nadawy	26
1.2.6.2.2	Przemiał cementu	26
1.2.6.2.3	Przemiał dodatków mineralnych	27
1.2.6.2.4	Separacja wg rozkładu ziarnowego	27
1.2.6.2.5	Redukcja chromianów - chromu (VI)	28
1.2.6.3	Magazynowanie cementu	28
1.2.7	Pakowanie i wysyłka cementu	28
1.3	Aktualne poziomy zużycia i emisji	28
1.3.1	Zużycie wody	30
1.3.2	Zużycie surowców	31
1.3.2.1	Zużycie odpadów jako surowców	31
1.3.3	Zużycie energii	32
1.3.3.1	Zapotrzebowanie na energię cieplną	32
1.3.3.2	Zapotrzebowanie na energię elektryczną	35
1.3.3.3	Zużycie paliw odpadowych	35
1.3.4	Emisje do atmosfery	40
1.3.4.1	Pył (cząstki stałe)	42
1.3.4.1.1	Skanalizowane emisje pyłu	42
1.3.4.1.2	Emisje drobnego pyłu PM10 oraz PM2,5	45
1.3.4.1.3	Rozproszone emisje pyłu	48
1.3.4.2	Tlenki azotu	48
1.3.4.3	Dwutlenek siarki	53
1.3.4.4	Tlenki węgla (CO ₂ , CO)	58
1.3.4.4.1	Dwutlenek węgla (CO ₂)	58
1.3.4.4.2	Tlenek węgla (CO)	58
1.3.4.5	Całkowita ilość związków organicznych (TOC)	59
1.3.4.6	Polichlorowane dibenzodioksyny (PCDD) i dibenzofurany (PCDF)	61
1.3.4.7	Metale i ich związki	64
1.3.4.7.1	Rtęć	68
1.3.4.8	Chlorowodór i fluorowodór (HCl i HF)	70
1.3.4.8.1	Gazowe nieorganiczne związki chloru	70
1.3.4.8.2	Gazowe nieorganiczne związki fluoru	73
1.3.4.9	Amoniak (NH ₃)	76
1.3.4.10	Benzen, toluen, etylobenzen oraz ksylen (BTEX)	78
1.3.4.11	Poliaromatyczne węglowodory (WWA)	78
1.3.4.12	Inne zanieczyszczenia organiczne	78
1.3.4.13	Wpływ na zachowanie się emisji oraz efektywność energetyczna przy użyciu odpadów	79
1.3.4.14	Wpływ zastosowania odpadów na jakość produktu	80
1.3.5	Straty / odpady procesowe	81
1.3.6	Emisje do wody	81
1.3.7	Hałas	82
1.3.8	Zapachy	82
1.3.9	Monitoring	82
1.3.9.1	Monitorowanie parametrów i emisji	82
1.4	Techniki uwzględniane przy doborze najlepszych dostępnych technik BAT	84
1.4.1	Zużycie surowców	85

1.4.2	Ograniczenie zużycia energii (wydajność energetyczna).....	86
1.4.2.1	Redukcja zużycia energii cieplnej.....	86
1.4.2.1.1	Systemy pieców.....	86
1.4.2.1.2	Właściwości surowców.....	88
1.4.2.1.3	Właściwości paliw.....	89
1.4.2.1.4	System obejścia dla gazu.....	90
1.4.2.1.5	Redukcja zawartości klinkieru w produktach cementowych.....	91
1.4.2.2	Ograniczenie zużycia energii elektrycznej.....	92
1.4.2.3	Wybór procesu.....	93
1.4.2.4	Odzysk energii z pieców i chłodnic/kogeneracja.....	94
1.4.3	Techniki ogólne.....	96
1.4.3.1	Optymalizacja kontroli procesu.....	96
1.4.3.2	Wybór paliwa i surowców.....	97
1.4.3.3	Wykorzystanie odpadów w charakterze paliwa.....	99
1.4.4	Emisje pyłu (cząstek stałych).....	100
1.4.4.1	Środki/techniki operacji wytwarzających pył.....	100
1.4.4.2	Środki/techniki obszarów masowego składowania i zapasów.....	102
1.4.4.3	Redukcja skanalizowanych emisji pyłu.....	103
1.4.4.3.1	Odpylacze elektrostatyczne (ESP).....	104
1.4.4.3.2	Filtry tkaninowe.....	106
1.4.4.3.3	Filtry hybrydowe.....	110
1.4.5	Związki gazowe.....	112
1.4.5.1	Redukcja emisji NO _x	112
1.4.5.1.1	Chłodzenie płomienia.....	115
1.4.5.1.2	Palniki o niskiej emisji NO _x	116
1.4.5.1.3	Spalanie składające się z etapów.....	117
1.4.5.1.4	Dodatkowe opalanie wewnątrz pieca.....	119
1.4.5.1.5	Klinkier zmineralizowany.....	120
1.4.5.1.6	Optymalizacja procesu (NO _x).....	120
1.4.5.1.7	Selektywna redukcja niekatalityczna (SNCR).....	121
1.4.5.1.8	Selektywna redukcja katalityczna (SCR).....	127
1.4.5.2	Redukcja emisji SO ₂	131
1.4.5.2.1	Dodawanie absorbentów.....	132
1.4.5.2.2	Mokra płuczka wieżowa.....	134
1.4.5.2.3	Węgiel aktywowany.....	136
1.4.5.3	Redukcja emisji tlenków węgla (CO) i pików CO.....	137
1.4.5.4	Redukcja całkowitych emisji węgla organicznego (TOC).....	140
1.4.5.5	Redukcja chlorowodorów (HCl) i fluorowodorów (HF).....	140
1.4.6	Redukcja emisji polichlorowanych dibenzodioksyn (PCDD) oraz polichlorowanych dibenzofuranów (PCDF).....	141
1.4.7	Redukcja emisji metali.....	142
1.4.8	Przykładowe koszty dla różnych środków/technik ograniczających gazy spalinowe oraz podstawowych środków/technik, które mogą być wykorzystane w redukcji emisji.....	144
1.4.8.1	Przykładowe koszty dla środków/technik ograniczających pył.....	144
1.4.8.2	Przykładowe koszty środków/technik ograniczających NO _x	145
1.4.8.3	Przykładowe koszty środków/technik ograniczających SO _x	148
1.4.9	Straty w procesie/odpady.....	149
1.4.10	Hałas.....	150
1.4.11	Uwagi ogólne dotyczące zapachów.....	151
1.4.12	Narzędzia zarządzania środowiskiem.....	151
1.5	Najlepsze dostępne techniki dla przemysłu cementowego.....	159
1.5.1	Systemy zarządzania środowiskowego (EMS).....	161
1.5.2	Ogólne środki/techniki pierwotne.....	162

1.5.3	Zużycie energii i dobór procesu.....	163
1.5.3.1	Dobór procesu.....	163
1.5.3.2	Zużycie energii.....	163
1.5.4	Wykorzystanie odpadów.....	164
1.5.4.1	Kontroli jakości odpadów.....	164
1.5.4.2	Dostarczanie odpadów do pieca.....	164
1.5.4.3	Zarządzanie bezpieczeństwem stosowania odpadów niebezpiecznych.....	165
1.5.5	Emisje pyłów.....	165
1.5.5.1	Rozproszone emisje pyłów.....	165
1.5.5.2	Skanalizowane emisje pyłu w czasie działań w zapyleniu.....	165
1.5.5.3	Emisje pyłów z procesów spalania w piecu.....	166
1.5.5.4	Emisje pyłów z procesów chłodzenia i mielenia.....	166
1.5.6	Związki lotne.....	166
1.5.6.1	Emisje NOx.....	166
1.5.6.2	Emisje SOX.....	167
1.5.6.3	Emisje CO i piki CO.....	168
1.5.6.3.1	Redukcja pików CO.....	168
1.5.6.4	Emisje całkowitego węgla organicznego (TOC).....	168
1.5.6.5	Emisje chlorowodoru (HCl) i fluorowodoru (HF).....	168
1.5.7	Emisje PCDD/F.....	169
1.5.8	Emisje metali.....	169
1.5.9	Straty/odpady z procesu.....	170
1.5.10	Hałas.....	170
1.6	Nowe techniki w przemyśle cementowym.....	170
1.6.1	Technika produkcji cementu w kotle fluidalnym.....	170
1.6.2	Stopniowe spalanie w połączeniu z SNCR.....	172
1.6.3	Obróbka spalin w piecu do produkcji cementu z użyciem suchego wodorowęglanu sodu i ponowne wykorzystanie chemiczne.....	172
1.7	Wnioski i zalecenia.....	174
2	PRZEMYSŁ WAPIENNICZY.....	178
2.1	Ogólne informacje o przemyśle wapienniczym.....	178
2.1.1	Wapno i jego zastosowania.....	178
2.1.2	Światowa produkcja wapna.....	179
2.1.3	Rozkład geograficzny i ogólne uwarunkowania ekonomiczne w Europie – podstawowe wskaźniki.....	179
2.1.3.1	Produkcja roczna.....	180
2.1.3.2	Główne problemy związane ze środowiskiem i rozwojem zrównoważonym.....	181
2.1.3.3	Rodzaje wapna i wapna dolomitowego.....	182
2.1.3.4	Obiekty produkcyjne w przemyśle wapienniczym.....	182
2.2	Stosowane procesy i technologie w produkcji wapna.....	188
2.2.1	Opis procesu produkcji.....	190
2.2.2	Surowce i pozyskiwanie wapienia.....	192
2.2.3	Przygotowanie, czyszczenie i składowanie wapienia.....	194
2.2.3.1	Przygotowanie wapienia.....	194
2.2.3.2	Przechowywanie wapienia.....	194
2.2.3.3	Płukanie wapienia.....	195
2.2.4	Paliwa – przygotowanie i składowanie.....	209
2.2.5	Wykorzystanie odpadów.....	212
2.2.5.1	Aspekty ogólne.....	212
2.2.5.2	Aspekty techniczne.....	214
2.2.5.3	Rodzaje używanych paliw odpadowych.....	215
2.2.5.4	Kontrola jakości paliw odpadowych stałych.....	218

2.2.6	Produkcja wapna palonego i dolomitu	218
2.2.6.1	Kalcynacja wapienia – reakcja chemiczna	219
2.2.6.2	Kalcynacja wapienia w piecu	223
2.2.6.3	Przetwarzanie wapna palonego	224
2.2.6.3.1	Produkcja wapna palonego mielonego	226
2.2.6.4	Produkcja wapna gaszonego i/lub hydratyzowanego	226
2.2.6.4.1	Produkcja wapna hydratyzowanego	226
2.2.6.4.2	Produkcja mleka wapiennego i ciasta wapiennego.....	227
2.2.7	Rodzaje pieców wapienniczych – technologie i projekty.....	227
2.2.7.1	Piec szybowy na wsad mieszany (MFSK).....	231
2.2.7.2	Współprądowy piec regeneracyjny (PFRK).....	234
2.2.7.3	Piece szybowe pierścieniowe (ASK)	238
2.2.7.4	Inne piece (OK).....	241
2.2.7.4.1	Inne piece szybowe jednokomorowe	241
2.2.7.4.2	Piece szybowe dwuskośne.....	241
2.2.7.4.3	Piece szybowe wielokomorowe	242
2.2.7.4.4	Piece z rusztem wędrownym	242
2.2.7.4.5	Piece „top-shaped”	242
2.2.7.4.6	Kalcynacja w stanie zawieszenia (GSC)	242
2.2.7.4.7	Piec z obrotowym paleniskiem.....	244
2.2.7.5	Długi piec obrotowy (LRK)	244
2.2.7.6	Piec obrotowy z podgrzewaczem (PRK)	246
2.2.8	Magazynowanie i transport	252
2.2.8.1	Magazynowanie.....	252
2.2.8.1.1	Magazynowanie wapna palonego	252
2.2.8.1.2	Magazynowanie wapna hydratyzowanego.....	252
2.2.8.1.3	Magazynowanie mleka wapiennego.....	253
2.2.8.2	Transport	253
2.2.9	Inne rodzaje wapna.....	254
2.2.9.1	Produkcja wapna hydraulicznego.....	254
2.2.9.2	Produkcja skalcyowanego dolomitu	254
2.2.10	Uwagi ogólne dotyczące pieców wapienniczych wykorzystywanych do produkcji na potrzeby własne	255
2.2.10.1	Piece wapiennicze w hutnictwie żelaza i stali	255
2.2.10.2	Piece wapiennicze w przemyśle papierniczym	255
2.2.10.3	Piece wapiennicze w przemyśle cukrowniczym	255
2.3	Obecne poziomy zużycia i emisji	256
2.3.1	Zużycie wapienia.....	257
2.3.2	Zużycie energii	257
2.3.2.1	Kalcynacja wapienia	257
2.3.2.2	Hydratyzacja wapna	258
2.3.2.3	Przemiał wapna	259
2.3.3	Emisje do atmosfery	259
2.3.3.1	Pyl (cząstki stałe).....	261
2.3.3.1.1	Skanalizowana emisja pyłów	261
2.3.3.1.2	Niezorganizowana emisja pyłów	264
2.3.3.2	Tlenki azotu	265
2.3.3.3	Dwutlenek siarki.....	268
2.3.3.4	Tlenki węgla (COx).....	270
2.3.3.4.1	Dwutlenek węgla (CO ₂).....	270
2.3.3.4.2	Tlenek węgla (CO).....	272
2.3.3.5	Związki organiczne/ogólny węgiel organiczny (TOC).....	276

2.3.3.6	Polichlorowane dibenzodoksyny (PCDD) i polichlorowane dibenzofurany (PCDF)	277
2.3.3.7	Chlorowodory i fluorowodory (HCl i HF)	277
2.3.3.8	Siarkowodór (H ₂ S)	279
2.3.3.9	Metale	280
2.3.3.10	Wpływ zastosowania materiałów odpadowych na poziom emisji	283
2.3.3.10.1	Przykłady emisji przy stosowaniu oleju odpadowego	283
2.3.3.10.2	Przykłady emisji z wykorzystywania odpadów stałych w piecach obrotowych	284
2.3.4	Straty/odpady procesowe	285
2.3.5	Wykorzystanie i oczyszczanie wody	286
2.3.6	Hałas	286
2.3.7	Zapachy	287
2.3.8	Monitoring	287
2.3.8.1	Pomiary stałe	287
2.3.8.2	Pomiary okresowe	288
2.4	Techniki uwzględniane przy doborze najlepszych dostępnych technik BAT	288
2.4.1	Zużycie wapienia	291
2.4.2	Ograniczenie zużycia energii (efektywność energetyczna)	292
2.4.3	Optymalizacja kontroli procesu	295
2.4.4	Wybór paliwa (w tym paliwa odpadowego)	295
2.4.5	Emisje pyłów (cząstek stałych)	298
2.4.5.1	Środki/techniki związane z pracami emitującymi dużą ilość pyłu	298
2.4.5.2	Środki/techniki stosowane przy magazynowaniu materiałów luzem i używaniu przyzmi	299
2.4.5.3	Zmniejszenie skanalizowanej emisji pyłów	300
2.4.5.3.1	Elektrofiltry (ESP)	302
2.4.5.3.2	Filtry tkaninowe	304
2.4.5.3.3	Płuczki mokre	307
2.4.5.3.4	Separatory odśrodkowe/cyklony	309
2.4.5.3.5	Przykłady kosztów związanych z różnymi technikami oczyszczania gazów odlotowych	310
2.4.6	Związki gazowe	317
2.4.6.1	Obniżanie emisji NO _x	317
2.4.6.1.1	Optymalizacja procesu	319
2.4.6.1.2	Stopniowanie powietrza	320
2.4.6.1.3	Palniki niskoemisyjne NO _x	320
2.4.6.1.4	System selektywnej redukcji niekatalitycznej (SNCR)	322
2.4.6.1.5	System selektywnej redukcji katalitycznej (SCR)	325
2.4.6.2	Obniżenie emisji CO	328
2.4.6.3	Obniżenie emisji ogólnego węgla organicznego (TOC)	329
2.4.6.4	Obniżenie emisji chlorowodorów (HCl) i fluorowodorów (HF)	329
2.4.7	Obniżenie emisji polichlorowanych dibenzodoksyn (PCDD) i polichlorowanych dibenzofuranów (PCDF)	330
2.4.8	Obniżenie emisji metali	334
2.4.9	Straty/ odpady procesowe	335
2.4.9.1	Ogólne kwestie dotyczące ponownego wykorzystania odpadów technologicznych jako surowców	335
2.4.10	Hałas	336
2.4.11	Uwagi ogólne kwestie dotyczące zapachów	338
2.4.12	Narzędzia zarządzania środowiskiem	339
2.5	Najlepsze dostępne techniki BAT dla przemysłu wapienniczego	340
2.5.1	System zarządzania środowiskowego (EMS)	342

2.5.2	Ogólne środki/techniki pierwotne	343
2.5.3	Zużycie energii	344
2.5.4	Zużycie wapienia	345
2.5.5	Dobór paliw	345
2.5.5.1	Wykorzystanie paliw odpadowych	345
2.5.5.1.1	Kontrola jakości odpadów	346
2.5.5.1.2	Dozowanie odpadów do pieca	346
2.5.5.1.3	Zarządzanie bezpieczeństwem podczas stosowania odpadów niebezpiecznych	346
2.5.6	Emisje pyłów	346
2.5.6.1	Niezorganizowana emisja pyłów	346
2.5.6.2	Skanalizowane emisje pyłów powstających przy pracach emitujących dużą ilość pyłu	347
2.5.6.3	Emisje pyłów z procesów opalania pieców	347
2.5.7	Związki gazowe	348
2.5.7.1	Ogólne środki/techniki pierwotne obniżające emisje związków gazowych	348
2.5.7.2	Emisje NOx	348
2.5.7.3	Emisje SOx	349
2.5.7.4	Emisje CO i piki CO	350
2.5.7.4.1	Emisje CO	350
2.5.7.4.2	Obniżenie pików CO	350
2.5.7.5	Obniżenie emisji ogólnego węgla organicznego (TOC)	350
2.5.7.6	Emisje chlorowodorów (HCl) i fluorowodorów (HF)	351
2.5.8	Emisje PCDD/F	351
2.5.9	Emisje metali	352
2.5.10	Straty/odpady procesowe	353
2.5.11	Hałas	353
2.6	Nowe techniki w przemyśle wapienniczym	354
2.6.1	Kalcynacja w złożu fluidalnym	354
2.6.2	Prekalcynator/podgrzewacz w stanie zawieszenia	355
2.6.3	Filtry ceramiczne	355
2.6.4	Oczyszczanie po spalaniu gazów odlotowych z pieców szybowych na wsad mieszany	355
2.7	Wnioski i zalecenia	358
3	PRZEMYSŁ TLENKU MAGNEZU (METODA SUCHA W OPARCIU O WYDOBYWANY NATURALNY MAGNEZYT)	362
3.1	Informacje ogólne	362
3.1.1	Wstęp	362
3.1.2	Przemysł magnezytowy na świecie i w Europie	362
3.1.2.1	Rodzaje produktów z tlenku magnezu (magnezji)	366
3.1.2.1.1	Magnezja	366
3.1.2.1.1.1	Magnezja spiekana/całkowicie wypalona (DBM)	366
3.1.2.1.1.2	Magnezja kaustyczna kalcynowana (CCM)	366
3.1.2.1.1.3	Magnezja topiona (FM)	367
3.1.3	Zastosowanie magnezji	367
3.2	Stosowane procesy i techniki	369
3.2.1	Surowce i przygotowanie	369
3.2.1.1	Magnezyt	369
3.2.2	Paliwa	370
3.2.3	Ogólny opis procesu produkcji magnezji z magnezytu (magnezja naturalnie spiekana/całkowicie wypalona)	370
3.2.3.1	Procesy wypalania	371

3.2.3.1.1	Bezpośredni proces wypalania (wypalanie jednofazowe).....	371
3.2.3.1.1.1	Przygotowanie "spieku surowego"	371
3.2.3.1.2	Dwufazowy proces wypalania.....	373
3.2.3.2	Rodzaje pieców – techniki i konstrukcja	374
3.2.3.2.1	Piece obrotowe	375
3.2.3.2.1.1	Piece obrotowe z podgrzewaczem.....	375
3.2.3.2.1.2	Długie piece obrotowe	375
3.2.3.2.2	Piece szybowe.....	376
3.2.3.2.2.1	Piece szybowe z płytą obrotową	376
3.2.3.2.2.2	Piece szybowe z rusztem obrotowym	377
3.2.3.2.2.3	Podwójny piec szybowy	377
3.2.4	Produkcja magnezji topionej.....	378
3.3	Bieżące zużycie i poziomy emisji	379
3.3.1	Zużycie surowców (nieprzetworzonego magnezytu) i wody.....	379
3.3.2	Zużycie energii.....	380
3.3.3	Emisje	381
3.3.3.1	Emisje do atmosfery.....	381
3.3.3.2	Straty procesowe/odpady	382
3.3.3.3	Emisje do wody	383
3.3.3.4	Hałas	383
3.3.4	Monitoring.....	383
3.4	Techniki uwzględniane przy doborze najlepszych dostępnych technik BAT	385
3.4.1	Ogólne uwagi dotyczące zużycia surowców.....	386
3.4.2	Ogólne uwagi dotyczące wody	386
3.4.3	Redukcja zużycia energii (efektywność energetyczna).....	386
3.4.4	Optymalizacja kontroli procesu	387
3.4.5	Wybór paliwa	388
3.4.6	Emisje pyłu (cząstki stałe).....	389
3.4.6.1	Środki/techniki w przypadku czynności powodujących duże zapylenie	389
3.4.6.2	Redukcja skanalizowanej emisji pyłów	390
3.4.6.2.1	Odpylacze elektrostatyczne (ESP)	390
3.4.6.2.2	Separatory odśrodkowe/cyklony	391
3.4.6.2.3	Mokre separatory pyłu	392
3.4.6.2.4	Filtry tkaninowe.....	393
3.4.7	Substancje gazowe	394
3.4.7.1	Redukcja emisji NOx	394
3.4.7.2	Redukcja emisji CO.....	396
3.4.7.3	Redukcja emisji SO ₂	397
3.4.8	Uwagi ogólne dotyczące strat/odpadów procesowych	398
3.4.9	Hałas	398
3.4.10	Narzędzia zarządzania środowiskiem.....	400
3.5	Najlepsze dostępne techniki produkcji tlenku magnezu przy użyciu metody suchej w oparciu o wydobywany naturalny magnezyt.....	401
3.5.1	System zarządzania środowiskowego (EMS)	403
3.5.2	Ogólne podstawowe środki/techniki - monitorowanie	404
3.5.3	Zużycie energii.....	404
3.5.4	Emisje pyłów.....	405
3.5.4.1	Rozproszone emisje pyłów	405
3.5.4.2	Skanalizowane emisje pyłów powstające w trakcie czynności powodujących zapylenie.....	405
3.5.4.3	Emisje pyłów podczas procesu wypalania w piecu.....	405
3.5.5	Substancje gazowe	406
3.5.5.1	Ogólne podstawowe środki/techniki redukcji emisji substancji gazowych.....	406

3.5.5.2	Emisje NOx	406
3.5.5.3	Emisje CO i piki CO	406
3.5.5.3.1	Emisje CO	406
3.5.5.3.2	Redukcja pików CO	407
3.5.5.4	Emisje SOx	407
3.5.6	Straty/odpady procesowe	408
3.5.7	Hałas	408
3.5.8	Wykorzystanie odpadów jako paliw i/lub surowców	408
3.6	Nowe techniki	409
3.7	Wnioski i zalecenia	410
REFERENCJE		414
GLOSARIUSZ POJĘĆ I SKRÓTÓW		423
4 ZAŁĄCZNIKI		431
4.1	Przepisy Komisji Europejskiej dotyczące ochrony środowiska mające zastosowanie w produkcji cementu i wapna w krajach UE-27	431
4.2	Załącznik dotyczący produkcji cementu	431
4.2.1	Grupy odpadów używanych jako paliwa według CEMBUREAU w porównaniu z Europejskim Katalogiem odpadów EWC	431
4.2.2	Produkcja cementu – dane z poszczególnych zakładów	436
4.2.2.1	Przykłady rodzajów używanych odpadów, ich wpływ na emisje, zachowanie i wartości stężeń substancji w odpadach (kryteria wejścia)	436
4.2.2.1.1	Przykłady zakresów stężeń substancji w odpadach / kryteria wejścia odpadów	441
4.2.2.2	Przykłady zużycia energii	448
4.2.2.3	Przykłady danych dotyczących emisji	448
4.2.3	Produkcja cementu - Kogeneracja / odzysk ciepła odpadowego	452
4.2.3.1	Kogeneracja energii elektrycznej poprzez tradycyjne procesy obiegu pary wodnej – w cementowni w Slite w Szwecji	452
4.2.3.2	Kogeneracja w procesie organicznego cyklu Rankine'a (ORC) - cementownia w Lengfurt w Niemczech	453
4.2.4	Produkcja cementu - przykłady redukcji NOx przy użyciu wysokowydajnej techniki SNCR	454
4.2.4.1	Przykład technologii SNCR stosowanej w Szwecji	455
4.2.4.2	Przykład technologii SNCR stosowanej w Niemczech	459
4.2.5	Produkcja cementu- przykład redukcji NOx przy użyciu technologii SCR	460
4.2.6	Produkcja cementu - wytyczne w zakresie kontroli pików CO	465
4.2.6.1	Założenia dotyczące zmniejszenia przerw operacyjnych - pików CO	465
4.2.6.2	Strategia uzyskiwania minimalizacji poziomu CO	466
4.2.6.3	System monitorowania CO	466
4.2.6.4	Działania, które należy podjąć w przypadku wystąpienia pików CO	467
4.2.6.5	CO i CH4 w filtrach tkaninowych	467
4.3	Załącznik - produkcja wapna	468
4.3.1	Produkcja wapna - rozkład stężeń metali w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27	468
4.3.2	Produkcja wapna – szczegółowe dane zakładów	475
4.3.2.1	Przykłady właściwości surowców	475
4.3.2.2	Stosowanie odpadów jako paliwa - przykłady dopuszczalnych zawartości zanieczyszczeń w odpadach	477
4.3.2.3	Przykłady danych dotyczących zużycia i emisji	478
4.3.3	Produkcja wapna - przykład dotyczący transportu olejów odpadowych w piecu szybowym (OK)	484

4.3.4	Produkcja wapna – przykład kontroli jakości paliw odpadowych stałych spalanych w piecach obrotowych	486
4.3.5	Produkcja wapna - przykład stosowania DeNOx za pomocą technologii SNCR w piecach obrotowych z podgrzewaczem (PRK)	489

Spis rysunków

Rysunek 1.1: Produkcja cementu w krajach UE-27 i na świecie od 1950 do 2006 r.	1
Rysunek 1.2: Szacowane zatrudnienie w przemyśle cementowym w UE od 1975 do 2005 r.	2
Rysunek 1.3: Produkcja cementu włącznie z eksportem klinkieru i zużyciem cementu w UE-25	3
Rysunek 1.4: Ogólny przegląd procesu produkcji cementu	13
Rysunek 1.5: Przykład zadaszonych składników surowców	15
Rysunek 1.6: Potrójny CaO, SiO ₂ i Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ schemat klinkieru cementu oraz składników popiołu różnych surowców i spalin	23
Rysunek 1.7: Odpady niebezpieczne impregnowane trociny	25
Rysunek 1.8: Specjalnie przygotowane paliwo odpadowe np. na bazie papieru	25
Rysunek 1.9: Specjalnie przygotowane odpady z gospodarstw domowych wykorzystywane jako paliwo w piecach cementowych	25
Rysunek 1.10: Schemat podgrzewacza/prekalcynatora/rusztu chłodnika pieca	16
Rysunek 1.11: Przykład wielokanałowego palnika	17
Rysunek 1.12: Podgrzewacz rusztowy	18
Rysunek 1.13: Podgrzewacz w stanie zawieszenia	19
Rysunek 1.14: Podgrzewacz w stanie zawieszenia z prekalcynatorem	19
Rysunek 1.15: Profile temperatury gazów i cząstek stałych w systemie pieca z podgrzewaczem cyklonowym	21
Rysunek 1.16: Przykład odrębnej linii/ kalcynatora zstępującego	21
Rysunek 1.17: Przykład punktów podawania odpadów do kalcynatora	21
Rysunek 1.18: Przykład chłodnika planetarnego	23
Rysunek 1.19: Bilans materiałowy produkcji 1 kg cementu metodą suchą	30
Rysunek 1.20: Odpady stosowane jako surowce w 20 krajach UE-27	32
Rysunek 1.21: Wykorzystanie energii z paliwa w UE-25 w przemyśle cementowym w 2004 roku	33
Rysunek 1.22: Zużycie różnych typów odpadów niebezpiecznych i innych niż niebezpieczne wykorzystywanych jako paliwo w piecach cementowych w krajach UE-27	38
Rysunek 1.23: Zakres wartości emisji przy ciągłych pomiarach pyłu w czystym gazie z 253 pieców obrotowych w krajach EU-27 oraz EU 23+	43
Rysunek 1.24: Zakres wartości emisji pyłów ze 180 miejscowych pomiarów pyłu w czystym gazie z pieców obrotowych w krajach EU-27 oraz EU 23+	43
Rysunek 1.25: Emisje NO _x (wyrażone jako NO ₂) z pieców cementowych w krajach EU-27 oraz EU-23+ w 2004 r. skategoryzowane według stopy ekwiwalentu	50
Rysunek 1.26: Rozkład pomiarów skategoryzowany według stopy ekwiwalentu cieplnego poziomów NO _x	50
Rysunek 1.27: Osiągnięte poziomy emisji NO _x przy użyciu chłodzenia płomienia w kilku cementowniach w krajach EU-23+	52
Rysunek 1.28: Osiągnięte zakresy emisji NO _x z kilku cementowni w UE-23 + niestosujących	52
Rysunek 1.29: Emisje NO _x osiągnięte przez kilka cementowni przy zastosowaniu SNCR w celu redukcji NO _x	53
Rysunek 1.30: Zakresy emisji NO _x osiągnięte przez kilka cementowni bez użycia SNCR	53
Rysunek 1.31: Schemat cyklu siarki w podgrzewaczu/prekalcynatorze cementowym pieca	54
Rysunek 1.32: Wartości pomiarów SO ₂ w czystym gazie z zakładów cementowych w krajach UE-27 i EU-23+	57
Rysunek 1.33: Rozkład pomiarów skategoryzowany przez ekwiwalent cieplny SO ₂	57
Rysunek 1.34: Wartości stężenia misji CO mierzone w czystym gazie z 29 niemieckich piecach obrotowych w 2004 r.	59
Rysunek 1.35: Wartości emisji TOC z ciągłych pomiarów w czystym gazie z pieców cementowych w krajach UE-27 i UE-23 +	60
Rysunek 1.36: Dystrybucja pomiarów ciągłych skategoryzowana przez stopę ekwiwalentu cieplnego	60

Rysunek 1.37: Całkowite wartości stężenia emisji węgla organicznego mierzone w czystym gazie z 27 niemieckich pieców obrotowych w 2004 r.	61
Rysunek 1.38: Emisje PCDD / F w krajach UE-27 i UE-23 + w 2004 roku skategoryzowane przez stopę ekwiwalentu cieplnego	62
Rysunek 1.39: Rozkład pomiarów punktowych skategoryzowana przez stopę ekwiwalentu cieplnego poziomów PCDD/F z pieców cementowych w krajach UE-27 i UE-23 +	63
Rysunek 1.40: Emisje PCDD / F mierzone w czystym gazie z 39 niemieckich pieców obrotowych w 2004 r.	63
Rysunek 1.41: Ścieżka metali w piecach cementowych z podgrzewaczem w procesie suchym	64
Rysunek 1.42: Wartości emisji kadmu i talu z 262 miejsc Σ (Cd, Tl) mierzonych w krajach UE-27 i UE-23 +	66
Rysunek 1.43: Rozkład pomiarów skategoryzowanych przez stopę ekwiwalentu cieplnego poziomów Σ (Cd, Tl)	66
Rysunek 1.44: Wartości emisji z pomiarów punktowych Σ (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V) w krajach UE-27 i UE-23 +	67
Rysunek 1.45: Rozkład pomiarów skategoryzowanych przez stopę ekwiwalentu cieplnego poziomów Σ (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V) [91, CEMBUREAU, 2006]	67
Rysunek 1.46: Wartości emisji rtęci z 306 pomiarów miejscowych w krajach UE-27 i UE-23+	69
Rysunek 1.47: Wartości emisji rtęci z 306 pomiarów miejscowych w krajach UE-27 i UE-23+	69
Rysunek 1.48: HCl wartości emisji z ciągłych HCl pomiarów w gazie czystym z 98 pieców cementowych w krajach UE-27 i UE-23 + krajach	71
Rysunek 1.49: Dystrybucja ciągłych pomiarów HCl skategoryzowanych przez stopę ekwiwalentu cieplnego	71
Rysunek 1.50: Wartości emisji z 233 miejsc pomiarów w gazie czystym pieców obrotowych w krajach UE-27 i UE-23 +	72
Rysunek 1.51: Dystrybucja pomiarów punktowych HCl skategoryzowanych przez stopę ekwiwalentu cieplnego poziomów HCl	72
Rysunek 1.52: Emisje gazowych nieorganicznych związków chloru, określanych jako HCl, mierzonych w czystym gazie z 38 niemieckich pieców obrotowych w 2004 r.	73
Rysunek 1.53: Wartości emisji z ciągłego pomiaru emisji HF w gazie z pieców obrotowych w krajach UE-27 i UE-23 +	74
Rysunek 1.54: Dystrybucja ciągłych pomiarów emisji HF skategoryzowana przez poziom ekwiwalentu cieplnego poziomów HF	74
Rysunek 1.55: Wartości emisji na podstawie miejscowych pomiarów HF w czystym gazie pieców obrotowych w krajach UE-27 i UE-23 +	75
Rysunek 1.56: Rozkład pomiarów punktowych HF skategoryzowany przez stopę substytucji poziomów HF	75
Rysunek 1.57: Emisje gazowych nieorganicznych związków fluoru, określonych jako HF, mierzone w czystym gazie z 38 niemieckich pieców obrotowych w 2004 r.	76
Rysunek 1.58: Emisje amoniaku w szwedzkiej cementowni wyposażonej w płuczkę SO _x	77
Rysunek 1.59: Stężenia emisji benzenu mierzone w 17 niemieckich piecach obrotowych	78
Rysunek 1.60: Przykład filtra tkaninowego i materiału filtrującego wykorzystanego w zakładzie cementowym w Zjednoczonym Królestwie	107
Rysunek 1.61: Filtr hybrydowy zbierający pył	111
Rysunek 1.62: Metody wtrysku używane do chłodzenia płomieni w produkcji cementu w krajach UE 23+	115
Rysunek 1.63: Charakterystyka instalacji wykorzystujących chłodzenie płomieni w krajach UE-23+	116
Rysunek 1.64: Charakterystyka zakładu cementowego stosującego SNCR w krajach UE-23+	122
Rysunek 1.65: Nośniki azotu/czynniki NH ₂ -X wykorzystane w SNCR w krajach UE-23+	123
Rysunek 1.66: Przykład instalacji SCR	129
Rysunek 1.67: Przykład pojedynczego katalizatora wykorzystanego w technice SCR	129
Rysunek 1.68: Przykład pozycji modułu wykorzystanego w technice SCR	129
Rysunek 1.69: Podstawowe zasady działania mokrej płuczki wieżowej.	134

Rysunek 1.70: Ciągły rozwój w modelu EMS.....	152
Rysunek 1.71: Piec cementowy ze złożem fluidalnym	171
Rysunek 2.1: Produkcja wapna i dolomitu w krajach UE-27 w 2004 r.	180
Rysunek 2.2: Produkcja wapna komercyjnego wg rodzaju pieca w krajach UE-27 w 2004 r.	184
Rysunek 2.3: Produkcja komercyjnego dolomitu kalcynowanego wg rodzaju pieca w krajach EU-27 w 2004 r.	185
Rysunek 2.4: Produkcja komercyjnego dolomitu przepalonego wg rodzaju pieca w krajach EU-27 w 2004 r.	185
Rysunek 2.5: Schemat procesu produkcji wapna.....	189
Rysunek 2.6: Diagram kamieni węglanych w produkcji wapna.....	190
Rysunek 2.7: Schemat procesu produkcji wapna.....	192
Rysunek 2.8: Schemat przepływu materiałów przy płukaniu wapienia i oczyszczaniu wody	209
Rysunek 2.9: Rodzaje paliw wykorzystywane w procesie wypalania w piecach wapienniczych w 2005 r. w krajach UE-27	210
Rysunek 2.10: Przykład systemu dozowania w piecu szybowym	211
Rysunek 2.11: Przykład systemu dozowania w piecach szybowych	212
Rysunek 2.12: Ilość wapna produkowanego z wykorzystaniem paliw odpadowych w różnych krajach europejskich	213
Rysunek 2.13: Rozkład pieców wapienniczych wykorzystujących paliwa odpadowe w różnych państwach europejskich	214
Rysunek 2.14: Widok od przodu paleniska wielokanałowego używanego w piecach obrotowych.....	215
Rysunek 2.15: Budowa paleniska RK	215
Rysunek 2.16: Zależności między piecami i rodzajami wapna produkowanego zazwyczaj w tych piecach	221
Rysunek 2.17: Morfologia wapna lekko, średnio i mocno palonego	222
Rysunek 2.18: Główne zasady kalcynacji wapna	223
Rysunek 2.19: Schemat pracy hydratora wapienniczego	226
Rysunek 2.20: Zasady działania pieca szybowego na wsad mieszany.....	232
Rysunek 2.21: Piec szybowy na wsad mieszany	232
Rysunek 2.22: Zasady działania pieca PFRK	234
Rysunek 2.23: Przykład pieca PFRK	234
Rysunek 2.24: Podstawowe zasady działania i przepływu gazu w piecach PFRK	235
Rysunek 2.25: Piec szybowy pierścieniowy	238
Rysunek 2.26: Przykład pieca szybowego	238
Rysunek 2.27: Zasady działania pieca szybowego pierścieniowego (ASK).....	239
Rysunek 2.28: Piec szybowy dwuskośny	242
Rysunek 2.29: Schemat procesu kalcynacji w stanie zawieszenia	243
Rysunek 2.30: Zasady działania długiego pieca obrotowego	245
Rysunek 2.31: Przykład długiego pieca obrotowego używanego w przemyśle wapienniczym	246
Rysunek 2.32: Piec obrotowy z podgrzewaczem (PRK).....	248
Rysunek 2.33: Zasady działania pieca obrotowego z podgrzewaczem (PRK)	250
Rysunek 2.34: Przykład pieca obrotowego z podgrzewaczem	251
Rysunek 2.35: Emisje pyłu dla różnych rodzajów pieców wapienniczych wykorzystujących różne technologie obniżające emisje w krajach UE (pomiar punktowy jako wartości pomiaru półgodzinnego)	263
Rysunek 2.36: Emisje NOx dla różnych rodzajów pieców wapienniczych w krajach UE (pomiar punktowy jako wartości pomiaru półgodzinnego)	265
Rysunek 2.37: Emisje SO2 z różnych rodzajów pieców wapienniczych wykorzystujących paliwa kopalne w krajach UE-27 (pomiar punktowy przy pomiarze półgodzinnym)	268
Rysunek 2.38: Emisje SO2 z różnych rodzajów pieców wapienniczych wykorzystujących paliwa kopalne i paliwa odpadowe w krajach UE-27 (pomiar punktowy przy pomiarze półgodzinnym) ..	269
Rysunek 2.39: Emisje CO z różnych rodzajów pieców wapienniczych używanych w krajach UE-27	272

Rysunek 2.40: Reakcje chemiczne i zużycie energii w piecu szybowym na wsad mieszany (testowanie reaktywności – Boudouard reaction).....	274
Rysunek 2.41: Emisje TOC z różnych rodzajów pieców wapienniczych używanych w krajach UE-27 ..	276
Rysunek 2.42: Emisje HCl z różnych rodzajów pieców wapienniczych używanych w krajach UE-27 ..	279
Rysunek 2.43: Schemat tradycyjnego elektrofiltru (ESP)	302
Rysunek 2.44: Schemat filtra tkaninowego z systemem czyszczenia strumieniowego.....	305
Rysunek 2.45: Schemat przykładowej kaskadowej płuczki mokrej do gazów wylotowych	308
Rysunek 2.46: Koszty inwestycyjne jako funkcja wydajności pieców z filtrami elektrostatycznymi i filtrami tkaninowymi – EU-27	311
Rysunek 2.47: Symulacja kosztów odpylania jako funkcja emisji pyłów z pieca obrotowego	312
Rysunek 2.48: Symulacja kosztów utrzymania systemów odpylających jako funkcja emisji pyłów z pieca PFRK i filtrów tkaninowych – UE-27	313
Rysunek 2.49: Symulacja kosztów utrzymania systemów odpylających jako funkcja przedziałów emisji pyłów z pieca PFRK i filtrów tkaninowych we Włoszech w 2007 r.	314
Rysunek 2.50: Ograniczenie emisji NOx w zależności od temperatur	323
Rysunek 2.51: Schemat emisji PCDD/F w poziomych piecach wapienniczych.....	331
Rysunek 2.52: Schemat emisji PCDD/F w piecach obrotowych (LRK, RPK)	333
Rysunek 2.53: Kalcynacja w złożu fluidalnym	354
Rysunek 2.54: Schemat techniki oczyszczania po spalaniu	356
Rysunek 3.1: Światowe źródła tlenku magnezu i kraje producentów	363
Rysunek 3.2: Produkcja surowego magnezytu w UE-25 i na świecie	363
Rysunek 3.3: Światowa produkcja odmian tlenku magnezu w 2003	365
Rysunek 3.4: Specyficzne dla poszczególnych sektorów zużycie magnezytu na świecie w 2003	368
Rysunek 3.5: Światowe zapotrzebowanie na magnezję w celu produkcji materiałów ogniotrwałych stosowanych w przemyśle stalowym.....	368
Rysunek 3.6: Schemat procesu metody naturalnej w przypadku produkcji magnezytu.....	371
Rysunek 3.7: Schemat przykładowego procesu produkcji magnezytu z wykorzystaniem metody suchej z zakładu DBM	373
Rysunek 3.8: Ścieżka magnezytu grubo- i drobnociarnistego w produkcji magnezytu	374
Rysunek 3.9: Zasada działania pieca obrotowego z podgrzewaczem w produkcji magnezytu	375
Rysunek 3.10: Zasada działania długich pieców obrotowych w produkcji magnezytu	376
Rysunek 3.11: Zasada działania pieca szybowego w produkcji magnezytu	377
Rysunek 3.12: Zasada działania podwójnych pieców szybowych stosowanych w produkcji magnezytu ..	378
Rysunek 3.13: Porównanie paliw ze względu na określone koszty i zawartość siarki.....	389
Rysunek 4.1: Schemat przepływu w dwuetapowym systemie odzyskiwania ciepła na bazie wody do systemu kogeneracji energii w cementowni Slite w Szwecji	452
Rysunek 4.2: Schemat systemu odzyskiwania energii ze spalania odpadów z wykorzystaniem przepływu pentanu w ramach kogeneracji energii w zakładzie Lengfurt w Niemczech.....	454
Rysunek 4.3: Schemat procesu produkcji cementu w Slite (Szwecja)	455
Rysunek 4.4: Schemat podawania roztworu NH ₃ w technologii SNCR w cementowni Slite w Szwecji	456
Rysunek 4.5: Schemat i plan dyszy do podawania roztworu NH ₃ w technologii SNCR w cementowni w Skövde w Szwecji.....	456
Rysunek 4.6: Emisja NO _x a zużycie wody amoniakalnej w cementowni w Slite i Skövde w Szwecji od 1995 do 2005 r.	456
Rysunek 4.7: Emisja NH ₃ i zużycie wody amoniakalnej dla dwóch pieców cementowych w cementowni Slite w Szwecji od 1994 do 2005 r.	458
Rysunek 4.8: Wysokowydajna technologia SNCR i miejsce wstrzykiwania wody amoniakalnej przez lance w punktach nr 21 do 26	459
Rysunek 4.9: Schemat przykładowego zakładu SCR w Niemczech (Solnhofer Portland Zementwerke).....	461
Rysunek 4.10: Rozkład stężeń arsenu w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27	468
Rysunek 4.11: Rozkład stężeń kadmu w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27	468
Rysunek 4.12: Rozkład stężeń kobaltu w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27	469

Rysunek 4.13: Rozkład stężeń chromu w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27	469
Rysunek 4.14: Rozkład stężeń miedzi w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27	470
Rysunek 4.15: Rozkład stężeń rtęci w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27	470
Rysunek 4.16: Rozkład stężeń manganu w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27	471
Rysunek 4.17: Rozkład stężeń niklu w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27	471
Rysunek 4.18: Rozkład stężeń ołowiu w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27	472
Rysunek 4.19: Rozkład stężeń antymonu w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27	472
Rysunek 4.20: Rozkład stężeń seleniu w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27	473
Rysunek 4.21: Rozkład stężeń cyny w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27	473
Rysunek 4.22: Rozkład stężeń telluru w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27	474
Rysunek 4.23: Rozkład stężeń talu w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27	474
Rysunek 4.24: Rozkład stężeń wanadu w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27	475
Rysunek 4.25: Rozkład stężeń cynku w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27	475
Rysunek 4.26: Schemat obiegu oleju odpadowego - począwszy od dostawy do pieca szybowego (OK)	485
Rysunek 4.27: Stacja pomp z filtrami i pojemnikami na odpady z czyszczenia filtra	485
Rysunek 4.28: Stacja pomiarów i dozowania numer 2 z zaworami pneumatycznymi	485
Rysunek 4.29: Położenie punktów wtrysku i punktów połączeń dla SNCR w zakładzie produkcji wapna Flandersbach w Niemczech	490

Spis tabel

Tabela 1.1: Światowa produkcja cementu według regionów geograficznych w 2006 r.	2
Tabela 1.2: Liczba zakładów cementowych w krajach UE-27	4
Tabela 1.3: Krajowe dostawy ze względu na rodzaj cementu w UE-25.....	5
Tabela 1.4: Europejski standard w EU-27 dla typów cementu i ich składu	i
Tabela 1.5: Skład chemiczny szarego cementu	8
Tabela 1.6: Przykłady składów chemicznych białego klinkieru cementowego	9
Tabela 1.7: Zużycie paliwa wyrażone jako procent ciepła generowanego przez przemysł cementowy w UE-27.....	9
Tabela 1.8: Analiza chemiczna materiałów surowcowych oraz cementowej mączki surowcowej do produkcji.....	13
Tabela 1.9: Metale w materiałach surowcowych oraz mączce surowcowej	14
Tabela 1.10: Przykłady składu chemicznego materiałów surowcowych do produkcji klinkieru cementu białego	15
Tabela 1.11: Analizy chemiczne metali w węglu	17
Tabela 1.12: Rodzaje odpadów najczęściej używanych jako surowce w europejskim przemyśle cementowym	21
Tabela 1.13: Przykładowa lista odpadów wykorzystywanych jako surowce klasyfikowane według ich właściwości chemicznych i stosowanych w piecach cementowych w krajach UE-25	22
Tabela 1.14: Różne rodzaje odpadów wykorzystywane jako paliwa w piecach cementowych w UE-27 w latach 2003 i 2004.....	24
Tabela 1.15: Zużycie materiałów surowcowych w produkcji cementu	31
Tabela 1.16: Odpady wykorzystywane jako surowce charakteryzowane przez pierwiastki chemiczne stosowane w przemyśle produkcji cementu w UE-27 w 2003 i 2004 r.....	32
Tabela 1.17: Przykłady energii cieplnej wymaganej do suszenia mączki surowcowej.....	32
Tabela 1.18: Wykorzystanie energii paliwa w produkcji cementu w UE-27	33
Tabela 1.19: Porównanie technik przemiału w oparciu o kluczowe cechy	35
Tabela 1.20: Przykłady wartości opałowych dla różnych rodzajów odpadów wykorzystywanych jako paliwa w UE-27	36
Tabela 1.21: Zużycie różnych typów odpadów wykorzystywanych jako paliwa w piecach cementowych w UE-27 w 2003 i 2004 roku	37
Tabela 1.22: Substytucja paliw wtórnych do produkcji cementu w krajach UE-23+	39
Tabela 1.23: Dane dotyczące zakresu emisji z pieców cementowych Europy	41
Tabela 1.24: Przykłady typów systemu wykorzystywanych do odpylania, dane operacyjne i zapotrzebowanie na energię	45
Tabela 1.25: Przykłady częstotliwości pików CO w niemieckich cementowniach.....	45
Tabela 1.26: Badanie dystrybucji drobnego pyłu w pyłe ogółem z niemieckich pieców cementowych	46
Tabela 1.27: Przykłady stężenia pyłu surowego gazu według modelu RAINS	47
Tabela 1.28: Przykłady technik redukcji pyłu oraz efektywność redukcji wg modelu RAINS	48
Tabela 1.29: Zakresy pomiarów zawartości metali ciężkich w czystym gazie z systemów pieca cementowego od roku 1996 do 1998.....	68
Tabela 1.30: Poszczególne informacje dla każdego środka/techniki wymienionej w niniejszym ustępie ..	85
Tabela 1.31: Przegląd środków/technik mających na celu kontrolę pyłu w procesie produkcji cementu	104
Tabela 1.32: Najważniejsze cechy charakterystyczne różnych filtrów włącznie z kosztami.....	108
Tabela 1.33: Środki/techniki redukcji emisji NO _x wykorzystane w przemyśle cementowym w krajach UE-27 oraz UE-23+	113
Tabela 1.34: Środki/techniki redukcji emisji NO _x występujące w procesie produkcji cementu	114
Tabela 1.35: Parametry, emisje i odnotowane koszty SCR.....	129
Tabela 1.36: Lista technik kontroli i redukcji SO ₂	131

Tabela 1.37: Techniki zapobiegania dla redukcji SO ₂ wykorzystywane w krajach UE-27 oraz UE-23+ w roku 2008	132
Tabela 1.38: Przykładowe środki/techniki zapobiegające pikom CO z ESP	139
Tabela 1.39: Przykładowe koszty środków/technik ograniczających pył	145
Tabela 1.40: Przykładowe koszty środków/technik ograniczających NO _x	148
Tabela 1.41: Przykładowe koszty środków/technik ograniczających SO _x	149
Tabela 1.42: Związane z BAT poziomy emisji NO _x z gazów kominowych powstałych w procesie spalania w piecu i/lub procesów podgrzewania/prekalcynacji w przemyśle cementowym	167
Tabela 1.43: Poziomy emisji związane z BAT dla SO _x z pyłów z gazów powstałych podczas spalania w piecu i / lub procesów podgrzewania/prekalcynacji w przemyśle cementowym	167
Tabela 1.44: Związane z BAT poziomy emisji dla metali z gazów kominowych powstających podczas procesów spalania w piecu	170
Tabela 2.1: Wapno – uniwersalny środek – niektóre zastosowania przemysłowe	179
Tabela 2.2: Szacunkowa światowa produkcja wapna niegaszonego i dolomitowego w 2006 r. w krajach grupy UE-27, w tym produkcja na potrzeby własne	179
Tabela 2.3: Podział wapna na potrzeby sprzedaży wg sektorów w krajach UE-27 w 2004 r.	181
Tabela 2.4: Tendencja wykorzystania surowców wapiennych i dolomitycznych w latach 2003 – 2030 ..	181
Tabela 2.5: Nomenklatura wapna, numery WE i CAS	182
Tabela 2.6: Liczba fabryk zajmujących się produkcją na użytek zewnętrzny w państwach członkowskich UE-27, z produkcją przekraczającą 50 ton na dzień – ogółem od 2003	183
Tabela 2.7: Liczba działających pieców wapiennicznych wg rodzaju w 2004 r. w krajach UE-27	183
Tabela 2.8: Liczba pieców wapiennicznych wg kraju w UE-27 w 2003 r. używanych do produkcji wapna i dolomitu kalcynowanego, bez pieców wykorzystywanych do produkcji na potrzeby własne	186
Tabela 2.9: Udział rodzajów paliw w europejskim przemyśle wapiennicznym w 2003 r.	187
Tabela 2.10: Typowe zanieczyszczenia i pierwiastki śladowe w wapieniu	193
Tabela 2.11: Rodzaje paliw stosowanych w różnych piecach wapiennicznych w 2003 r. w krajach UE-27	209
Tabela 2.12: Rodzaje paliw odpadowych używanych w różnych krajach europejskich	215
Tabela 2.13: Komponenty paliw odpadowych ciekłych i stałych	216
Tabela 2.14: Paliwa odpadowe używane w różnych piecach wapiennicznych	217
Tabela 2.15: Parametry operacyjne różnych rodzajów pieców wapiennicznych	228
Tabela 2.16: Zależność między piecami i rodzajami wapna produkowanego w tych piecach	229
Tabela 2.17: Orientacyjne specyfikacje wapna wg grup konsumentów	230
Tabela 2.18: Główna charakterystyka techniczna pieców szybowych na wsad mieszany	233
Tabela 2.19: Charakterystyka techniczna współprądowych pieców regeneracyjnych	237
Tabela 2.20: Charakterystyka techniczna pieców szybowych pierścieniowych	240
Tabela 2.21: Charakterystyka techniczna długich pieców obrotowych (LRK)	246
Tabela 2.22: Charakterystyka techniczna pieców obrotowych z podgrzewaczem (PRK)	252
Tabela 2.23: Typowe zużycie ciepła i energii w różnych typach pieców w krajach UE-27 przy produkcji wapna i dolomitu kalcynowanego	258
Tabela 2.24: Przykłady typowych emisji z pieców wapiennicznych w Europie	261
Tabela 2.25: Współczynniki emisji CO ₂ z różnych rodzajów pieców w przemyśle wapiennicznym	271
Tabela 2.26: Średnie emisje PCDD/F dla różnych rodzajów pieców w krajach UE-27	277
Tabela 2.27: Typowe emisje HCl i HF z różnych rodzajów pieców wapiennicznych w krajach UE-27 ..	278
Tabela 2.28: Liczba zakładów osiągających różne poziomy emisji metali w krajach UE-27	282
Tabela 2.29: Specyfikacja jakości oleju odpadowego używanego w niemieckich piecach szybowych ..	283
Tabela 2.30: Poszczególne pomiary emisji z pieca szybowego opalanego olejem odpadowym w Niemczech	284
Tabela 2.31: Stałe pomiary emisji dokonane w 2006 r. z pieca obrotowego opalanego paliwem stałym w Niemczech	285
Tabela 2.32: Okresowe pomiary poszczególnych emisji dokonane w 2006 r. w Niemczech, piec obrotowy opalany paliwami stałymi	285

Tabela 2.33: Rozkład informacji dla każdego działania/techniki opisanej w niniejszym rozdziale	289
Tabela 2.34: Przegląd środków/technik stosowanych w przemyśle wapienniczym	291
Tabela 2.35: Przykładowe możliwości poprawy efektywności energetycznej w piecach wapienniczych	294
Tabela 2.36: Przegląd technik kontrolowania emisji pyłów w procesie produkcji wapna	301
Tabela 2.37: Inwestycje i koszty technik obniżania emisji pyłów	316
Tabela 2.38: Proporcje różnych rodzajów kosztów zawartych w kosztach operacyjnych działań/technik ograniczających emisje.....	317
Tabela 2.39: Przegląd metod/technik obniżania emisji NOx stosowanych w przemyśle wapienniczym	318
Tabela 2.40: Teoretyczne dane operacyjne dla procesu SNCR.....	324
Tabela 2.41: Teoretyczne przedziały temperatur i wskaźników redukcji niezbędnych do zastosowania procesu SCR.....	326
Tabela 2.42: Poziomy zużycia energii cieplnej zgodne z BAT w przemyśle wapienniczym (dla wapna i dolomitu kalcynowanego).....	345
Tabela 2.43: Najlepsze dostępne techniki BAT dla poziomów emisji NOx z gazów odlotowych powstających w procesach opalania pieców w przemyśle wapienniczym	349
Tabela 2.44: Najlepsze dostępne techniki BAT dla poziomów emisji SOx z gazów odlotowych powstających w procesach opalania pieców w przemyśle wapienniczym	349
Tabela 2.45: Najlepsze dostępne techniki BAT dla poziomów emisji CO z gazów odlotowych powstających w procesach opalania pieców	350
Tabela 2.46: Najlepsze dostępne techniki BAT dla poziomów emisji TOC z gazów odlotowych powstających w procesach opalania pieców	351
Tabela 2.47: Najlepsze dostępne techniki BAT dla poziomów emisji metali z gazów odlotowych powstających w procesach opalania pieców	352
Tabela 2.48: Skład gazów przepływowych monitorowany przez kilka godzin	357
Tabela 3.1: Światowa produkcja surowego magnezytu (węglanu magnezu) od 2000 do 2005.....	364
Tabela 3.2: Światowa produkcja spiekane go tlenku magnezu/magnezji w 2003	364
Tabela 3.3: Producenci magnezji spiekanej w UE-27	365
Tabela 3.4: Produkcja magnezytu i magnezji z wykorzystaniem metody suchej w UE-25 w 2003	366
Tabela 3.5: Ilości magnezji i dwutlenku węgla po rozkładzie	379
Tabela 3.6: Uzysk magnezji i dwutlenku węgla w magnezycie.....	380
Tabela 3.7: Wymogi paliwowe dla potrzeb produkcji jednej tony magnezji (MgO)	380
Tabela 3.8: Przykłady zależności między wielkością ziaren a zawartością siarki w surowcach	381
Tabela 3.9: Stężenia składników emisji powstające w przemyśle tlenku magnezu w UE-27	382
Tabela 3.10: Analiza informacji dla każdego środka/techniki opisanego w niniejszym rozdziale.....	386
Tabela 3.11: Powiązane z BAT poziomy emisji dla SOx z gazów odlotowych pochodzących z procesów wypalania w piecu w przemyśle magnezji	408
Tabela 4.1: Grupy paliw odpadowych wg CEMBUREAU w porównaniu do EWC	436
Tabela 4.2: Rodzaje i ilości odpadów oraz paliw odpadowych stosowanych w niemieckich cementowniach w 2004 r.....	436
Tabela 4.3: Ilość różnych rodzajów paliw używanych w niemieckim przemyśle cementowym	437
Tabela 4.4: Przykłady akceptowanych wartości różnych parametrów korzystania z odpadów przemysłowych i rozpuszczalników	437
Tabela 4.5: Dane eksploatacyjne z niemieckiego pieca cementowego opalanego przy użyciu paliw odpadowych (średnia z danych z okresu trzech dni).....	438
Tabela 4.6: Wyniki monitorowania emisji przez użycie odpadów paliwowych w niemieckim piecu cementowym	439
Tabela 4.7: Karta jakości paliwa odpadowego z Estonii	439
Tabela 4.8: Analiza cech z cementowni w Estonii.....	440
Tabela 4.9: Wymagania jakościowe dla odpadów z cementowni z Estonii	440
Tabela 4.10: Zużycie paliw z odpadów stosowanych w cementowniach w Estonii.....	441
Tabela 4.11: Wartości dopuszczalne zużycia odpadów w myśl różnych pozwoleń i przepisów w Austrii, Szwajcarii i Niemczech	442

Tabela 4.12: Przykłady wartości dopuszczalnych dla odpadów paliwowych dla różnych krajów / regionów na podstawie zezwoleń indywidualnych	442
Tabela 4.13: Przykłady wartości dopuszczalnych dla odpadów do wykorzystania jako surowce w różnych krajach / regionach	443
Tabela 4.14: Przykłady typowych zakresów stężeń metali z paliw odpadowych	443
Tabela 4.15: Przykłady kryteriów wejścia odpadów stosowanych w niemieckich cementowniach	444
Tabela 4.16: Przykłady kryteriów pozwoleń (maksymalne wartości) dla substancji w odpadach stosowanych w austriackiej cementowni	444
Tabela 4.17: Przykłady kryteriów zezwolenia (wartość środkowa i wartość 80%) dla substancji w odpadach wykorzystywanych w cementowniach w Austrii	445
Tabela 4.18: Przykłady kryteriów wejścia dla substancji, dla odpowiednich paliw używanych w cementowniach na bazie pozwoleń francuskich.....	446
Tabela 4.19: Przykłady kryteriów wejścia dla substancji, dla odpowiednich paliw używanych w cementowniach w Hiszpanii i Polsce	446
Tabela 4.20: Przykładowe dane techniczne i kryteria wejściowe dla odpadów	446
Tabela 4.21: Zużycie paliwa w austriackim przemyśle cementowym	448
Tabela 4.22: Przykłady różnych poziomów emisji w cementowniach Estonii w 2006 r. w porównaniu z dozwolonymi poziomami emisji	449
Tabela 4.23: Przykłady emisji pyłów PM ₁₀ i PM _{2,5} pochodzących z cementowni w Irlandii.....	450
Tabela 4.24: Ilości zanieczyszczeń w ściekach w cementowni w Estonii	450
Tabela 4.25: Podstawowe założenia na podstawie instalacji SCR w Niemczech	463
Tabela 4.26: Porównanie kosztów technik redukcji NOx metodami SNCR i SCR według niemieckiej agencji UBA dla niemieckich zakładów	463
Tabela 4.27: Kalkulacja kosztów ograniczania emisji NOx przy użyciu SCR dla niemieckiej cementowni o pojemności 1500 t / dzień	464
Tabela 4.28: Przykłady pierwotnych działań / technik zapobiegających powstawaniu pików CO z ESP.....	467
Tabela 4.29: Przykład składu surowcowego używanego w węgierskim zakładzie produkcji wapna.....	476
Tabela 4.30: Typowe zawartości zanieczyszczeń przyjęte dla olejów odpadowych rozpuszczalników, tłuszczów zwierzęcych i mączek zwierzęcych (mączki z tuszy) używanych w niemieckich zakładach wapienniczych.....	477
Tabela 4.31: Przykłady kryteriów zezwolenia (wartość środkowa i maksymalna) dla substancji z różnych paliw odpadowych używanych w niemieckich zakładach wapienniczych	478
Tabela 4.32: Dane eksploatacyjne i szczegółowe zapotrzebowanie na energię austriackich pieców w 2004 roku.....	479
Tabela 4.33: Zużycie energii przez różne rodzaje pieców wapienniczych w Hiszpanii	479
Tabela 4.34: Typowe przykłady emisji z pieców wapienniczych w Niemczech.....	480
Tabela 4.35: Przykłady emisji NOx obserwowane w państwach członkowskich UE.....	481
Tabela 4.36: Emisje z austriackich pieców wapienniczych	482
Tabela 4.37: Emisje pyłu, NOx, SOx, CO oraz CO2 z kilku fińskich zakładów wapienniczych wykorzystujących różne typy pieców wapienniczych od lat 1998 -2006.....	486
Tabela 4.38: Emisje metali z fińskiego zakładu wapienniczego.....	484
Tabela 4.39: Lista odpadów, które mogą być stosowane w niemieckich zakładach wapienniczych	487
Tabela 4.40: Średnie i maksymalne stężenie metali dla każdego rodzaju paliwa odpadowego	488
Tabela 4.41: Minimalne i maksymalne wartości kaloryczne dla każdego rodzaju paliwa odpadowego ..	488
Tabela 4.42: Przykłady środków / technik do zapewnienia jakości odpadów	488

ZAKRES

Niniejszy dokument dotyczy działalności przemysłowej określonej w sekcji 3.1 Załącznika I do dyrektywy 2008 / 1 / WE, a mianowicie: "3.1. Instalacje do produkcji klinkieru cementowego w piecach rotacyjnych o wydajności przekraczającej 500 ton dziennie lub do produkcji wapna w piecach rotacyjnych o wydajności przekraczającej 50 ton dziennie, albo w innych piecach o wydajności powyżej 50 ton dziennie."

Ten dokument dotyczy procesów związanych z produkcją cementu i wapna, a także wykorzystania odpadów jako surowca i / lub paliwa.

Ponadto, dokument ten obejmuje produkcję tlenku magnezu za pomocą procesu suchego w oparciu o naturalnie wydobywany magnezyt (węglan magnezu $MgCO_3$).

Proces mokry przy użyciu chlorku magnezu, jako materiału wyjściowego nie jest uwzględniony w niniejszym dokumencie ze względu na różnice w wykorzystaniu struktury procesu, technik oraz materiałów surowcowych. Proces ten jest opisany w Dokumencie Referencyjnym dotyczącym Najlepszych Dostępnych Technik dla Przemysłu Wielkotonazowych Chemikaliów Nieorganicznych – Substancji Stałych i Innych(LVIC- S) [108, Komisja Europejska, 2006].

Dyrektywa w sprawie spalania odpadów [59, Unia Europejska, 2000] definiuje (w art 3, pkt 5) współspalarnie, jako każdą stacjonarną lub ruchomą instalację, której głównym celem jest wytwarzanie energii lub produktów materialnych oraz:

- która wykorzystuje odpady, jako paliwo zwykle lub dodatkowe; lub
- w której odpady są poddawane obróbce termicznej mającej na celu ich usunięcie.

Jednakże, przemysł cementowy jest w stanie wykorzystać:

- paliwa wtórne z istotną wartością opałową; oraz
- materiały odpadowe nieposiadające istotnej wartości opałowej, ale posiadające składniki mineralne stosowane jako materiały surowcowe, które mają wkład w klinkier półproduktu; oraz
- odpady, które mają zarówno znaczące wartości spalania, jak i składniki mineralne [104, HOLCIM/GTZ, 2006].

Dlatego też, termin "współspalanie" nie jest adekwatny dla celów niniejszego dokumentu, ponieważ może nie obejmować wszystkich zastosowań odpadów w sektorze cementowym. Określenie "Wykorzystanie odpadów jako paliwa i / lub surowca" jest używane w celu omówienia wszystkich trzech procesów odzysku wymienionych powyżej.

Oprócz podstawowej działalności produkcyjnej z trzech rodzajów działalności przemysłowej, o których mowa powyżej, tj. cementu, wapna, tlenek magnezu, dokument ten obejmuje działania z nimi powiązane, które mogłyby mieć wpływ na emisje lub zanieczyszczenia. Tak więc, niniejszy dokument obejmuje działania od przygotowania surowców do wysyłki produktów gotowych.

Niektóre rodzaje działalności nie są opisane, ponieważ nie są uważane za bezpośrednio związane z podstawową działalnością. Na przykład, nie zostało wspomniane kopalnictwo oraz piece szybkie do produkcji klinkieru cementowego.

Główne działania objęte opisem są następujące:

- surowce - przechowywanie i przygotowanie
- paliwa - przechowywanie i przygotowanie
- wykorzystanie odpadów jako materiałów surowcowych i/lub paliwa, wymagania jakościowe, kontrola oraz przygotowanie
- systemy pieców, proces wypalania pieców oraz techniki redukcji emisji
- produkty - przechowywanie i przygotowanie
- pakowanie i wysyłka.

Należy zauważyć, że w 2006 r. dla sektorów objętych tym dokumentem (cementu, wapna i tlenku magnezu), zebrano dane dla UE-25. Ponadto w 2007 r., informacje i dane zostały częściowo zaktualizowane dla UE-27.

Struktura tego dokumentu

Z powodu tego, że dotyczy to różnych produktów i procesów, struktura tego dokumentu jest określana jak poniżej:

Część wstępna: Streszczenie, Przedmowa, Zakres niniejszego dokumentu
Rozdział 1 Ogólny opis przemysłu cementowego, łącznie z częścią ogólną, częścią dotyczącą procesu, oraz częścią dotyczącą najnowszych technik, jak również częścią końcową zawierającą wnioski i rekomendacje
Rozdział 2 Ogólny opis przemysłu wapienniczego, łącznie z częścią ogólną, częścią dotyczącą procesu, częścią dotyczącą najnowszych technik, jak również częścią końcową zawierającą wnioski i rekomendacje
Rozdział 3 Ogólny opis przemysłu tlenku magnezu, część dotycząca procesu suchego, łącznie z częścią ogólną, częścią dotyczącą procesu, oraz częścią dotyczącą najnowszych technik, jak również częścią końcową zawierającą wnioski i rekomendacje
Części dodatkowe: Odnosiniki literaturowe, Słownik, Załączniki

W rozdziałach od 1 do 3, standardowe sekcje BREF są budowane w sposób opisany w Przedmowie.

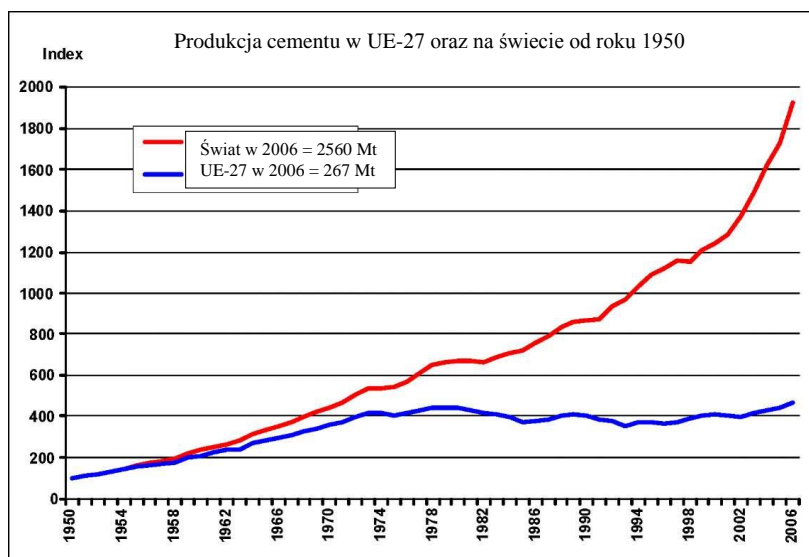
1 PRZEMYSŁ CEMENTOWY

1.1 Ogólne informacje dotyczące przemysłu cementowego

Cement jest drobno zmielonym, niemetalicznym, nieorganicznym proszkiem, a po zmieszaniu z wodą tworzy pastę, która zastyga i twardnieje. To hydrauliczne twardnienie jest skutkiem powstawania wodzianów krzemianu wapnia w wyniku reakcji po zmieszaniu wody i składników cementu. W przypadku cementów glinowych, twardnienie hydrauliczne polega na powstawaniu wodzianów glinianu wapnia.

Cement jest podstawowym materiałem w budownictwie i inżynierii lądowej. W Europie wykorzystanie cementu i betonu (mieszaniny cementu, kruszywa, piasku i wody) w dużych pracach publicznych ma swoje początki w starożytności. Cement portlandzki, najczęściej używany typ cementu w budownictwie betonowym, został opatentowany w 1824 roku. Produkcja przemysłu cementowego jest bezpośrednio związana ze stanem budownictwa w ogóle, a więc ściśle podąża za ogólną sytuacją gospodarczą.

Jak pokazano na rysunku 1.1, produkcja cementu na świecie stale rośnie od 1950 roku, na większą skalę w krajach rozwijających się, szczególnie w Azji, co stanowi lwią część wzrostu produkcji cementu na świecie w 1990 roku.



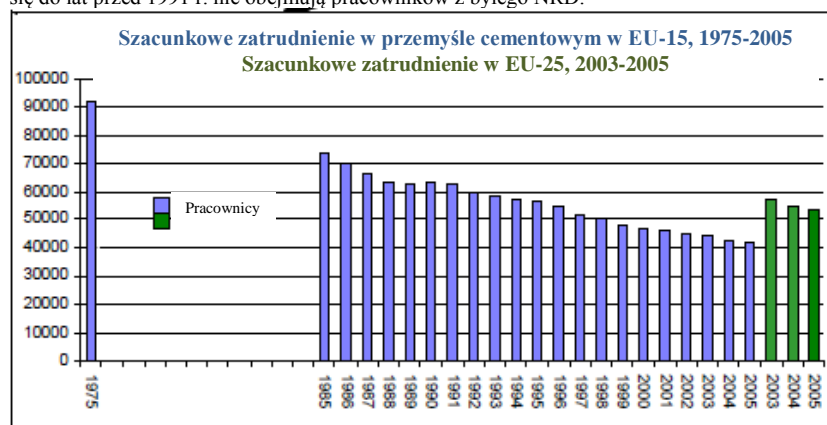
Rysunek 1.1: Produkcja cementu w krajach UE-27 i na świecie od 1950 do 2006 r. [72, CEMBUREAU, 2006-2008,], [168, TWG CLM, 2007]

W 2006 roku światowa produkcja cementu wyniosła 2,54 milionów ton. Tabela 1.1 przedstawia rozkład produkcji cementu według regionów geograficznych.

Region	Jednostka	2006	Region	Jednostka	2006
Chiny	%	47,4	USA	%	3,9
Indie	%	6,2	Inne w Ameryce	%	5,8
Japonia	%	2,7	Afryka	%	4,0
Inne w Azji	%	13,2	WPN	%	3,4
EU-27	%	10,5	Oceania	%	0,4
Inne w Europie	%	2,5			

Tabela 1.1: Światowa produkcja cementu według regionów geograficznych w 2006 r.
[72, CEMBUREAU, 2006-2008,]

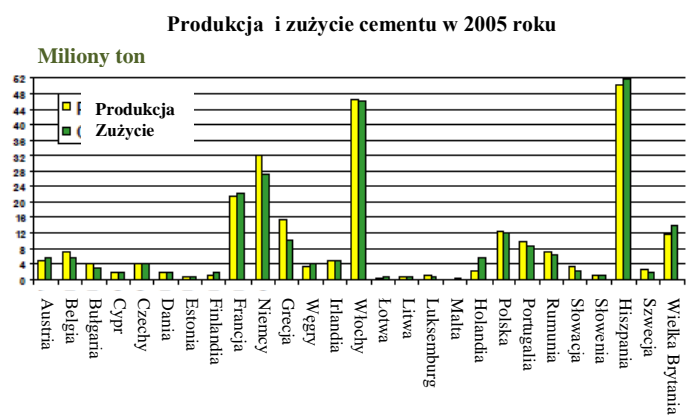
Producenci w Unii Europejskiej zwiększyli produkcję cementu na osobę rocznie od 1700 ton w 1970 r. do 3500 ton w 1991 roku. Ten wzrost wydajności jest rezultatem wprowadzenia większych jednostek produkcyjnych. Wykorzystują one zaawansowaną automatyzację pracy, a zatem wymagają mniejszej liczby, ale za to wysoko wykwalifikowanych pracowników. Liczba osób zatrudnionych w przemyśle cementowym w Unii Europejskiej (UE-27) wyniosła około 54.000 w 2005 roku. Wykres 1.2 pokazuje szacowaną ilość pracowników przemysłu cementowego w UE od 1975 do 2005 r. wraz z danymi zatrudnienia w UE-25. Dane odnoszące się do lat przed 1991 r. nie obejmują pracowników z byłego NRD.



Rysunek 1.2: Szacowane zatrudnienie w przemyśle cementowym w UE od 1975 do 2005 r.
[72, CEMBUREAU, 2006-2008,]

W 2006 roku produkcja cementu w krajach UE-25 wyniosła 267,5 milionów ton, a zużycie 260.600.000 ton. Zaimportowano 38 milionów ton cementu, a 32 miliony ton wyeksportowano. Liczby te obejmują handel między krajami UE.

Produkcja i zużycie cementu w krajach UE-25 w 2005 r. przedstawiono na rys. 1.3.



Rysunek 1.3: Produkcja cementu włącznie z eksportem klinkieru i zużyciem cementu w UE-25
[72, CEMBUREAU, 2006-2008,]

Pięciu największych producentów cementu na świecie to Lafarge, Holcim, Cemex, HeidelbergCement i Italcementi. Oprócz produkcji cementu, firmy te rozszerzyły ofertę również na kilka innych sektorów materiałów budowlanych takich jak kruszywa, wyroby z betonu, płyty gipsowo-kartonowe, itp.

Cement jest głównie dostarczany do klientów transportem drogowym w ramach UE; istnieją ograniczenia co do odległości na jaką można w normalnych warunkach handlowych go dostarczać, ze względu na koszty transportu drogowego i stosunkowo niską cenę sprzedaży jednostki cementu. Maksymalna odległość, na jaką transportuje się cement to od 200 do 300 km. Jednakże w przypadku zakładów cementowych położonych w pobliżu wody (morze, śródlądowe drogi wodne), transport na większe odległości jest częściej spotykany. Ponadto, łatwy dostęp do sieci kolejowej ułatwia transport na duże odległości w pewnych okolicznościach. Globalny handel nie istnieje, a w niektórych przypadkach jest to ekonomicznie opłacalne by dostarczać cement na cały świat. Obecność terminali cementowych (np. terminali pływających) przyczyniła się do wzrostu importu cementu na rynki UE z krajów spoza UE. Międzynarodowa konkurencja jest przede wszystkim zagrożeniem dla poszczególnych zakładów, a na terenie UE wzrost importu z krajów Europy Wschodniej ma wpływ na lokalne warunki rynkowe. Uważa się, że w 2007 r. Grecja, Włochy, Portugalia, Hiszpania, południowa Francja oraz Wielka Brytania jako całość były traktowane jako obszary otwarte dla importu. Obszary te reprezentują 60% produkowanej objętości cementu UE. Dania, Norwegia i Szwecja także są podatne na wpływy. W roku 2005, 15,5 mln ton zaimportowano do UE z krajów bez ograniczeń emisji dwutlenku węgla w porównaniu do 13,5 mln ton w 2004 roku.

Istnieje 268 zakładów produkujących klinkier cementowy i cement gotowy w UE-27. Ponadto, istnieją dwa zakłady produkujące klinkier (piece) bez młynów oraz 90 zakładów rozdrabniających (cementowni) bez pieców (cementownie bez pieców nie są objęte w niniejszym dokumencie), jak pokazano w tabeli 1.2.

Państwo Członkowskie UE		Cementownie Państw Członkowskich UE - bez pieców -	Cementownie - jedynie z młynami cementu -
Belgia ¹	BE	5	4
Bulgaria	BG	5	-
Czechy	CZ	6	1
Dania	DK	1	-
Niemcy	DE	38	20
Estonia	EE	1	-
Irlandia	IE	4	-
Grecja	EL	8	-
Hiszpania	ES	37	13
Francja	FR	33	6
Włochy	IT	59	35
Cypr	CY	2	-
Łotwa	LV	1	-
Litwa	LT	1	-
Luksemburg ¹⁾	LU	1	1
Węgry	HU	4	-
Malta	MT		
Holandia	NL	1	2
Austria	AT	9	3
Polska	PL	11	1
Portugalia	PT	6	2
Rumunia	RO	8	1
Słowenia	SI	2	-
Słowacja	SK	6	-
Finlandia	FI	2	-
Szwecja	SE	3	-
Wielka Brytania	UK	14	1
Suma		268	90

¹⁾ W tym jeden zakład produkujący klinkier

Tabela 1.2: Liczba zakładów cementowych w krajach UE-27 [72, CEMBUREAU, 2006-2008,]

Jest w sumie 377 pieców w EU-27, ale w 2007 roku, nie wszystkie były aktywne. W ostatnich latach wydajność typowego pieca osiągnęła ok. 3000 ton klinkieru na dobę i chociaż istnieją piece o bardzo różnych rozmiarach i wieku, to jest bardzo niewiele pieców o wydajności mniejszej niż 500 ton dziennie.

W 2007 roku około 90% produkcji cementu w Europie pochodzi z pieców metody suchej, a kolejne 7,5 % produkcji pochodzi z pieców metody półsuchej i półmokrej, a pozostała część europejskiej produkcji - około 2,5 % - pochodzi obecnie z pieców metody mokrej. Wybór procesu produkcyjnego jest motywowany rodzajem dostępnych surowców.

Norma europejska (EN 197-1) wymienia 27 różnych rodzajów cementu w pięciu grupach. Ponadto istnieje szereg specjalistycznych cementów produkowanych dla konkretnych zastosowań. Europejska norma dla cementu produkowanego w UE-27 przedstawiona jest w tabeli 1.4, natomiast tabela 1.3 przedstawia procentowy udział każdego rodzaju cementu

dostarczonego na rynki krajowe w 2005 r. w UE-25. Ponadto, typowe kompozycje szarego cementu przedstawiono w tabeli 1.5.

Typ cementu	Jednostka	2005
CEM II Portlandzki - wieloskładnikowy	%	58,6
CEM I Portlandzki	%	27,4
CEM III Żużłowy	%	6,4
CEM IV Pucolanowy	%	6,0
CEM V Cement wieloskładnikowy i inne cementy	%	1,6

Tabela 1.3: Krajowe dostawy ze względu na rodzaj cementu w UE-25 [72, CEMBUREAU, 2006-2008,]

Główne typy	Oznaczenie 27 produktów (typy zwykłego cementu)		Skład (procentowo według masy 1*)										Nieznaczone dodatkowe składniki
			Klinkier	Żużel wielkopiecowy	Pył krzemionkowy	Pucolana		Popiół lotny		Łupki palone	Wapień		
						Naturalne	Naturalne kalcynowane	Krzemionkowe	Wapienne				
						K	S	D ²⁾	P		Q	V	
CEMI	Cement portlandzki	CEMI	95 - 100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEMII	Portlandzki cement żużłowy	CEM II/A-S	8 G - 95	6 - 20	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-S	65 - 79	21 - 35	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Portlandzki cement pyłowy	CEM II/A-D	9 G - 94	-	6 - 10	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Portlandzki cement pucolanowy	CEM II/A-P	8 G - 94	-	-	6 - 20	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-P	65 - 79	-	-	21 - 35	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-Q	8 G - 94	-	-	-	6 - 20	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-Q	65 - 79	-	-	-	21 - 35	-	-	-	-	-	0-5
	Portlandzki cement popiołowy	CEM II/A-V	8 G - 94	-	-	-	-	6 - 20	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-V	65 - 79	-	-	-	-	21 - 35	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-W	8 G - 94	-	-	-	-	-	6 - 20	-	-	-	0-5
		CEM II/B-W	65 - 79	-	-	-	-	-	21 - 35	-	-	-	0-5
	Portlandzki łupki przepalone	CEM II/A-T	8 G - 94	-	-	-	-	-	-	6 - 20	-	-	0-5
		CEM II/B-T	65 - 79	-	-	-	-	-	-	21 - 35	-	-	0-5
	Portlandzki cement	CEM II/A-L	80 - 94	-	-	-	-	-	-	-	6 - 20	-	0-5

	wapienny	CEM II/B-L	65-79	-	-	-	-	-	-	21 - 35	-	0-5
--	----------	---------------	-------	---	---	---	---	---	---	------------	---	-----

Główne typy	Oznaczenie 27 produktów (rodzaje cementu zwykłego)	Skład (procent według masy 1*)										Nieznaczone dodatkowe składniki
		Główne składniki										
		Klinkier	Żużel wielkopiecowy	Pył krzemionkowy	Pucolana		Popiół lotny		Łupki palone	Wapień		
					Naturalny	Naturalne kalcynowane	Krzemionkowe	Wapienne				
K	S	D ²⁾	P	Q	V	W	T		LL ⁵⁾			
	CEM II/A-LL	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	0-5
	CEM II/B-LL	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	0-5
	Portlandzki cement wieloskładnikowy	CEM II/A-M	80-94	6-20								0-5
		CEM II/B-M	65-79	21-35								0-5
CEM III	Cement wielkopiecowy	CEM III/A	35-64	36-65	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/B	20-34	66-80	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/C	5-19	81-95	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM IV	Cement pucolanowy ³⁾	CEM IV/A	65-89	-	11-35				-	-	-	0-5
		CEM IV/B	45-64	-	36-55				-	-	-	0-5
CEM V	Cement wieloskładnikowy ³⁾	CEM V/A	40-64	18-30	-	18-30		-	-	-	-	0-5
		CEM V/B	20-38	31-50	-	31-50		-	-	-	-	0-5

¹⁾ Wartości w tej tabeli odnoszą się do sumy głównych oraz pomocniczych składników dodatkowych.
²⁾ Proporcja pyłów krzemionkowych jest ograniczona do 10%
³⁾ W portlandzkich - wieloskładnikowych cementach CEM II/A-M i CEM II/B-M, w pucolanowych cementach CEM IV/A i CEM IV/B oraz w kompozytowych cementach CEM V/A i CEM V/B główne składniki poza klinkierem będą podane zgodnie z przeznaczeniem cementu
⁴⁾ Wapień do 50 % TOC
⁵⁾ Wapień do 20 % TOC

Tabela 1.4: Europejski standard w EU-27 dla typów cementu i ich składu [149, CEN/EN 197-1, 2000]

	Nomenklatura IUPAC ^{b)}	numer CAS	numer EC	Mol. wzór metody Hill	Mol. waga	Typowe stężenie (% w/w)	Zakres stężenia (% w/w)
Informacje dotyczące składu - główne składniki							
A	Krzemian trójwapniowy	12168-85-3	235-3369	3Ca O [^] SiO ₂	228	65	40 - 80
B	Krzemian dwuwapniowy	10034-77-2	233-1078	2CaO [^] SiO ₂	172	15	10 - 50
C	Glinian trójwapniowy	12042-78-3	234-9326	3Ca O [^] Al ₂ O ₃	270	10	0 - 15
D	Glinozelazian czterowapniowy	12068-35-8	235-0944	4Ca O [^] Al ₂ O ₃ [^] Fe ₂ O ₃	486	10	0 - 20
Informacje dotyczące składu - Zanieczyszczenia i dodatki							
E ²⁾	Tlenek wapnia	1305-78-8	215-1389	CaO		1	0 - 3
F	Tlenek magnezu	1309-48-4	215-1719	MgO		2	0 - 5
G	Siarczan dwupotasowy	10233-01-9	233-5580	K ₂ SO ₄		1	0 - 2
H	Siarczan dwusodowy	7757-82-6	231-8209	Na ₂ SO ₄		0.5	0 - 1
Ilość nieokreślonych zanieczyszczeń:				<1 w/w %			
Całkowite stężenie zanieczyszczeń nieokreślonych:							
Dodatki				nieodstępne			
¹⁾ Nomenklatura Międzynarodowej Unii Chemii Czystej i Stosowanej							
²⁾ Tlenek wapnia występuje w postaci wolnej jako "wolne wapno". CaO jest obecny również związane w cztery główne etapy A-B-C-D							
Uwaga: Cementy zawierające klinkier cementu portlandzkiego mogą uwalniać, po reakcji z wodą, śladowe ilości rozpuszczalnych chromianów. Środki, aby zapobiec szkodliwemu działaniu dermatologicznemu są opisane w dyrektywie Komisji 2005/53/WE z dnia 16 września 2005 r. zmieniającej dyrektywę Rady 91/414/EWG w celu włączenia chlorotalonilu, chlorotoluronu, cypermetryny, daminozydu i tiofanatu metylu jako substancji czynnych.							

Tabela 1.5: Skład chemiczny szarego cementu [IG3, CEMBUREAU, 2006]

Oprócz szarego cementu portlandzkiego, produkowane są także inne specyfikacje cementu, jak np. biały cement. Oprócz koloru, tego typu cement ma takie same właściwości jak cement szary. Do produkcji białego cementu stosuje się jedynie materiały, które nie mają negatywnego wpływu na kolor tego specjalnego rodzaju cementu. Tabela 1.6 przedstawia przykłady parametrów odpowiadających białemu cementowi na rynkach amerykańskich i europejskich. Lokalne zapotrzebowanie na biel będzie miało wpływ na te parametry. Ponadto istotna różnica jest widoczna w zawartości Fe₂O₃ odniesieniu do zakresu szarego cementu.

Właściwości		Biały cement
Skład chemiczny (%)	SiO ₂	22,5 – 23,8
		2,3 – 6,2
	Fe ₂ O ₃	0,19 – 0,4
	CaO	66,3 – 68,0
	MgO	0,48 – 1,0
	SO ₃	0,65 – 2,8
	F	0,24 – 0,85
	K ₂ O	0,12 – 0,14
Strata w wyniku prażenia (%)		0,50 – 1,7
Na ₂ O		0,17

Potencjalny skład związku (%)	C ₃ S (3 CaO SiO ₂)	69,89
	C ₂ S (2 CaO SiO ₂)	19
	C ₃ A (3 CaO Al ₂ O ₃)	8,08
	C ₄ AF (4 CaO Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃)	1
stopień zmielenia wg Blaine'a (m ² /kg)		464

Tabela 1.6: Przykłady składów chemicznych białego klinkieru cementowego [103, CEMBUREAU, 2006], [118, Niemcy, 2007], [119, Sobolev, 2001]

Biel tego typu cementu jest jedną z najważniejszych cech. Różne specyfikacje są wykorzystywane do uzyskania białości tego cementu według różnych norm krajowych [118, Niemcy, 2007], [119, Sobolev, 2001].

Przemysł cementowy jest branżą energochłonną, gdzie energia stanowi około 40% kosztów operacyjnych, tj. z wyłączeniem kosztów kapitału, ale włączając koszty energii elektrycznej. Tradycyjnie, głównym stosowanym stałym paliwem kopalnym był węgiel. Stosowany jest szereg innych stałych, ciekłych lub gazowych paliw kopalnych, takich jak koks naftowy, węgiel brunatny, gaz ziemny i ropa naftowa (ciężki, średni lub lekki olej opałowy). Oprócz tych tradycyjnych rodzajów paliw kopalnych, od ponad 15 lat przemysł cementowy używa także dużych ilości paliw z odpadów i biomasy.

Typ paliwa	Jednostka	2006
Koks padaftowy (kopalny)	%	38,6
Węgiel (kopalny)	%	18,7
Koks padaftowy i węgiel (kopalne) ¹⁾	%	15,9
Olej opałowy zawierający HVFO ²⁾	%	3,1
Węgiel brunatny i inne paliwa stałe (kopalne)	%	4,8
Gaz ziemny (kopalne)	%	1,0
Paliwa odpadowe	%	17,9
Wyłączone: IE, CY, LT, SL Szacunkowe: IT, PT, SE		
¹⁾ Zgłoszone przez członków EU-23+		
²⁾ HVFO = olej opałowy wysokiej lepkości		

Tabela 1.7: Zużycie paliwa wyrażone jako procent ciepła generowanego przez przemysł cementowy w UE-27 [72, CEMBUREAU, 2006-2008,], [168, TWG CLM, 2007]

Emisjami z zakładów cementowych, które powodują największe zagrożenie i z którymi należy się uporać są: pyły, tlenki azotu (NO_x) i dwutlenek siarki (SO₂). Pozostałe ważne emisje to lotne związki organiczne (VOC), polichlorowane dibenzodioksyny (PCDD) i dibenzofurany (PCDF) jak i chlorowodor (HCl). Również emisje tlenków węgla (CO, CO₂), fluorowodoru (HF), amoniaku (NH₃), benzenu, toluenu, etylobenzenu i ksylenu (BTEX), węglowodorów wielopierścieniowych aromatycznych (PAH), metali i ich związków, hałas i zapachów mogą być rozpatrywane w szczególnych okolicznościach.

Konwencjonalne surowce i paliwa są zastępowane odpowiednimi odpadami i / lub biomasa i są wykorzystywane w procesie produkcji cementu.

Przemysł cementowy jest przemysłem kapitałochłonnym. Koszt nowej cementowni jest równoważny z około trzyletnim obrotem, co stawia przemysł cementowy wśród najbardziej kapitałochłonnych gałęzi przemysłu. Rentowność przemysłu cementowego wynosi około 10%

w stosunku do obrotu (na podstawie zysku przed opodatkowaniem przed spłatą odsetek).

1.2 Stosowane procesy i technologie w przemyśle produkcji cementu

Podstawowy proces chemiczny w procesie w produkcji cementu zaczyna się od rozkładu węgla wapnia (CaCO_3) w temperaturze około $900\text{ }^\circ\text{C}$, w wyniku którego otrzymuje się tlenek wapnia (CaO , wapno) i uwolniony gazowy dwutlenek węgla (CO_2); proces ten jest zwany kalcynacją. Potem następuje proces klinkierowania, w którym tlenek wapnia reaguje w wysokiej temperaturze (zwykle $1400 - 1500\text{ }^\circ\text{C}$) z krzemionką, tlenkiem glinu i tlenkiem żelaza, tworząc krzemiany, gliniany i żelaziany wapnia, które stanowią klinkier. Klinkier jest następnie mielony lub przemieleny z gipsem i innymi dodatkami w procesie produkcji cementu.

Istnieją cztery podstawowe metody wytwarzania cementu: sucha, półsucha, półmokra i mokra:

- W metodzie suchej surowce są rozdrabniane i suszone do mąki surowcowej w postaci płynnego proszku. Sucha mąka surowcowa jest podawana do pieca z podgrzewaczem lub prekalcyntorem, rzadziej do długiego pieca metody suchej.
- W metodzie półsuchej sucha mąka surowcowa jest granulowana udziałem wody i podawana na podgrzewacz rusztowy przed piecem lub do długiego pieca z krzyżakami
- W metodzie półmokrej szlam jest najpierw odwadniany na prasach filtracyjnych. Placek pofiltracyjny jest formowany na kawałki i podawany albo do podgrzewacza rusztowego, albo bezpośrednio do suszarni placka do wytwarzania mąki surowcowej.
- W metodzie mokrej surowce (często o dużej zawartości wody) są mielone z wodą i tworzą dający się pompować szlam. Szlam surowcowy podawany jest albo bezpośrednio do pieca, albo najpierw do suszarni szlamu.

Wybór procesu technologicznego jest w dużym stopniu uzależniony od stanu surowców (suche lub mokre). Duża część światowej produkcji klinkieru w dalszym ciągu bazuje na metodzie mokrej. Jednakże w Europie ponad 75% produkcji cementu opiera się na metodzie suchej dzięki dostępności suchych surowców. Metoda mokra jest bardziej energochłonna, a zatem bardziej kosztowna. Cementownie pracujące metodą półsuchą prawdopodobnie przejdą na metodę suchą, jeśli wymagana będzie rozbudowa lub znaczna modernizacja. Cementownie pracujące metodą półmokrą i mokrą z reguły mają dostęp wyłącznie do surowców o dużej wilgotności, tak jak to ma miejsce w Danii i Belgii oraz, do pewnego stopnia, w Wielkiej Brytanii.

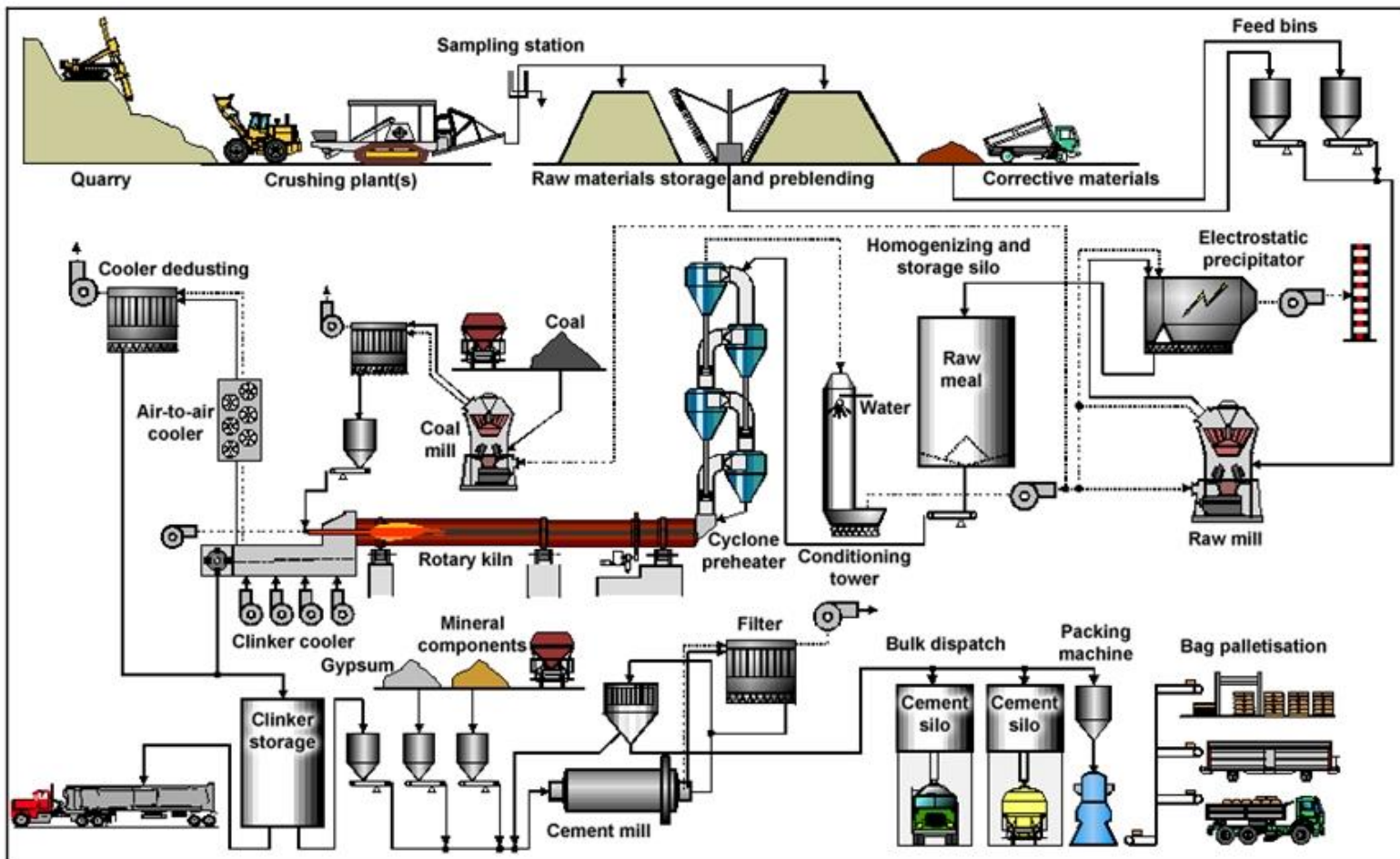
Wszystkie metody obejmują następujące wspólne procesy:

- składowanie i przygotowanie surowców,

-
- składowanie i przygotowanie paliwa,
 - wykorzystanie odpadów jako surowca i / lub paliwa, wymagania jakościowe, kontrola i przygotowanie
 - systemy pieców, procesy wypalania pieca i techniki redukcji emisji
 - produkty - przechowywanie i przygotowanie
 - pakowanie i wysyłka.

Proces produkcji białego cementu jest podobny do procesu produkcji cementu szarego portlandzkiego. Proces ten obejmuje dobór , przechowywanie i przygotowywanie surowców, przechowywanie i przygotowanie paliwa, wypalanie klinkieru w systemie pieca, wybielanie / chłodzenie, mielenie w dokładnie kontrolowanych warunkach przez etapy procesu w celu uniknięcia zanieczyszczeń i niepożądanych zmian produktu. Jednakże połączenie chłodzenia i wybielania jest główną różnicą technologiczną . Kroki te są wykorzystywane i potrzebne do poprawy bieli tego specjalnego rodzaju cementu i do zapewnienia jednolitej barwy.

Typowy schemat procesu z cementowni jest pokazany na rysunku 1.4



Kamieniołom Kruszarń Miejsca poboru próbek Miejsce przechowywania surowców i wstępnego mieszania
 Materiały korekcyjne Pojemniki załadunku Filtr elektrostatyczny Homogenizacja i silos przechowywania
 Mączka surowcowa Woda Węgiel Przemalownia węgla Odpylanie chłodnika Chłodnik powietrza
 Piec obrotowy Podgrzewacz cyklonowy Wieża chłodnicza Przemalownia surowców
 Chłodnica klinkieru Gips Komponenty mineralne Filtr Wysyłka luzem Pakownia Paletyzacja worków
 Przechowywanie klinkieru Silos cementowy Silos cementowy

Rysunek 1.4: Ogólny przegląd procesu produkcji cementu
 [103, CEMBUREAU, 2006]

1.2.1 Surowce i ich pozyskiwanie

Naturalnie występujące złoża wapienne, takie jak wapień, margiel lub kreda, stanowią źródło węgla wapnia. Tlenki krzemu, żelaza i glinu znajdują się w różnych rudach i minerałach, takich jak piaski, łupki, gliny oraz ruda żelaza. Prawie wszystkie surowce naturalne są pozyskiwane w kamieniołomach lub kopalniach. Najczęściej materiały uzyskuje się z odkrywkowych kamieniołomów. Wymaganymi procesami są wiercenia, prace strzałowe, wydobywanie, dostawa i kruszenie. Przydatne informacje na temat górnictwa / wydobywania można znaleźć w dokumencie referencyjnym dotyczącym najlepszych dostępnych technik dla Zarządzania odpadami i odpadami skalnymi w działalności górniczej [47, Komisja Europejska, 2004].

Główne surowce, takie jak wapień, kreda, margle, łupki czy gliny wydobywane są w kamieniołomach. W większości przypadków zlokalizowane one są w pobliżu cementowni. Po wstępnym kruszeniu surowce są transportowane do cementowni celem składowania i dalszej przeróbki. Inne surowce, takie jak boksyty, rudy żelaza, żużle wielkopieczowe i piaski formierskie są sprowadzane z zewnątrz.

Surowce, muszą wykazywać i są zgodne z cechami, pierwiastkami chemicznymi i komponentami, które są niezbędne w procesie wypalania klinkieru i mogą one wpływać na proces produkcji i jakość klinkieru. Tabela 1.8 pokazuje przykładowe zakresy analiz chemicznych i właściwości surowców oraz mączek surowcowych cementu do produkcji klinkieru cementowego. Oprócz głównych składników, surowce te zawierają także szereg metali, które są wymienione w tabeli 1.9.

Składniki	Wapień, wapień marglisty, kreda	Glina	Piasek	PFA ²⁾	Źródło Fe	Mączka surowcowa
(masa %)						
SiO ₂	0,5 - 50	33 - 78	80 - 99	40 - 60	0,5 - 30	12 - 16
Al ₂ O ₃	0,1 - 20	7 - 30	0,5 - 7	20 - 30	0,2 - 4	2 - 5
Fe ₂ O ₃	0,2 - 5,9	4,0 - 15	0,0 - 4	5 - 15	50 - 93	1,5 - 2,5
Mn ₂ O ₃	0,02 - 0,15	0,090	0,051	0,127	0,1 - 4	0,0 - 0,5
Fe ₂ O ₃ oraz Mn ₂ O ₃	0,1 - 10	2 - 15	0,5 - 2		19 - 95	<2
CaO	20 - 55	0,2 - 25	0,1 - 3	2 - 10	0,1 - 34	40 - 45
MgO	0,2 - 6	0,3 - 5	0,3 - 0,5	1,0 - 3	0,5 - 7	0,3 - 5
K ₂ O	0 - 3,5	0,4 - 5	0,2 - 3	1 - 5	0,1 - 1	0,1 - 1,5
Na ₂ O	0,0 - 1,5	0,1 - 1,5	0,0 - 1	0,2 - 1,5	0,1 - 1	0,1 - 0,5
SO ₃ ¹⁾	0,0 - 0,7	0,0 - 4	0,0 - 0,5	0,0 - 1	0 - 3	0 - 1,5
Cl	0,0 - 0,6	0,0 - 1	ilości śladowe		0,0 - 0,5	0,0 - 0,3
TiO ₂	0,0 - 0,7	0,2 - 1,8	0,0 - 0,5	0,5 - 1,5	0,0 - 3	0,0 - 0,5
P ₂ O ₅	0,0 - 0,8	0,0 - 1,0	0,0 - 0,1	0,5 - 1,5	0,0 - 1	0,0 - 0,8
ZrO ₂		0,02				
CaCO ₃	96					
Straty po prażeniu (CO ₂ + H ₂ O), LOI 950 ³⁾	2 - 4,4	1 - 20	<5	6,74	0,1 - 30	32 - 36

¹⁾ Całkowita zawartość siarki, wyrażonej jako SO₂

²⁾ Popioły lotne pyłowe

³⁾ LOI 950 = strata po prażeniu

Tabela 1.8: Analiza chemiczna materiałów surowcowych oraz cementowej mączki surowcowej do produkcji klinkieru cementowego

[60, VDI 2094 Niemcy, 2003], [81, Castle Cement Wielka Brytania, 2006], [90, Węgry, 2006], [103, CEMBUREAU, 2006]

Pierwiastki		Glina i argilit	Wapień, margiel i kreda	Mączka surowcowa
		mg/kg DS ¹⁾		
Antymon	Sb	Brak danych	1 - 3	<3
Arsen	As	13 - 23	0,2 - 20	1 - 20
Beryl	Be	2 - 4	0,05 - 2	0,1 - 2,5
Ołów	Pb	10 - 40	0,3 - 21	4 - 25
Kadm	Cd	0,02 - 0,3	0,04 - 0,7	0,04 - 1
Chrom	Cr	20 - 109	1,2 - 21	10 - 40
Kobalt	Co	10 - 20	0,5 - 5	3 - 10
Miedź	Cu	Brak danych	3 - 12	6 - 60
Mangan	Mn	Brak danych	<250	100 - 360
Nikiel	Ni	11 - 70	1,5 - 21	10 - 35
Rtęć	Hg	0,02 - 0,15	<0,01 - 0,13	0,01 - 0,5
Selen	Se	Brak danych	1 - 10	<10
Tellur	Te	Brak danych	<4	<4
Tal	Tl	0,7 - 1,6	0,05 - 1,6	0,11 - 3
Wanad	V	98 - 170	4 - 80	20 - 102
Cyna	Sn	Brak danych	<1 - 5	<10
Cynk	Zn	59 - 115	10 - 40	20 - 47

¹⁾ DS: substancja sucha

Tabela 1.9: Metale w materiałach surowcowych oraz mączce surowcowej [60, VDI 2094 Niemcy, 2003]

Odpady również mogą zastąpić tradycyjne surowce. W sprawie wykorzystania odpadów jako surowca patrz rozdział 1.2.4.2.

Przy produkcji białego cementu, dostępność wysokiej czystości surowców, takich jak źródła czystej Si, Ca i Al, jest niezbędna. Surowce, np. wysoce czysty wapień, rodzaje białych glin, kaolin, piasek kwarcowy, skalenie, ziemia krzemkowa, są wybierane z niską zawartością metali, takich jak żelazo i mangan. Tlenki metali wpływają na biel produktu i są jednym z czynników determinujących. Chemiczny skład surowców podstawowych do produkcji wysokiej jakości białego cementu i przykłady przedstawiono w tabeli 1.10. Jednakże, proporcje tych składników również muszą spełniać wymogi procesu wypalania. By poprawić palność, czasami używane są mineralizatory. Znane i stosowane mineralizatory to topniki, takie jak fluorki (ogólnie CaF₂) [119, Sobolev, 2001], [120, Hiszpania, 2007].

Surowce	Skład chemiczny surowców (%)						
	Fe ₂ O ₃	MgO	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Mn ₂ O ₃
Wapień	<0,15	<0,015					
Gлина	<1,0	Ilości śladowe	65 - 80	<0,8			
Kaolin (odpowiedni)	0,4 - 1,0	0	70 - 73	0 - 0,80	18 - 20		
Piasek kwarcowy (czysty)	<0,2		<96				
Inne ¹⁾	<0,5	<3,0		<0,2		<30 ppm	<0,05

Tabela 1.10: Przykłady składu chemicznego materiałów surowcowych do produkcji klinkieru cementu białego [119, Sobolev, 2001], [120, Hiszpania, 2007], [138, Włochy, 2007]

1.2.2 Surowce - przechowywanie i przygotowanie

Przygotowanie surowców jest bardzo ważne dla późniejszego systemu pieca zarówno w uzyskaniu prawidłowego składu chemicznego mączki surowcowej jak i dostatecznym rozdrobieniu nadawy.

1.2.2.1 Magazynowanie surowców

Potrzeba użycia zadaszonych składowisk surowców zależy od warunków klimatycznych oraz udziału drobnych frakcji w materiale opuszczającym instalację kruszenia. W przypadku cementowni o wydajności 3000 ton/dobę, takie hale mogą magazynować od 20 000 do 40 000 ton materiału. Przykład zadashzonego składowiska surowców pokazano na rysunku 1.5.



Rysunek 1.5: Przykład zadashzonego składowiska surowców [81, Castle Cement Wielka Brytania, 2006]

Surowiec podawany do pieca powinien być w miarę możliwości chemicznie homogeniczny. Uzyskuje się to przez kontrolę surowców dozowanych do młyna. Jeżeli dostarczany z kamieniołomu materiał jest zmiennej jakości, można wprowadzić wstępne homogenizowanie poprzez składowanie materiału w warstwach lub rzędach wzdłuż (lub po obwodzie) składowiska i wybieranie z pryzm w przekroju poprzecznym. Jeżeli surowce z kamieniołomu są wystarczająco homogeniczne, można stosować prostsze metody usypywania i wybierania.

Surowce używane w stosunkowo małych ilościach, np. dodatki mineralne, mogą ewentualnie być składowane w silosach lub zbiornikach. Jakikolwiek surowce o potencjalnie szkodliwych właściwościach, takie jak popioły lotne lub fosfogipsy, muszą być składowane i przygotowywane zgodnie z odpowiednimi wymogami.

1.2.2.2 Przemiał surowców

Dokładne ważenie i dozowanie każdego ze składników nadawy do młyna jest ważne dla uzyskania odpowiedniego składu chemicznego. Jest to istotne dla stabilnej pracy pieca i wysokiej jakości produktu. Ważenie i dozowanie jest także ważnym czynnikiem wpływającym na efektywność energetyczną układu przemiału. Dominującym systemem ważąco-dożującym dla nadawy surowców do młyna jest zasilacz płytowy w połączeniu z taśmową wagą dozującą.

Przy produkcji białego cementu, należy zachować ostrożność w procesie przemiału w celu zapobieżenia wprowadzenia różnych elementów lub niewielkich ilości metali powodujących zabarwienie. Ponadto, wybór środków kruszących i wykładziny młyna jest ważne w celu uniknięcia zanieczyszczenia surowca żelazem. Specjalne rodzaje stali i materiały ceramiczne są używane jako zasadnicze części urządzenia. Aby poprawić biel, stosowana jest kontrola wilgotności surowca, a czas mielenia można zmniejszyć dodając przyspieszające/powierzchniowe aktywne domieszki, które jednak mogą się różnić od dostępnych na rynku pomocy przemiałowych [120, Hiszpania, 2007]. W niektórych przypadkach, urządzenia do granulacji są zalecane w końcowym etapie przygotowywania surowej mieszanki, szczególnie przy zastosowaniu pieca ze złożem fluidalnym do wypalania [119, Sobolev, 2001].

1.2.2.2.1 Przemiał surowców - systemy piecowe metody suchej i półsuchej

Surowce, w kontrolowanych proporcjach, są razem przemielane i mieszane dla uzyskania homogenicznej mieszaniny o wymaganym składzie chemicznym. W metodzie suchej i półsuchej składniki są mielone i suszone do drobnego pyłu, głównie z wykorzystaniem gazów odlotowych z pieca i/lub powietrza nadmiarowego z chłodnika. Dla surowców o stosunkowo wysokiej wilgotności oraz podczas rozruchu może okazać się potrzebne pomocnicze palenisko dostarczające dodatkowe ciepło.

Typowymi stosowanymi układami przemiału metody suchej są:

- młyny rurowe z centralnym wylotem
- młyny rurowe z przewietrzaniem,
- młyny misowo-rolowe pionowe
- młyny rolowe poziome (jak na razie tylko kilka działających instalacji).

Inne układy wykorzystywane są w mniejszym stopniu. Są to:

- młyny rurowe z końcowym wylotem w obiegu zamkniętym
- młyny autogeniczne
- prasy rolowe, z kruszarko-suszarką lub bez niej (suszarki).

Stopień rozdrobnienia i rozkład ziarnowy produktu opuszczającego młyn mają duże znaczenie dla późniejszego procesu wypalania. Uzyskanie założonych parametrów zapewnia się przez odpowiednią regulację separatorów stosowanych do rozdziału frakcji materiału opuszczającego młyn. W przypadku materiałów suchych stosuje się separatory powietrzne. Separatory najnowszej generacji, dynamiczne z wirnikiem klatkowym, mają szereg istotnych zalet. Są to:

- mniejsze jednostkowe zużycie energii układu przemiału (ograniczenie nadmiernego rozdrobnienia)
- wyższa wydajność systemu (skuteczność rozdziału frakcji)
- bardziej korzystny rozkład ziarnowy i jednorodny produkt.

1.2.2.2.2 Przemiał surowców - systemy piecowe metody mokrej i półmokrej

Przemiał surowców na mokro stosuje się wyłącznie w powiązaniu z metodą mokrą i półmokrą. Poszczególne składniki surowca są mielone z dodatkiem wody tworząc szlam. Głównym układem zapewniającym odpowiednie rozdrobnienie szlamu, zgodnie z najnowszymi wymogami jakościowymi, są młynownie pracujące w obiegu zamkniętym.

Metodę mokrą stosuje się z reguły wówczas, gdy wilgotność surowców przekracza 20% wagowo. Takie surowce jak kreda, margiel czy glina, które są lepkie i mają znaczną naturalną zawartość wody, są także miękkie, a zatem w pierwszej fazie obróbki mogą być rozdrabniane w szlamatorze. Do szlamatora podawany jest materiał, który jest kruszony wraz z wodą i rozbijany do postaci szlamu przez siły ścierające i udarowe, przekazywane przez obracające się bronie. Kiedy szlam jest dostatecznie rozdrobniony, materiał przedostaje się przez otwory sitowe w ścianie szlamatora i jest

pompowany do zbiornika magazynowego. Aby uzyskać dostateczne rozdrobnienie szlamu, wymagany jest zwykle dalszy przemiał w młynie rurowym. Dodawane są inne składniki, takie jak piasek.

Aby zmniejszyć zużycie paliwa, kontroluje się ilość wody dodawanej w trakcie rozdrabniania surowców tak, by jej ilość była koniecznym minimum dla uzyskania odpowiedniej płynności szlamu i podatności na przepompowywanie (32 do 40% wagowo). Dodatki chemiczne mogą działać jako upłynniacze szlamu, co pozwala zredukować zawartość wody.

1.2.2.3 Homogenizacja i magazynowanie mączki surowcowej lub szlamu

Mączka surowcowa lub szlam z procesu przemiału surowca wymagają dalszej homogenizacji/mieszania, aby uzyskać optymalną konsystencję mieszaniny surowcowej przed jej podaniem do pieca obrotowego każdego typu. Homogenizacja i składowanie mąki surowcowej odbywa się w silosach, zaś szlamu w zbiornikach lub basenach.

Do transportu mączki surowcowej do silosów zapasu stosuje się systemy pneumatyczne lub mechaniczne. Przenośniki mechaniczne z reguły wymagają wyższych nakładów inwestycyjnych, ale ich koszty eksploatacyjne są znacznie niższe od przenośników pneumatycznych. W chwili obecnej najbardziej powszechnie stosowany system transportu to połączenie rynien pneumatycznych z przenośnikami ślimakowymi/łańcuchowymi i elewatorami kubekowymi z taśmą gumową.

1.2.3 Paliwo - składowanie i przygotowanie

Różne paliwa (konwencjonalne i odpadowe) mogą być stosowane celem dostarczenia ciepła wymaganego w procesie. Do opalania pieców cementowych stosuje się różne rodzaje paliw; są to:

- paliwa stałe, np. węgiel, jak również koks łożysty i węgiel brunatny, a w niektórych przypadkach łupki bitumiczne
- paliwa płynne, np. olej opałowy, w tym olej opałowy wysokiej lepkości (HVFO)
- paliwa gazowe, np. gaz ziemny.

Głównymi składnikami popiołu z tych paliw są związki krzemu i glinu. Ponadto popiół może zawierać śladowe ilości metali. Łączą się one z surowcami i stają się częścią klinkieru. Wymaga to uwzględnienia przy obliczaniu udziału składników zestawu surowcowego, stąd też wskazane jest stosowanie paliwa o stałej, choć niekoniecznie niskiej zawartości popiołu. Przykłady analizy chemicznej metali w węglu w Niemczech przedstawiono w tabeli 1.11.

Pierwiastki		Węgiel kamienny/węgiel brunatny
		mg/kg DS ¹⁾
Antymon	Sb	0,4 - 2
Arsen	As	1 - 50
Beryl	Be	<0,1 - 3,3
Olów	Pb	1,5 - 273
Kadm	Cd	<0,1 - 10
Chrom	Cr	1,5 - 81
Kobalt	Co	<1 - 40
Miedź	Cu	1 - 100
Mangan	Mn	82 - 250
Nikiel	Ni	<1 - 100
Rtęć	Hg	0,1 - 3,3
Selen	Se	0,6 - 2
Tellur	Te	0,2 - 1
Tal	Tl	0,1 - 5,5
Wanad	V	1 - 200
Cyna	Sn	0,8 - 2,3
Cynk	Zn	6 - 220

DS: substancja sucha

Tabela 1.11: Analizy chemiczne metali w węglu [60, VDI 2094 Niemcy, 2003]

Głównymi paliwami stosowanymi w cementowniach europejskich są: koks łożysty i węgiel. Zwykle koszty wykluczają użycie gazu ziemnego lub oleju, ale wybór paliwa zależy od warunków lokalnych (takich jak dostępność krajowego węgla). Wysoka temperatura i długi czas przebywania w piecach obrotowych stwarzają korzystne potencjalne

warunki dla rozkładu substancji organicznych (patrz rozdział 1.2.4.1). Daje to możliwości wykorzystania mniej kosztowych paliw, szczególnie różnych typów odpadów. Wykorzystania odpadów rośnie od ostatnich kilku lat (patrz rozdział 1.2.4).

Aby utrzymywać minimalne straty ciepła, piece cementowe pracują przy najniższym możliwym poziomie nadmiaru tlenu. Wymaga to jednak bardzo stabilnego i niezawodnego dozowania oraz występowania paliwa w formie umożliwiającej łatwe i całkowite spalanie. Warunki te są spełnione przez wszystkie paliwa ciekłe i gazowe. W przypadku sproszkowanych paliw stałych, dla spełnienia powyższych warunków istotne są właściwe konstrukcje zbiorników, przenośników oraz dozowników. Zasadnicza ilość paliwa (65-85%) musi być w łatwopalnej formie, podczas gdy pozostałe 15-35 % można podawać w postaci grubo pokruszonej lub kawalkowej.

Przy produkcji białego cementu, wybór paliwa musi być wykonany bardzo starannie, aby uniknąć składników w popiele paliwa, które mogłyby być włączone do klinkieru, a zatem może zmienić żądany kolor białego cementu. W 2007 r. wybrane paliwa odpadowe były wykorzystywane w ograniczonym zakresie przy produkcji białego cementu.

1.2.3.1 Składowanie paliw konwencjonalnych

Surowy węgiel i koks ponaftowy są składowane w podobny sposób jak surowce; a zatem najczęściej na zadaszonych składach. Składowanie na otwartej przestrzeni w dużych, dobrze ubitych przyzmacz stосуje się dla zapasów długoterminowych. Tego typu hałdy można obsadzić trawą celem ograniczenia erozji wodą deszczową i wiatrem. Problemem otwartych składowisk okazał się drenaż wody do gruntu. Jednakże szczelne, betonowe podłoże pod przyzmacz umożliwia zbieranie i oczyszczanie zdrutowanych wód. Należy przestrzegać odpowiednich praktyk dotyczących upakowania i wysokości przyzmacz celem uniknięcia ryzyka samozapłonu dla składowisk długoterminowych.

Sproszkowany węgiel i koks ponaftowy są składowane wyłącznie w silosach. Ze względów bezpieczeństwa (tj. zagrożeń eksplozją zainicjowaną obecnością otwartego ognia lub iskier elektrostatycznych), silosy te muszą posiadać wybieranie typu wypływu masy oraz muszą być wyposażone w standardowe urządzenia zabezpieczające.

Oleje są przechowywane w pionowych zbiornikach stalowych. Zbiorniki te są często izolowane termicznie, aby zapewnić temperaturę paliwa umożliwiającą jego przepompowywanie (50-60 °C). Mogą być także zaopatrzone w podgrzewane punkty zasysania, umożliwiające lokalne utrzymywanie właściwej temperatury oleju.

Gaz ziemny nie jest magazynowany na terenie cementowni. Jako urządzenie magazynujące gaz ziemny służy wysokociśnieniowa międzynarodowa sieć dystrybucji.

1.2.3.2 Przygotowanie paliw konwencjonalnych

Przygotowanie konwencjonalnych paliw stałych (kruszenie, przemiał i suszenie) ma miejsce zwykle w zakładzie. Węgiel i koks ponaftowy są rozdrabniane do rozmiarów zbliżonych do surowca w przemiałowniach podobnych do działu przemiału surowca. Stopień rozdrobnienia paliwa jest bardzo istotny. Jeżeli pył jest zbyt drobny, temperatura płomienia może być zbyt wysoka, jeżeli pył jest za gruby, może wystąpić złe spalanie. Przy niskiej lotności lub niższej zawartości części lotnych w paliwach stałych wymagany jest drobniejszy przemiał. Jeżeli ilość ciepła gazów do suszenia z pieca obrotowego lub chłodnika nie jest wystarczająca, potrzebne jest dodatkowe palenisko. Układ wymaga specjalnych zabezpieczeń, chroniących sprzęt przed pożarem lub wybuchem.

Do rozdrabniania i przemiału węgla stosuje się trzy podstawowe układy:

- młyny rurowe z przewietrzaniem,
- pionowe młyny misowo-rolowe lub misowo-kulowe,
- młyny udarowe.

Rozdrobnione paliwo stałe może być doprowadzane bezpośrednio do pieca obrotowego, ale w nowoczesnych instalacjach pył węglowy jest z reguły przechowywany w silosach, co pozwala na użycie bardziej efektywnych termicznie palników (opalania pośredniego) przy małej ilości powietrza pierwotnego.

Urządzenia do przemiału, przechowywania i transportu paliwa stałego muszą być zaprojektowane i obsługiwane tak, aby uniknąć ryzyka wybuchu lub pożaru. Główne wymagania to: odpowiednia kontrola temperatur powietrza oraz zapobieganie gromadzeniu się drobnego materiału w martwych punktach wystawionych na działanie ciepła.

Przygotowanie paliw płynnych: aby ułatwić dozowanie i spalanie, olej doprowadza się do temperatury 120-140 °C, co pozwala na obniżenie lepkości do poziomu 10-20 cSt. Dodatkowo zwiększa się ciśnienie paliwa do 20-40 barów.

Przygotowanie gazu ziemnego: Przed spalaniem gaz ziemny musi mieć obniżone ciśnienie z 30-80 barów w sieci przesyłowej do 3-10 barów w sieci zakładowej i ponownie do ciśnienia podawania na palnik około 1 bara (nadciśnienia). Pierwszy etap redukcji ciśnienia jest realizowany w stacji przesyłowej, gdzie następuje także pomiar zużycia gazu. Aby uniknąć zamarzania sprzętu w rezultacie efektu Joule'a-Thompsona, gaz ziemny poddawany jest wstępnemu podgrzaniu przed zaworem redukcyjnym.

Alternatywnie, redukcja ciśnienia może być realizowana przez przepuszczenie gazu przez turbinę rozprężną połączoną z generatorem mocy. Pozwala to na częściowy odzysk energii potrzebnej do sprężania gazu.

1.2.4 Stosowanie odpadów jako paliwa

W europejskim przemyśle cementowym odzyskuje się znaczną ilość paliw uzyskiwanych z odpadów, które zastępują paliwa kopalne, w niektórych cementowniach nawet w ponad 80%. Dzięki temu przemysł cementowy może przyczynić się do dalszego zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych oraz do korzystania w mniejszym stopniu z zasobów naturalnych.

Zakaz składowania nieprzetworzonych odpadów w niektórych państwach członkowskich UE przyczynia się do uruchamiania coraz większej liczby mechanicznych i mechaniczno-biologicznych oczyszczalni ścieków. W konsekwencji, utylizacja wstępnie przetworzonych frakcji odpadów jest kwestią coraz bardziej problematyczną. Po odpowiedniej obróbce, poszczególne frakcje odpadów są w stanie spełnić wymogi przyjaznego dla środowiska ponownego wykorzystania w cementowniach. Przemysł cementowy w krajach UE-27 jest od wielu lat zaangażowany w odzyskiwanie wybranych strumieni odpadów w cementowniach. Ten przemysł, będący tradycyjnie istotnym użytkownikiem nieodnawialnych zasobów naturalnych, minerałów i paliw kopalnych, jest zobowiązany do wykorzystania odpadów w celu ochrony tych zasobów bez jednoczesnego produkowania końcowych odpadów [103, CEMBUREAU, 2006], [168, TWG CLM, 2007].

Ponieważ przetwarzanie odpadów nie jest ujęte w niniejszym dokumencie, przydatne informacje dotyczące przetwarzania odpadów można znaleźć w dokumencie referencyjnym dotyczącym najlepszych dostępnych technik dla Przemysłu Przetwórstwa Odpadów. Ponadto należy przestrzegać istniejących wymagań europejskich i krajowych przepisów, np. podczas współspalania odpadów, należy wypełniać wymagania Dyrektywy w sprawie spalania odpadów (WID) [59, Unia Europejska, 2000].

1.2.4.1 Aspekty ogólne

Różne rodzaje odpadów mogą zastąpić surowce i / lub paliwa kopalne w produkcji cementu i mogą przyczynić się do oszczędzania zasobów naturalnych. Zasadniczo cechy procesu wypalania klinkieru umożliwiają korzystne dla środowiska zastosowania w wymianie odpadów na energię i recykling zasobów. Podstawowe cechy procesu wykorzystania odpadów mogą być podsumowane w następujący sposób:

- maksymalne temperatury ok. 2000 °C (główny układ spalania, temperatura płomienia) w piecach obrotowych
- czasy retencji gazu około 8 sekund w temperaturze powyżej 1200 °C w piecach obrotowych
- temperatury materiału około 1450 °C w strefie spiekania pieca obrotowego
- utleniająca atmosfera gazowa w piecu obrotowym
- czas retencji gazu w systemie opalania wtórnego ponad 2 sekundy w temperaturze powyżej 850 °C, w prekalcynatorze, czasy retencji są odpowiednio dłuższe, a temperatury wyższe
- temperatura 850 °C substancji stałych we wtórnym układzie spalania i / lub kalcynatorze
- jednolite warunki wypalania przy wahaniami obciążenia ze względu na wysokie temperatury przez wystarczająco długi czas retencji
- zniszczenie zanieczyszczeń organicznych ze względu na wysokie temperatury przez wystarczająco długi czas retencji
- sorpcja składników gazowych jak HF, HCl, SO₂ na alkalicznych substancjach reagujących
- wysoka zdolność zatrzymywania pyłowych metali ciężkich
- krótki czas retencji spalin w znanym zakresie temperatury prowadzące do 'syntezy de novo' PCDD/F
- kompletne wykorzystanie popiołu paliwa jako komponentu klinkieru, a więc jednoczesny

- recykling substancji (np. również jako składnik surowca) i odzyskiwanie energii
- odpady charakterystyczne dla produktów nie są generowane ze względu na kompletną utylizację materiału w formie klinkieru; jednak niektóre cementownie w Europie usuwają pył obejściowy
 - chemiczno-mineralogiczne włączenie nieulotnych metali ciężkich do struktury klinkieru [60, VDI 2094 Niemcy, 2003], [76, Niemcy, 2006], [168, TWG CLM, 2007].

Badania pokazują, że w piecach obrotowych niebezpieczne substancje są lepiej wchłaniane przez materiał i klinkier niż w innych typach pieców, np. piecach szybowych [75, Estonia, 2006], [76, Niemcy, 2006].

Szeroka gama różnego rodzaju odpadów jest wykorzystywana jako surowce i / lub paliwa. Przed rozważeniem wykorzystania odpadów, należy uwzględnić różne podstawowe zasady, takie jak odpowiedni dobór materiałów odpadowych i rozległe procedury analizy odpadów i wstępnej obróbki. Przetwarzanie tych odpadów musi być przeprowadzone w celu utrzymania standardów jakości klinkieru, ponieważ popioły paliwa są w pełni zawarte w klinkierze. Na pytanie o to, jaki rodzaj odpadów może być używany w określonych cementowniach nie można odpowiedzieć w sposób jednoznaczny.

Uwagi i decyzje muszą być oparte na procesie produkcji klinkieru i warunkach pracy, surowcach i składach paliwa, punktach zasilania, technice oczyszczania gazów spalinowych, biorąc pod uwagę problemy gospodarki odpadami i wymagania obowiązujących przepisów europejskich i krajowych, np. dyrektywy w sprawie spalania odpadów (WID) [59, Unia Europejska, 2000].

Zasadniczo, odpady przyjmowane jako paliwa i / lub surowce muszą zapewniać następujące wartości dodane do pieca cementowego:

- wartość opałowa z odpadów
- wartość materialna z odpadów.

Ponadto, ilości i rodzaje odpadów powinny być rozważone jak również fizyczne i chemiczne składy, właściwości i zanieczyszczenia. Paliwa uzyskiwane z odpadów stosowane przez przemysł cementowy pochodzą wyłącznie z wybranych strumieni odpadów, które wymagają zwykle obróbki wstępnej, np. rozdrabniania, mieszania, mielenia i homogenizacji oraz zapewnienia odpowiedniej jakości. Przygotowanie odpadów odbywa się zwykle w zakładach utylizacji odpadów.

Punkty doprowadzania odpadów do pieca

Odpady wykorzystywane jako surowce są zwykle podawane do systemu pieca w taki sam sposób jak tradycyjne surowce, np. poprzez normalne zasilanie mączki surowcowej.

Jak opisano w rozdziale 1.2.5.1, można wykorzystywać różne punkty dostarczania paliwa do pieca cementowego. Punkty te mogą być również wykorzystane do doprowadzania odpadów jako paliwa i / lub surowca do procesu produkcji cementu. Należy zauważyć, że sposób, w jaki paliwa są wprowadzane do pieca jest bardzo ważny, ponieważ może to mieć wpływ na emisje. Z tych punktów, jest w zasadzie, tylko jeden sposób, w jaki gazy spalinowe z paliw przechodzą przez strefę najwyższej temperatury w piecu, a mianowicie poprzez podawanie paliwa przez główny palnik. Jeśli chodzi o pozostałe punkty, temperatura i czas zależą od konstrukcji pieca i pracy pieca, jak opisano powyżej. Odpady, które są podawane przez główny palnik, będą rozłożone w podstawowej strefie spalania, w wysokich temperaturach do 2000 ° C. Wielokanałowe palniki przeznaczone są do stosowania różnych rodzajów paliw, w tym paliw odpadowych. Odpady podawane do palnika wtórnego, podgrzewacza lub prekalcyntora będą spalane w niższych temperaturach, co nie zawsze jest wystarczające do rozkładu chlorowcowanych substancji organicznych. Składniki lotne w materiałach, które są podawane w górnym końcu pieca lub jako paliwo w kawałkach mogą odparować. Składniki te nie przechodzą przez strefę podstawową spalania i mogą nie zostać rozłożone lub związane w klinkier cementowy. Dlatego też wykorzystywanie odpadów zawierających lotne metale (rtęć, kadm, tal) lub lotne związki organiczne może spowodować wzrost emisji rtęci, kadmu, talu lub emisji organicznych (np. VOC) w razie nieprawidłowego użycia. Należy wziąć pod uwagę te odpady zawierające składniki, które mogą zostać ulotnione w niższych temperaturach przed strefą kalcynacji (Np. węglowodory, rozpuszczalniki, oleje odpadowe). Muszą one być podawane do stref odpowiednio wysokiej temperatury w systemie pieca.

Oszczędność energii dzięki wykorzystaniu odpadów

Przemysł cementowy poprawił efektywność energetyczną w zakresie paliw wykorzystywanych do procesów produkcji cementu i będzie nadal rozwijać alternatywne sposoby na jej poprawę. Jednakże, wartości opałowe paliw z odpadów, które są wykorzystywane w procesie są bardzo ważnymi wymaganiami jakościowymi niezbędnymi do osiągnięcia poprawy skuteczności energetycznej i pozytywnego wkładu w proces termiczny, który obsługuje kalcynację [76, Niemcy, 2006], [89, ERFO, 2005], [103, CEMBUREAU, 2006].

Wpływ przy użyciu odpadów

Informacje o wpływie zastosowania odpadów na emisje można znaleźć w rozdziale 1.3.4.13, a informacje o wpływie na jakość produktu można znaleźć w rozdziale 1.3.4.14 niniejszego dokumentu.

Monitoring parametrów i emisji przy zastosowaniu odpadów jako paliwa i / lub surowców można znaleźć w rozdziale 1.3.9. Ponadto dane dla konkretnych cementowni dotyczące, np. stosowania odpadów, można znaleźć w rozdziale 4.2.2 niniejszego dokumentu.

1.2.4.2 Wykorzystanie odpadów jako surowców

Przydatność chemiczna odpadów wykorzystywanych jako surowce jest ważna i muszą one dostarczyć składników niezbędnych do produkcji klinkieru. Pierwotnie pożądane pierwiastki i związki chemiczne to wapno, krzemionka, tlenek glinu i żelaza, a także siarka, zasady i inne, które można podzielić na różne grupy w zależności od ich składu chemicznego. Wykorzystanie odpadów jako surowców w procesie wypalania klinkieru polega na zastąpieniu siarki i tlenków zawartych w odpadach wykorzystywanych jako surowce. Są to tlenek wapnia (CaO), tlenek krzemu (SiO_2), tlenek glinu (Al_2O_3) lub tlenek żelaza (Fe_2O_3) dla poszczególnych składników surowca. Popiół z elektrowni (popiół lotny), żużel wielkopiecowy i inne pozostałości procesu mogą być używane jako zamienniki dla surowców naturalnych. Tabela 1.12 przedstawia rodzaje odpadów najczęściej używanych jako surowce do produkcji cementu w Europie w 2006 roku.

Popiół lotny	Żużel wielkopiecowy	Pył krzemionkowy
Żużel żelazny	Osad papierowy	Popiół pirytowy
Zużyty piasek odlewniczy	Gleby zawierające oleje	
Szuczony gips (z odsiarczania gazów odlotowych i produkcji kwasu fosforowego)		

Tabela 1.12: Rodzaje odpadów najczęściej używanych jako surowce w europejskim przemyśle cementowym [8, CEMBUREAU, 2001], [91, CEMBUREAU, 2006]

Inne odpady dostarczane są jako tak zwane "współ-mielone" dodatki dla przemiałowni. Popiół lotny może być stosowany zarówno jako surowiec w produkcji klinkieru (głównie ze względu na zawartość tlenu glinu), jak i współ-mielony składnik cementu. Popioły lotne mogą zastąpić nawet do 50% klinkieru cementu portlandzkiego, jednak mogą one zawierać rtęć. Ponadto, odpowiednik przemysłowy gipsu nadaje się do stosowania jako komponent siarczany. Przegląd odpadów stosowanych jako surowce podzielone na różne grupy w zależności od ich składu chemicznego przedstawiono w Tabeli 1.13.

Grupa surowcowa	Przykłady odpadów wykorzystywanych jako surowce
Grupa Ca	Wapno przemysłowe (odpady wapienne) Zawiesina wapienna Osad karbidowy Osady z uzdatniania wody pitnej
Grupa Si	Zużyty piasek z odlewni Piasek
Grupa Fe	Żużel z wielkiego pieca oraz konwertera Popiół pirytowy Hematyt syntetyczny Szlam czerwony
Grupa Al	Szlam przemysłowy
Grupa Si-Al-Ca	Popiół lotny Szlamy Pyły kruszone Gleba
Grupa S	Gips przemysłowy

Grupa F	Szlam z filtra CaF ₂
---------	---------------------------------

Tabela 1.13: Przykładowa lista odpadów wykorzystywanych jako surowce klasyfikowane według ich właściwości chemicznych i stosowanych w piecach cementowych w krajach UE-25 [76, Niemcy, 2006], [91, CEMBUREAU, 2006], [103, CEMBUREAU, 2006]

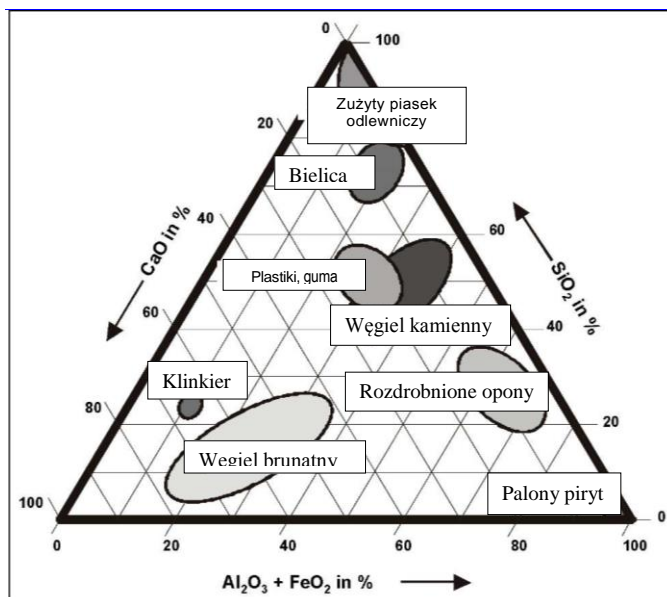
Podobnie jak popiół z paliw konwencjonalnych, popiół z paliw odpadowych zapewnia składniki mineralne dla klinkieru cementowego. Schemat trójskładnikowy na Rysunku 1.6 przedstawia skład różnych popiołów paliwa i odpadów jako surowców, dla których zawartość głównych składników CaO, SiO₂, Fe₂O₃ i Al₂O₃ jest reprezentowana. Jak zaprezentowano, klinkier posiada określony skład, który ma kluczowe znaczenie dla charakterystyki hydraulicznej właściwości cementu. Oznacza to, że wszystkie surowce i popiołu paliwa muszą być starannie dobrane pod względem składu mineralnego i prędkości podawania, aby uzyskać pożądaną skład klinkieru.

Odpady wykorzystywane jako surowce wprowadzane są do procesu spalania klinkieru lub kalcynatora poprzez ścieżkę mączki surowcowej lub przez wlot pieca i / lub kalcynator. Podczas fazy podgrzewania w podgrzewaczu, składniki organiczne mogą być uwalniane z kanału pieca, ze względu na niższe temperatury, które nie zawsze są wystarczające do rozkładu chlorowcowanych substancji organicznych. Podczas przetwarzania tych odpadowych surowców, muszą one być sprawdzone pod kątem potencjalnych emisji lotnych związków organicznych składników, a punkt zasilania musi być odpowiednio wybrany, np. palnik pieca.

Przykładowo, zużyty piasek odlewniczy o wysokiej zawartości substancji lotnych powinien być podawany do wlotu pieca. Pozostałości organiczne spoiwa stosowane w chemicznie połączonych systemach piaskowych mogą być rozłożone w podgrzewaczu. Jednak krótki czas przebywania materiału w fazie niskiej temperatury podgrzewacza zapewnia, że substancje lotne nie są emitowane. Wstępna obróbka zużytego piasku odlewniczego, taka jak separacja kurzu, może zmniejszyć zawartość metali ciężkich. Dzięki zastosowaniu przemysłowego gipsu i lotnego popiołu, podawanie gipsu odbywa się w przemiałowni. Wartość odzyskiwalna wartości opałowej popiołu bogatego w węgiel, tj. do 20% węgla, może być wykorzystana w procesie klinkieru cementowego [76, Niemcy, 2006], [91, CEMBUREAU, 2006], [168, TWG CLM, 2007].

Wymagania, które należy spełnić przy wyborze i wykorzystaniu odpadów jako surowców:

- odpady składają się głównie z elementów klinkierowych
- niska koncentracja metali lotnych, tj. rtęci, talu i innych metali musi być brana pod uwagę
- regularne monitorowanie czynników produkcji, np. używanych materiałów odpadowych poprzez pobieranie próbek i analizy



Rysunek 1.6: Potrójny CaO, SiO₂ i Al₂O₃+Fe₂O₃ schemat klinkieru cementu oraz składników popiołu różnych surowców i spalin [76, Niemcy, 2006]

1.2.4.3 Wykorzystanie odpadów jako paliwa

Paliwa konwencjonalne, takie jak paliwa kopalne, mogą być zastąpione przez paliwa odpadowe, tj. paliwa odpadowe pochodzące z wstępnie obrobionych i posortowanych frakcji odpadów, w tym stałych i ciekłych paliw odzyskanych i / lub biomasy. Szeroka gama różnego rodzaju odpadów jest wykorzystywana jako paliwo, w tym pozostały popiół. Odpady mogą być stałe, płynne lub o konsystencji pasty i są zdefiniowane przez swoje pochodzenie, np. źródła przemysłowe, rolnicze i komunalne. Zużycie paliw z odpadów jest opisane w rozdziale 1.3.3.3, a wpływy na emisje są opisane w rozdziale 1.3.4.13.

1.2.4.3.1 Rodzaje paliw odpadowych

Proces wypalania klinkieru oferuje dobre warunki korzystania z różnych rodzajów odpadów do wymiany części paliw konwencjonalnych (patrz rozdział 1.2.4.1). Wymienione w tabeli 1.14, różne typy odpadów są wykorzystywane jako paliwa w europejskich piecach cementowych, które są skategoryzowane jako niebezpieczne i bezpieczne odpady. Ponieważ te opałowe odpady mogą zastąpić paliwa pierwotne w piecach cementowych, stała jakość odpadów jest istotna (np. odpowiednia wartość kaloryczna, metal, halogen (np. chlor) i zawartości popiołu; odpady muszą być odpowiednie dla palników). Ma miejsce stały wzrost wykorzystania paliw z odpadów w produkcji klinkieru, jednak wzrost wykorzystania odpadów bezpiecznych jest bardziej znaczący niż przy wykorzystaniu odpadów niebezpiecznych [74, CEMBUREAU, 2006], [75, Estonia, 2006], [76, Niemcy, 2006], [92, Austria, 2006].

Tabela 1.14 przedstawia listę stosowania paliw z odpadów pogrupowanych w 14 grupach. Grupy te obejmują kilka kodów EWC, a pełną listę całej struktury grupowania wraz z kategoriami odpadów i ich opisami można znaleźć w tabeli 4.1 w rozdziale 4.2.1. Ponadto przykłady wartości opałowej kilku rodzajów odpadów można znaleźć w tabeli 1.20 rozdziału 1.3.3.3 [74, CEMBUREAU, 2006], [98, Komisja Europejska, 2000], [103, CEMBUREAU, 2006], [168, TWG CLM, 2007].

Grupa Nr. ¹⁾	Rodzaje paliw wtórnych (niebezpieczne i inne niż niebezpieczne)
1	Drewno, papier, karton
2	Tekstylnia

3	Tworzywa sztuczne
4	Cząstki przetworzone (np. RDF)
5	Guma/ opony
6	Osady przemysłowe
7	Osady ze ścieków komunalnych
8	Mączka zwierzęca, tuczczce
9	Węgiel/ odpady węglowe
10	Odpady rolnicze
11	Odpady stałe (trociny impregnowane)
12	Rozpuszczalniki i odpady związane
13	Olej i odpady olejowe
14	Inne

¹⁾ Każda grupa obejmuje kilka kodów EWC, zob.: tabela 4.1 w rozdziale 4.2.1

Tabela 1.14: Różne rodzaje odpadów wykorzystywane jako paliwa w piecach cementowych w UE-27 w latach 2003 i 2004 [74, CEMBUREAU, 2006], [168, TWG CLM, 2007]

1.2.4.3.1.1 Paliwa z odpadów stałych

Nie wszystkie palne odpady nadają się jako paliwo w procesie wypalania klinkieru. Odpady stałe mogą być jednorodnymi lub niejednorodnymi mieszaninami bardzo różnego pochodzenia i komponentów, takich jak:

- palne frakcje, np. papier, karton, tworzywa sztuczne, kauczuk i odpady drzewne
- różne ilości obojętnych materiałów zawierających frakcje organiczne, np. piasek, kamienie, ceramika, żelazo / metale nieżelazne i organiczne materiały mokre
- niebezpieczne frakcje, np. smoła, żywice, impregnowane trociny, lub materiały inne niż niebezpieczne.

Odpady, takie jak mieszane odpady komunalne, mieszane odpady handlowe lub mieszane odpady budowlane, odpady rozbiórkowe i niektóre stałe odpady niebezpieczne muszą być wstępnie przetworzone w zakładach gospodarki odpadami przed ich wykorzystaniem jako paliwa. Zakres operacji przetwarzania odpadów, takich jak sortowanie, kruszenie i granulowanie, zależy od zastosowania paliwa odpadowego.

Techniki przygotowania paliw stałych różnią się znacznie w zależności od źródła i rodzaju odpadów, a także wymagania przemysłu cementowego. Jeden z ważniejszych wymogów wynika z używanego systemu transferu i wypalania do przekazywania paliwa z odpadów do pieca:

- główny układ spalania (przy szczycie/wylocie pieca, wprowadzanie paliwa odpadowego przez lance): bardzo ścierny osad jak skruszony osad oraz cząstki o nietypowych rozmiarach i kształtach mogą sprawiać problemy operacyjne. Kiedy pneumatyczne systemy transferu są używane do podawania paliwa z odpadów stałych do pieca, zatorów i uszkodzeń części obrotowych można uniknąć (system funkcjonuje całkowicie bez części ruchomych). Ilość powietrza wprowadzanego do pieca wraz z odpadami jest znikoma w zakresie stechiometrii spalania pieca. Większe rozmiary cząsteczek wymagają dużych pneumatycznych linii przesyłkowych i dmuchaw. Dlatego też ważnymi etapami obróbki są rozdrabnianie i miękkie granulowanie paliwa odpadowego. (Zazwyczaj wielkość cząstek nie jest większa niż 25 mm). Zaletą zagęszczania przez miękkie granulowanie jest poprawa przepływu i dawkowania właściwości paliwa
- wtórny palnik (paliwo jest podawane przez wlot pieca, przewód wzniosły pomiędzy wlotem pieca obrotowego i najniższym poziomem cyklonowym lub kalcynatorem): ograniczenie wielkości paliwa z odpadów stałych nie jest istotna przy systemie palnika wtórnego. Nawet całe opony mogą być wprowadzone przez wlot pieca lub za pośrednictwem technologii wewnętrznej. Ponadto, mogą być użyte odpady o wysokiej zawartości popiołu .

Stosowane są różne rodzaje odpadów stałych , np.:

- odpady nieszkodliwe wymienione są w Tabeli 1.14, numer grupy 1 - 10
- odpady niebezpieczne wymienione są w Tabeli 1.14, numer grupy 11 - 13.

Rysunek 1.7, Rysunek 1.8 i Rysunek 1.9 pokazują przykłady przygotowanej mieszaniny odpadów wykorzystywanych w cementowniach, takich jak:

- trociny impregnowane niebezpiecznymi odpadami
- paliwa wtórne uzyskiwane w oparciu o papier, tekstylia zarówno przed jak i pokonsumenckie, które są produkowane z folii polietylenowej, kliszy fotograficznej, papieru, polipropylenu, materiałów opakowaniowych i tworzyw sztucznych
- paliwo wtórne składające się odpadów z gospodarstw domowych, papieru zabezpieczonego, kartonu, drewna, dywanów,

tekstyliów i tworzyw sztucznych, które jest stałym, czystym i nieszkodliwym paliwem.

Odpady są analizowane i specjalnie przygotowywane do wykorzystania w piecach [45, Schorcht, 2006], [81, Castle Cement Wielka Brytania, 2006], [107, Belgia, 2006].



<p>Rysunek 1.7: Odpady niebezpieczne impregnowane trociny [168, TWG CLM, 2007]</p>	<p>Rysunek 1.8: Specjalnie przygotowane paliwo odpadowe np. na bazie papieru [81, Castle Cement Wielka Brytania, 2006]</p>	<p>Rysunek 1.9: Specjalnie przygotowane odpady z gospodarstw domowych wykorzystywane jako paliwo w piecach cementowych [82, CEMEX Rugby UK, 2006]</p>
---	---	--

1.2.4.3.1.2 Paliwa z odpadów płynnych

Paliwa z odpadów płynnych mogą być przygotowywane przez mieszanie lub wstępną obróbkę różnych odpadów, takich jak zużyte rozpuszczalniki, resztki farb lub odpady z odpowiednią wartością kaloryczną w specjalnych obiektach gospodarki odpadami. Więcej przydatnych informacji na temat przetwarzania odpadów można znaleźć w dokumencie referencyjnym dotyczącym najlepszych dostępnych technik dla Przemysłu Przetwórstwa Odpadów. [48, Komisja Europejska, 2005]

Należy zachować szczególną ostrożność w stosunku do niektórych płynnych paliw odpadowych (np. rozpuszczalników) przy posługiwaniu się płynnymi paliwami odpadowymi, np. podczas magazynowania, dozowania, w celu uniknięcia emisji związków organicznych. Istnieje szereg technik, np. odzysk oparów, które są stosowane w razie potrzeby. Systemy odzysku oparów działają w sposób umożliwiający przepływ substancji organicznych jedynie przy podłączeniu systemu odzysku oparów, oraz gdy system odzysku oparów oraz przyłączone urządzenia nie emitują gazu do atmosfery podczas normalnego działania, z wyjątkiem uwalniania koniecznego ze względów bezpieczeństwa [76, Niemcy, 2006], [81, Castle Cement Wielka Brytania, 2006], [168, TWG CLM, 2007].

1.2.4.3.2 Wymagania jakościowe dotyczące odpadów oraz kontrola wsadu

Odpady wykorzystywane jako surowce i / lub paliwa w piecach cementowych muszą osiągnąć różne standardy jakości, ponieważ są one w pełni zawarte w klinkierze oraz minimalizować negatywne skutki emisji do atmosfery. Stała jakość odpadów jest konieczna. Aby zagwarantować właściwości paliwa wtórnego, wymagany jest system gwarancji jakości. W szczególności, dotyczy to wymagań dotyczących pobierania próbek, przygotowania próbek, analizy i monitorowania zewnętrznego. Więcej przydatnych informacji można znaleźć w specyfikacji technicznej Europejski Komitetu Normalizacyjnego, takiej jak CEN / TC 343 "Paliwa Stałe Odzyskane". Ponadto, należy uwzględnić wymagania istniejących europejskich i krajowych regulacji. Przy współpalaniu odpadów, muszą być spełnione wymagania dyrektywy w sprawie spalania odpadów (WID), np. wymagania dotyczące procedur przyjmowania spełniane przez operatora, przy użyciu niebezpiecznych odpadów [59, Unia Europejska, 2000]. Zasadniczo, odpady przyjmowane jako paliwa i / lub surowce muszą zapewniać następujące wartości dodane do pieca cementowego:

- wartość opałowa z odpadów
- wartość materialna z odpadów.

Odpady z odpowiednią wartością kaloryczną mogą zastąpić paliwo pierwotne w piecach cementowych. Należy zauważyć, że wartości kaloryczne tych odpadów są bardzo zróżnicowane (patrz rozdział 1.3.3.3).

Przygotowanie różnego rodzaju odpadów palnych lub odpadów z oddzielnymi frakcjami opałowymi do stosowania jako paliwo jest zwykle przeprowadzane poza cementownią. Odpady te są zwykle przygotowane przez dostawcę lub firmy specjalizujące się w obróbce odpadów w specjalnych obiektach gospodarowania odpadami w taki sposób, że mogą być bezpośrednio wykorzystywane w piecach cementowych bez dodatkowej obróbki w cementowni. Dodatkowo, przed ich zastosowaniem w piecu cementowym, dostarczone odpady są także sprawdzane i analizowane regularnie przez pracowników cementowni. Specjalne wyposażenie laboratorium jest wykorzystywane do sprawdzania różnych właściwości jakościowych.

Techniki stosowane do przygotowania i mieszania pewnych cech paliwa wtórnego zależą od właściwości materiału i wymagań użytkowników. Nawet odpady materiałowe, takie jak odpady produkcyjne, są przetwarzane i mieszane przed użyciem w obiektach unieszkodliwiania odpadów, w celu zapewnienia jednorodnej mieszaniny o prawie stałych cechach, takich jak właściwości termiczne i skład chemiczny. Tylko w niektórych przypadkach można stosować odpady w takiej formie, w jakiej są dostarczane, bez dalszej obróbki, na przykład zużyte opony lub zużyty olej. Wszelkie niejednorodne odpady, jak mieszane odpady stałe z różnych źródeł, lub oddzielone frakcje z mieszanych odpadów komunalnych, wymagają większych starań z zakresu monitorowania działań w celu osiągnięcia niezawodnej jakości przy stałej niskiej emisji zanieczyszczeń.

Ważnymi cechami i parametrami paliw odpadowych są wartość opałowa wraz z zawartością wody, popiołu, siarki, chloru i metali ciężkich (szczególnie rtęci, kadmu i talu). Dodatkowo, przystosowanie do palników jest bardzo ważne. Chlor może mieć negatywny wpływ na proces produkcji. Dopuszczalne stężenie chloru zależy więc od indywidualnej sytuacji w zakładzie; jednak stężenie to jest utrzymywane na możliwie najniższym poziomie, w celu uniknięcia problemów operacyjnych w systemie pieca, np. zatoru w podgrzewaczu. W przypadkach, gdy podawana jest duża ilość chloru, zwykle może być konieczny by-pass chloru w celu uniknięcia korozji, zatorów, przestojów, itp. (patrz rozdział 1.2.5.4.1). Typowe stężenia chloru mieszczą się w zakresie <0,5 - 2%. Poszczególne systemy i dane techniczne zostały opracowane w UE-27 do oceny i kontroli przydatności paliw wtórnych, np. zostały opracowane listy z maksymalnymi wartościami zanieczyszczeń dopuszczalnymi dla wybranych odpadów do wykorzystania w procesie wypalania klinkieru. Aspekty charakterystyczne dla danych cementowni zostały wzięte pod uwagę w specyfikacji opartej zarówno na wymaganiach procesów i zezwoleń konkretnych zakładów. Ponadto, specyfikacje określają normy techniczne dostarczania płynnych paliw wtórnych. Przykład wewnętrznych specyfikacji paliw wtórnych jest opisany w rozdziale 4.2.2.1 i tabeli 4.9. Ponadto przykłady kryteriów wejściowych dla różnych substancji odpowiednich paliw wtórnych akceptowanych w niektórych krajach UE są podane w rozdziale 4.2.2.1.1.

Inne wykorzystywane systemy głównie koncentrują się na zawartości metali (patrz rozdział 1.2.4.3.2.1). Należy zauważyć, że inne materiały które nie spełniają wszystkich tych warunków mogą być również stosowane. W przypadku zastosowania osadów ściekowych lub odpadów drzewnych, zawartość rtęci musi być regularnie monitorowana ze względu na możliwość emisji rtęci.

Ponadto paliwo wtórne musi być dostępne w wystarczającej ilości. Wybór źródła jest pierwszym działaniem w celu uwzględnienia pojedynczych strumieni w celu zmniejszenia ilości materiałów, które mogą powodować problemy z działaniem lub jakością w procesie produkcji cementu.

Wymagania dotyczące jakości produktów powinny być brane pod uwagę w zakresie doboru paliw (konwencjonalnych lub wtórnych). W konsekwencji istnieje ograniczenia dotyczące rodzajów i ilości paliw wtórnych odpowiednich do stosowania w produkcji cementu, co jest silnie uzależnione od warunków panujących w danym zakładzie [75, Estonia, 2006], [76, Niemcy, 2006], [89, ERFO, 2005], [103, CEMBUREAU, 2006], [168, TWG CLM, 2007].

Przydatne informacje dotyczące przetwarzania odpadów można znaleźć w dokumencie referencyjnym na temat najlepszych dostępnych technik dla przemysłu przetwórstwa odpadów, gdzie zostały opisane m.in. przykłady specyfikacji odpadów, które mogą być przyjęte jako paliwo w piecach cementowych w niektórych krajach [48, Komisja Europejska, 2005].

1.2.4.3.2.1 Stężenia metali w odpadach

Stężenia metali mogą się różnić w zależności od pochodzenia odpadów. W wielu krajach europejskich, regulatorzy i / lub przedstawiciele przemysłu stworzyli listy maksymalnych wartości dopuszczalnych dla różnych substancji odpadowych, które mogą być wykorzystane jako paliwo i / lub surowce. Przykłady typowych zakresów stężeń metali i typowych kryteriów wejścia dotyczących różnych substancji odpowiednich paliw odpadowych w różnych krajach w Europie można znaleźć w rozdziale 4.2.2.1.1. Inne wartości mogą być zawarte również w innych zatwierdzonych charakterystykach środowiskowych dotyczących określonych odpadów. Jednak nie istnieje uzgodniona wartość progowa, gdyż w zależności od lokalnych warunków stosowane są różne kryteria. Stosowane Kryteria mogą obejmować:

- krajową politykę i przepisy ochrony środowiska
- Znaczenie wpływu przemysłu cementowego w kontekście regionalnego rozwoju przemysłowego
- działania na rzecz harmonizacji regionalnych przepisów i standardów ochrony środowiska
- poziomy substancji w tradycyjnych surowcach i odpadach

- warunki produkcji i emisje
- alternatywne metody obróbki dostępnych odpadów
- wymagane minimalne wartości kaloryczne
- wymagania dotyczące jakości cementu.

1.2.4.3.3 Przechowywanie i postępowanie z odpadami

Zazwyczaj, paliwa odpadowe są przygotowywane w specjalnych obiektach gospodarki odpadami. Dostarczane odpady muszą być przechowywane w cementowni, a następnie porcjowane do dozowania do pieca cementowego. Ponieważ dostawy odpadów nadających się do użycia jako paliwo, bywają zróżnicowane, a przy dynamicznie rozwijających się rynkach odpadów, zaleca się projektowanie uniwersalnych zakładów przechowywania /przetwórstwa.

Płynne paliwa wtórne są w większości odpadami niebezpiecznymi. Musi to być brane pod uwagę przy postępowaniu z płynnymi paliwami wtórnymi, np. podczas przechowywania, dozowania (patrz rozdział 1.2.4.3.1.2) [76, Niemcy, 2006]. Ponadto, zarządzanie bezpieczeństwem potencjalnie samozapalnych materiałów powinno być uwzględnione przy stosowaniu paliw wtórnych pochodzących z wstępnie posortowanych i przetworzonych frakcji odpadów.

Przydatne informacje dotyczące przechowywania materiałów można również znaleźć w dokumencie referencyjnym dotyczącym najlepszych dostępnych technik dotyczących emisji z magazynowania [96, Komisja Europejska, 2006].

1.2.5 Wypalanie klinkieru

Ta część procesu jest najważniejsza ze względu na potencjalne emisje oraz jakość produktu i koszty. W procesie wypalania klinkieru mąka surowcowa (lub szlam w przypadku metody mokrej) jest wprowadzana do linii pieca obrotowego, gdzie jest suszona, wstępnie podgrzewana, kalcynowana i spiekana tworząc klinkier cementowy. Klinkier jest chłodzony powietrzem, a następnie składowany.

W procesie wypalania klinkieru, wymagane są wysokie temperatury procesu do konwersji mieszanki surowców w klinkier cementowy. Istotne jest utrzymywanie temperatury wsadu w zakresie 1400–1500 °C w strefie spiekania oraz temperatury płomienia na poziomie około 2000 °C. Ponadto klinkier wymaga wypalania w atmosferze utleniającej. Z tego powodu wymagany jest nadmiar powietrza w strefie spiekania pieca cementowego.

Do produkcji białego cementu, proces spiekania wywołuje temperatury w strefie spiekania do 1600 °C, w zależności od składu mieszanki surowców i składu pożądanego produktu końcowego. Wymagane są temperatury płomienia wyższe niż 2000 °C ze względu na brak elementów wiążących w surowcach, które mogłyby zmienić kolor produktu. Ogólnie rzecz biorąc, utrzymywane są warunki ograniczające w celu uniknięcia utleniania niektórych elementów, które mogłyby zabarwić klinkier. Ponadto, wybór paliwa bezpopiołowego i talku-magnezytowego lub innych magnezytowych materiałów ogniotrwałych ze spoiwem spinelowym jest niezbędny, aby uniknąć zanieczyszczenia klinkieru. Jakość białego cementu w dużym stopniu zależy od techniki produkcji [119, Sobolev, 2001], [120, Hiszpania, 2007], [138, Włochy, 2007].

Piece obrotowe, od czasu ich wprowadzenia około 1895 roku, stanowią do dzisiaj główną część każdej nowoczesnej instalacji produkcji klinkieru. Pionowe piece są w dalszym ciągu używane do produkcji wapna, tylko w niewielu krajach używa się ich do produkcji klinkieru i w tych przypadkach są to piece o małych wydajnościach.

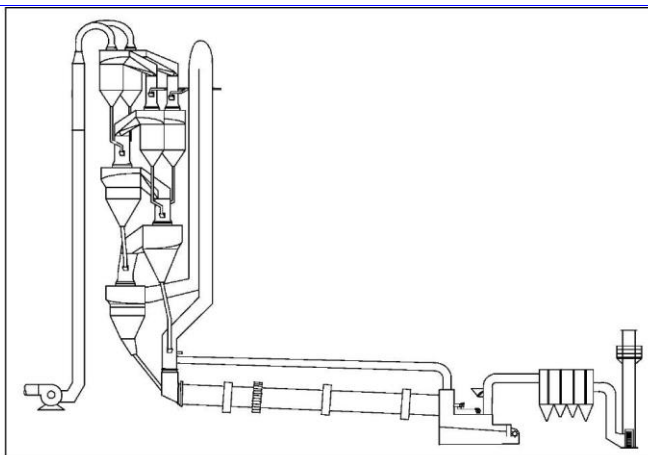


Figure 1.10: Schematic view of a preheater/precalciner/grate cooler kiln

Rysunek 1.10: Schemat podgrzewacza/prekalcynatora/rusztu chłodnika pieca [72, CEMBUREAU, 2006-2008,]

Pierwszymi piecami obrotowymi były długie piece metody mokrej, gdzie całkowity odbiór ciepła dla procesu termicznego odbywa się w samym piecu. Wraz z wprowadzeniem metody suchej, optymalizacja doprowadziła do technologii umożliwiających suszenie, podgrzewanie i kalcynację w urządzeniach stacjonarnych, a nie w tylko piecu obrotowym.

Piec obrotowy składa się ze stalowej rury o stosunku długości do średnicy między 10:1 i 38:1. Rura podparta jest na dwóch do siedmiu zespołach rolek nośnych (lub więcej), ma pochylenie od 2,5 do 4,5%, a napęd obraca piec wokół osi z prędkością od 0,5 do 4,5 obr/min. Pochylenie rury w połączeniu z obrotami powoduje powolny transport materiału wzdłuż pieca. W celu ochrony przed działaniem bardzo wysokich temperatur wewnątrz całego pieca wykładane jest ogniotrwałą cegłą (wymurówką). Wszystkie piece długie i niektóre krótkie wyposażone są w elementy wewnętrzne (strefy łańcuchowe, krzyżaki, podnośniki), poprawiające wymianę ciepła. Przejściowe narosty materiału mogą pojawiać się na wewnętrznych ścianach pieca obrotowego w zależności od procesu, surowców itd. Zwane są one pierścieniami i mogą się formować na wlocie do pieca (pierścienie siarczanowe), w pobliżu strefy spiekania (pierścienie klinkierowe) oraz na wylocie z pieca (pierścienie popiołowe). Dwa ostatnie rodzaje pierścieni mogą się niespodziewanie oderwać, co powoduje nagły wzrost ilości gorącego materiału o niskiej jakości opuszczającego piec, który może być poddany ponownej obróbce lub usunięty jako odpad. Obiektami powstawania narostów mogą być także cyklony i podgrzewacze rusztowe, co może prowadzić do blokady przepływu materiału.

Przy tym rodzaju pieca należy zauważyć, że problemy mogą wystąpić w przypadkach, gdy występuje nadmierne dozowanie elementów obiegu (chlorki, siarka, zasady) z nadawy i / lub paliwa (Patrz rozdział 1.2.4.3.2 i 1.2.5.3.4).

1.2.5.1 Opalanie pieców

Paliwo podawane przez główny palnik tworzy główny płomień o temperaturze około 2000 °C. Dla potrzeb optymalizacji procesu płomień musi być regulowany w wymaganym zakresie. W nowoczesnych palnikach, przy opalaniu pośrednim, płomień jest kształtowany i regulowany powietrzem pierwotnym (stanowiącym 10-15% całkowitego powietrza spalania).

Potencjalnymi punktami podawania paliwa do linii piecowej są:

- główny palnik umieszczony w głowicy pieca,
- rynna zsykowa w komorze wlotowej pieca (paliwo kawałkowe),
- palniki wtórne (dopalacze) do przewodu wzniosowego,
- palniki prekalcynacji do prekalcynatora,
- rynna zsykowa do prekalcynatora (paliwo kawałkowe),
- śluza w części środkowej pieca dla pieców długich metody suchej lub mokrej (paliwo kawałkowe).
- końcówka rusztu Lepola.

Instalacje opalania pyłem węglowym/koksowym mogą działać w układzie bezpośrednim lub pośrednim. Instalacje opalania bezpośredniego pracują bez urządzeń do składowania i dozowania pyłu węglowego. Sproszkowane paliwo jest wdmuchiwane do pieca bezpośrednio z młyna węgla wraz z powietrzem przewietrzającym działającym jako nośnik pyłu oraz jako (kształtujące płomień) powietrze pierwotne. Opalanie bezpośrednie ma szereg wad. W szczególności przez takie opalanie straty ciepła z układu piecowego wynoszą około 200-250 MJ/tonę klinkieru (6-8% więcej niż w nowoczesnych układach). Stąd też opalanie bezpośrednie stosuje się dzisiaj rzadko.

Paliwo olejowe, o odpowiedniej lepkości i ciśnieniu, jest wprowadzane przez dysze rozpylające do wnętrza pieca tworząc np. główny płomień. Płomień kształtują przede wszystkim palniki wielokanałowe z głowicą rozpylającą olej umieszczoną centralnie.

Palniki na gaz ziemny są również projektowane zgodnie z zasadą wielu kanałów, tym samym gaz pozwala zastępować nie tylko pył węglowy i olej, ale także powietrze pierwotne.

Również palniki wielokanałowe są projektowane do wykorzystywania różnych typów paliw wtórnych (patrz rozdział 1.2.4). Przykład pokazany jest na rys. 1.11.



Rysunek 1.11: Przykład wielokanałowego palnika
[107, Belgia, 2006]

1.2.5.2 Długie piece obrotowe

Długie piece obrotowe mogą być zasilane szlamem, rozdrobnionym płackiem pofiltracyjnym, granulem lub suchą mąką i dlatego też można je wykorzystywać w każdej technologii. Największe długie piece mają stosunek długości do średnicy 38:1 i długość nawet ponad 200 m. Te potężne jednostki produkują około 3600 ton klinkieru dziennie stosując metodą moką (Belgia, USA, kraje byłego ZSRR). Długie piece są zaprojektowane do suszenia, podgrzewania, kalcynacji i spiekania, a zatem wymagają uzupełnienia jedynie o układ dozowania oraz o chłodnik klinkieru. Wlotowa część długiego pieca wyposażona jest w strefę łańcuchową i elementy stałe, które poprawiają wymianę ciepła.

Piece pracujące metodą moką, stosowane od 1895 roku, są najstarszymi typami pieców obrotowych, używanych do produkcji klinkieru cementowego. Metodę moką stosowano początkowo, dlatego że homogenizacja płynnego materiału była łatwiejsza. Nadawa do pieców metody mokrej zawiera najczęściej od 32% do 40% wody. Jest to niezbędne dla zachowania płynności nadawy. Woda ta musi być odparowana w specjalnie zaprojektowanej strefie suszenia w części wlotowej pieca, gdzie wykorzystywana jest znaczna część ciepła ze spalania paliwa. Technologia ta charakteryzuje się wysokim zużyciem ciepła prowadzącym do emisji znacznych ilości gazów spalinowych i pary wodnej.

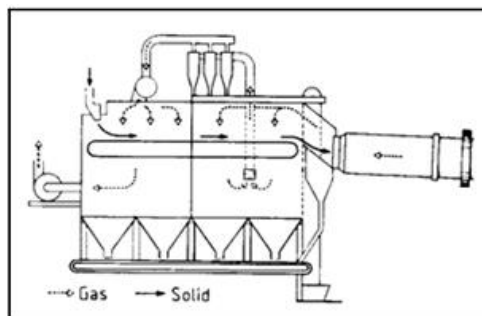
Technologia długich pieców metody suchej została rozwinięta w USA w oparciu o okresowe systemy homogenizacji surowców. Z uwagi na wysokie zużycie paliwa tylko kilka tego typu pieców zainstalowano w Europie.

1.2.5.3 Piece obrotowe wyposażone w zewnętrzne podgrzewacze

Piece obrotowe wyposażone w zewnętrzne podgrzewacze mają typowo stosunek długości do średnicy pomiędzy

1.2.5.3.1 Technologia podgrzewaczy rusztowych

Technologia podgrzewaczy rusztowych, bardziej znana pod nazwą pieca Lepola, opracowana została w 1928 roku. Było to pierwsze rozwiązanie pozwalające na przeniesienie części procesu wypalania klinkieru na zewnątrz pieca. Dzięki niemu można było skrócić piec, tym samym zmniejszając straty ciepłe i podnosząc efektywność energetyczną.



Gaz Ciała stałe

Rysunek 1.12: Podgrzewacz rusztowy
[39, Ullmann, 1986]

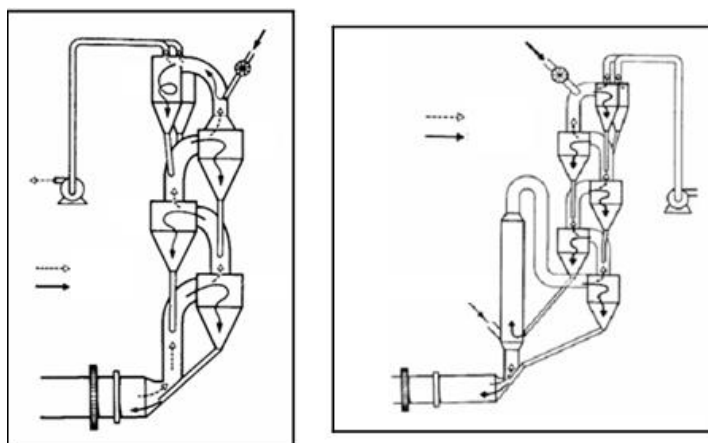
W podgrzewaczu rusztowym (patrz rysunek 1.12) granule powstałe z suchej mąki na granulatorach talerzowych (metoda półsucha) lub rozdrobnionego placka po filtracji szlamu (metoda półmokra) wprowadza się na poziomy ruszt wędrowny, poruszający się w zamkniętym tunelu. Tunel podzielony jest na komorę gorących i komorę suszącą za pomocą przegrody z otworem na ruszt. Gazy odlotowe z pieca obrotowego są odciągane wentylatorem do górnej części podgrzewacza, a następnie w dół przez warstwę granul pośredniego odpylacza cyklonowego. W cyklonach usuwane są duże ziarna pyłu, które mogłyby powodować zużycie wentylatora. Kolejny wentylator odciąga gazy od góry komory suszenia poprzez warstwę mokrych granul, a następnie tłoczy je na zewnątrz do odpylacza. Aby uzyskać optymalną sprawność cieplną, podgrzewacze rusztowe w metodzie półmokrej mogą być wyposażane w potrójny układ przepływu gazu, a do suszenia surowca wykorzystuje się odpadowe powietrze z chłodnika. Największa wybudowana jednostka z podgrzewaczem rusztowym ma wydajność 3300 ton/dobę i pracuje metodą półmokrą.

Gazy odlotowe z pieca na wejściu do podgrzewacza mają temperaturę 1000-1100 °C. Po przejściu przez warstwę materiału w komorze gorących gazów schładzają się do 250-300 °C, a opuszczają komorę suszącą w temperaturze 90-150 °C. Materiał do wypalania ma temperaturę około 150 °C w komorze suszącej i 700-800 °C w komorze gorących gazów.

1.2.5.3.2 Technologia podgrzewaczy w stanie zawieszenia

Opracowanie technologii podgrzewania w stanie zawieszenia w latach 30-tych stanowiło znaczący postęp. Wstępne podgrzewanie, a nawet częściowa kalcynacja suchej mąki surowcowej (metoda sucha/półmokra), ma miejsce dzięki utrzymywaniu mąki w zawieszeniu w gorących gazach odlotowych z pieca obrotowego. Znacznie zwiększona powierzchnia kontaktu pozwala, przynajmniej w teorii, na prawie całkowitą wymianę ciepła.

Dostępne są różne typy podgrzewaczy w stanie zawieszenia. Przykłady są pokazane na rysunku 1.13 i 1.14. Mają one zwykle od czterech do sześciu stopni cyklonów, które umieszczono jeden nad drugim w wieży o wysokości 50-120 m. Najwyższy, górny poziom może składać się z dwóch równoległych cyklonów dla lepszej separacji pyłów. Gazy odlotowe z pieca przepływają od spodu ku górze przez kolejne stopnie cyklonów. Sucha mąka surowcowa podawana jest do podgrzewacza przed najwyższym stopniem cyklonów. Tutaj jest oddzielana od strumienia gazów, po czym łączy się z nim przed cyklonem następnego stopnia. Proces ten powtarza się na każdym kolejnym stopniu, aż w końcu materiał oddzielony w ostatnim stopniu trafia do pieca obrotowego. Ten naprzemienny proces mieszania, separacji i powtórzonego mieszania w wyższej temperaturze jest konieczny dla optymalnej wymiany ciepła.



Ciało stałe	Gaz	IV Palnik wtórny
<p>Rysunek 1.13: Podgrzewacz w stanie zawieszenia [39, Ullmann, 1986]</p>	<p>Rysunek 1.14: Podgrzewacz w stanie zawieszenia z prekalcytorem [39, Ullmann, 1986]</p>	

1.2.5.3.3 Podgrzewacze szybowe

Po wprowadzeniu technologii w stanie zawieszenia wybudowano znaczną ilość podgrzewaczy o konstrukcji szybowej, zapewniających teoretycznie lepszą wymianę ciepła. Jednak trudności w zapewnieniu równomiernego rozkładu mąki w strumieniu gazów sprawiły, że rzeczywiste rezultaty okazały się znacznie gorsze od oczekiwanych. W związku z tym zarzucono technologię podgrzewaczy szybowych, preferując rozwiązania hybrydowe z dodatkowymi stopniami cyklonów lub z kompletnymi podgrzewaczami cyklonowymi. Niektóre

z tych układów hybrydowych pracują do dziś, niemniej większość przebudowano całkowicie na podgrzewacze cyklonowe.

Stopień szybowy jest znacznie mniej wrażliwy na problemy narostu materiału niż stopień cyklonowy, co może być jego zaletą w dolnym stopniu w przypadku nadmiernej zawartości składników lotnych (chlorków, siarki, alkaliów). Wymienniki hybrydowe z dolnym stopniem szybowym są wciąż stosowane w nowo budowanych cementowniach.

Typowa wydajność pieców z podgrzewaczami szybowymi nie przekraczała 1500 ton/dobę, podczas gdy w układzie hybrydowym mogą uzyskiwać 3000 ton/dobę lub więcej.

1.2.5.3.4 Czterostopniowe podgrzewacze cyklonowe

Układ piecowy z czterostopniowym podgrzewaczem cyklonowym (podgrzewacz w stanie zawieszenia, patrz rysunek 1.13) był standardową technologią w latach 70-tych, kiedy budowano wiele cementowni o wydajności w zakresie 1000 do 3000 ton/dobę. Gazy odlotowe o temperaturze około 300 °C - 400 °C u szczytu podgrzewacza

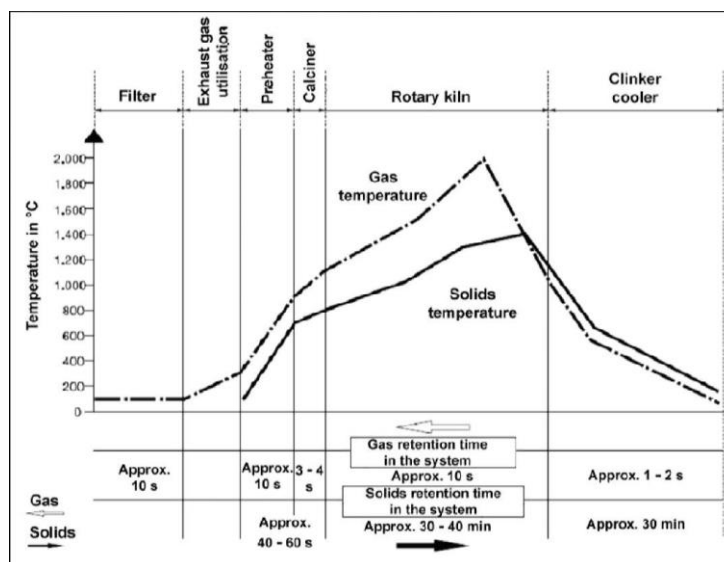
standardowo wykorzystuje się do suszenia surowca.

Mąka surowcowa wchodząca do pieca jest już w około 30% skalcynowana, gdyż nadawa pieca jest wstępnie podgrzana do ok 850 °C poprzez zastosowanie gazów spalinowych. W przeszłości napotymano poważne problemy w eksploatacji czterostopniowych podgrzewaczy w przypadkach dużego wpływu składników lotnych (chlorków, siarki, alkaliów), pochodzących z nadawy i/lub paliwa. Zwiększony obieg tych składników prowadził do tworzenia narostów w cyklonach i na ścianach przewodów, co powodowało częste blokady materiału i kilkudniowe postoje pieca. Najczęstszym rozwiązaniem tego problemu jest by-pass części gazów odlotowych bogatych w pył i wyprowadzanie ich poza układ cyklonów. Gazy by-passu są schładzane w celu kondensacji alkaliów, a następnie, przed wylotem do atmosfery, skierowane do odpylacza. Jeśli w niektórych rejonach konieczne jest utrzymywanie niskiego poziomu alkaliów w klinkierze, pył by-passu wraz z częścią pyłów piecowych jest wysyłany na wysypisko. We wszystkich innych przypadkach wraca do procesu produkcji.

Niemal wszystkie czterostopniowe podgrzewacze cyklonowe współpracują z piecami obrotowymi usytuowanymi na trzech podporach. Jest to rozwiązanie standardowe od lat 70-tych. Piece o średnicy 3,5 do 6m konstruowane były przy stosunku długości do średnicy od 13:1 do 16:1. Mechanicznie prostsze od pieców długich metody suchej lub mokrej, są dzisiaj prawdopodobnie najbardziej rozpowszechnionymi układami piecowymi.

1.2.5.4 Piece obrotowe z podgrzewaczami i prekalcynatorami

Technologia wstępnej kalcynacji w przemyśle cementowym jest dostępna od około 1970 roku. W tym procesie doprowadzenie ciepła jest rozdzielone na dwa punkty. Podstawowe spalanie paliwa ma miejsce w strefie spiekania pieca obrotowego. Wtórne spalanie (dopalenie) odbywa się w specjalnej komorze, ulokowanej między piecem obrotowym, a wymiennikiem ciepła. W komorze tej spalaniu ulega nawet do 60% całkowitego paliwa, użytego w procesie wypalania z prekalcynacją. Dzieje się tak ze względu na znacznie dłuższy czas retencji gorącej mączki surowcowej, gazy odlotowe w dolnej części podgrzewacza cyklonowego oraz użyciu dodatkowego powietrza trzeciorzędowego. Energia ta jest zasadniczo zużyta na kalcynację mąki surowcowej, która jest prawie całkowicie skalcynowana przed wejściem do pieca. Kalcynacja na poziomie 90% jest możliwa do osiągnięcia. Gorące powietrze do spalania jest doprowadzane z chłodnika klinkieru. Materiał opuszcza wstępny kalcynator w temperaturze około 870 °C. Profile temperatury gazów i cząstek stałych w układzie pieca z podgrzewaczem cyklonowym są pokazane na Rysunku 1.15.



Filtr Wykorzystanie gazów odlotowych Podgrzewacz Kalcynator Piec obrotowy Chłodnik klinkieru
Temperatura gazów
Temperatura ciał stałych

Przemysł produkcji Cementu, Wapnia i Tlenku Magnezu

Ok. 10 s Ok. 10 s 3-4 s Czas zatrzymania gazu w systemie ok. 10 s Ok. 1-2 s

Gaz / Ciała stałe

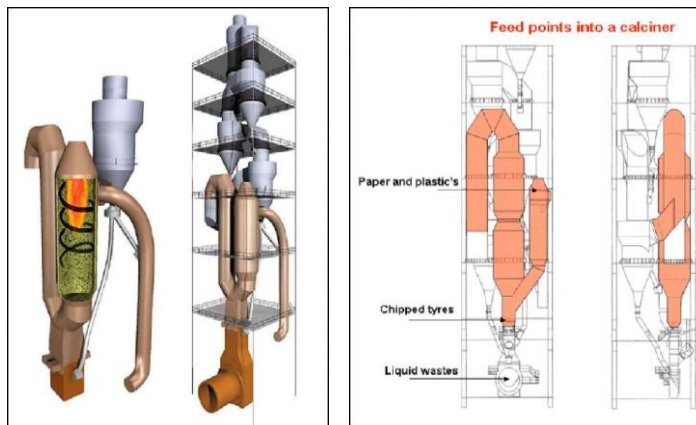
Ok. 40-60 s Czas zatrzymania ciał stałych w systemie ok. 30-40 min Ok. 30 min

Temperatura w °C

Rysunek 1.15: Profile temperatury gazów i cząstek stałych w systemie pieca z podgrzewaczem cyklonowym [60, VDI 2094 Niemcy, 2003]

Rysunek 1.14 przedstawia schemat tego procesu zastosowany w układzie pieca z podgrzewaczem w stanie zawieszenia. W zasadzie opalanie wtórne można stosować także w układzie pieca z podgrzewaczem rusztowym. Przy danej wielkości pieca prekalcyngacja zwiększa wydajność klinkieru.

Linia piecowa z pięciostopniowym podgrzewaczem cyklonowym i prekalcyngatorem jest uznawana za standardową technologię dla nowych zakładów. Przykład pokazany jest na rys. 1.16. Przy wykorzystaniu odpadów jako paliwa, technika kalcynatora jest pokazana na rysunku 1.17.



Rysunek 1.16: Przykład odrębnej linii/ kalcynatora zstępującego [81, Castle Cement Wielka Brytania, 2006]

Rysunek 1.17: Przykład punktów podawania odpadów do kalcynatora [81, Castle Cement Wielka Brytania, 2006]

Legenda: Punkty podawania do kalcynatora

Odpady papierowe i plastikowe

Opony w kawałkach

Odpady płynne

Wydajność nowej linii jest przede wszystkim określana na podstawie prognoz rozwojowych rynku, ale także kosztów przedsięwzięcia. Typowa wydajność jednostki piecowej w nowych cementowniach europejskich wynosi od 3000 do 5000 ton/dobę. Technicznie możliwe są większe jednostki o wydajności do 15000 ton/dobę, a w roku 2007 kilka pieców o wydajności 10000 ton/dobę każdy działało na rynku azjatyckim.

Weześniejsze prekalcyngatory posiadały tylko cztery stopnie wymiennika cyklonowego z odpowiednio wyższą temperaturą gazów odlotowych i większym zużyciem paliwa. Tam, gdzie naturalna wilgotność surowców jest niska, preferowany może być wybór sześciostopniowych podgrzewaczy, zwłaszcza w połączeniu z odpylaczami workowymi.

Jeżeli występuje nadmierny wpływ składników lotnych, wymagany jest układ by-passu części gazów odlotowych dla utrzymania ciągłej pracy pieca. Jednak z powodu różnej charakterystyki przepływowej gazów, by-pass w piecu z prekalcyngatorem jest znacznie bardziej efektywny niż w piecu tylko z podgrzewaczem.

Mimo faktu, że mąka trafia do pieca zdekarbonizowana w 75-95%, większość pieców z prekalcyngatorem w dalszym ciągu posiada wewnętrzną strefę kalcynacji, tj. stosunek długości do średnicy od 13:1 do 16:1, podobnie jak piece tylko z podgrzewaczem.

1.2.5.4.1 Układy by-passu

Wprowadzając surowce, jak również paliwa (łącznie z odpadowymi) zawierające chlor, siarkę i alkalia, do układu pieca, wewnętrzny obieg pomiędzy piecem i podgrzewaczem działa jak cykl wzbogacający. Przy wyższych stężeniach, taki cykl powoduje tworzenie się osadów w rejonie wlotu pieca, kalcynatora oraz obu dolnych poziomach. Jako, że jednolita praca pieca z minimalną liczbą zakłóceń jest podstawą efektywnej energetycznie produkcji klinkieru, należy unikać zatrzymań wynikających z formowania się powłoki. Dlatego wysoki obieg alkaliów, chloru oraz, w mniejszym stopniu, siarki wymusza zastosowanie by-passu gazowego przy wlocie do pieca. Poprzez usunięcie części gazów z procesu, usuwane są nie tylko chlor, siarka i alkalia, ale także inne substancje. Usuwanie gorącego surowca i gorącego gazu prowadzi w konsekwencji do wyższego zużycia energii o około 6 - 12 MJ/tonę klinkieru na każdy procent usuniętego gazu odlotowego. Typowa przepustowość by-passu to do 15 % dla by-passu chloru i do 70 % dla by-passu siarki. Związane z tym oczyszczanie SO_x wydobytego wraz z gazem regulowane jest przez:

- ilość reaktywnego wapna
- czas retencji w wysokich temperaturach > 300 ° C
- czas retencji w niższej temperaturze <200 ° C w obecności wody (pary).

By-pass może powodować dodatkowe emisje zależnie od konfiguracji. Może być użyta dodatkowa energia termiczna. [76, Niemcy, 2006], [86, EURITS, 2006], [89, ERFO, 2005], [103, CEMBUREAU, 2006].

1.2.5.5 Piece szybowe

W Europie funkcjonuje kilka cementowych pieców szybowych. Tego typu piece składają się z pionowego cylindra stalowego o średnicy 2-3 m i wysokości 8-10 m, wyłożonego wymurówką ogniotrwałą. Są zasilane od góry mąką w postaci granul i pyłem węglowym lub koksem. Materiał poddawany wypalaniu wędruje przez krótką strefę spiekania w górnej, lekko poszerzonej części pieca. Następnie jest chłodzony powietrzem spalania wdmuchiwanym od spodu i jako gotowy klinkier opuszcza piec w dolnej jego części poprzez ruszt rozładowniczy. Piece szybowe produkują mniej niż 300 ton klinkieru na dobę. Są one opłacalne tylko dla małych cementowni, z tego powodu ich ilość zmalała.

1.2.5.6 Gazy odlotowe z pieca

We wszystkich typach instalacji piecowych gazy odlotowe przed wlotem do głównego komina trafiają do urządzeń obniżających zanieczyszczenie powietrza (elektrofiltrów lub filtrów workowych), gdzie następuje ich odpylenie.

W metodzie suchej gazy odlotowe mają stosunkowo wysoką temperaturę i mogą dostarczać ciepło do młyna surowca w czasie jego ruchu (powiązana praca pieca). Jeżeli młyn nie działa (bezpośrednia praca pieca), gazy odlotowe chłodzone są wtryskiem wodnym w wieży stabilizacyjnej przed odpylaczem, zarówno dla zmniejszenia ich objętości, jak i polepszenia podatności do wytrącania pyłów.

1.2.5.6.1 Piki CO

Tlenek węgla może powstawać z każdego organicznego składnika zawartego w surowcach i, czasami, z powodu niepełnego spalania paliwa. CO pochodzący z surowca wskutek podgrzewania jest odciągany razem z gazami odlotowymi z pieca.

Kontrola poziomu CO jest niezwykle istotna w piecach cementowych (i wapienniczych), które do odpylenia gazów używają elektrofiltrów, gdyż jego koncentracja musi być utrzymywana znacznie poniżej dolnej granicy wybuchowości. Jeżeli poziom CO w elektrofiltrze wzrasta powyżej określonego poziomu jak pokazano w Tabeli 1.38 (patrz rozdział 1.4.5.3), wtedy system elektryczny wyłącza się samoczynnie, aby uniknąć ryzyka eksplozji. Prowadzi to do emisji niewytrąconych pyłów piecowych. Piki CO mogą wynikać z niestabilnej pracy układu spalania paliwa. Taka sytuacja występuje czasami przy dozowaniu paliw stałych, dlatego też układy podające paliwo stałe muszą być tak zaprojektowane, aby zapobiegać jego przerzutom przez palnik. Szczególnie niebezpieczna jest zawartość wilgoci w paliwie stałym, dlatego musi być uważnie kontrolowana, aby zapobiec tworzeniu się narostów i blokad w układzie przygotowania i podawania paliwa.

Wytyczne dotyczące kontroli pików CO można znaleźć w rozdziale 4.2.6.

1.2.5.7 Chłodniki klinkieru

Chłodnik klinkieru jest integralną częścią układu piecowego i ma decydujący wpływ na wskaźniki i oszczędności procesu obróbki termicznej. Chłodnik spełnia dwa zadania: (a) odzyskuje jak najwięcej ciepła z gorącego klinkieru (1450 °C), które jest następnie zwracane do procesu oraz (b) obniża temperaturę klinkieru do poziomu odpowiedniego dla urządzeń w dalszej przeróbce.

Ciepło jest odzyskiwane przez podgrzewanie powietrza spalania dla podstawowego i wtórnego opalania, możliwie jak najbliższej granicy termodynamicznej. Jednakże jest to utrudnione przez wysokie temperatury, własności ściernie klinkieru oraz jego znaczną rozpiętość granulometryczną. Gwałtowne chłodzenie utrwala skład mineralny klinkieru poprawia jego mielność i optymalizuje reaktywność cementu. Typowe problemy związane z chłodnikami to duże obciążenie cieplne, erozja, nieprawidłowy rozkład powietrza i słaba dyspencyjność. są obecnie dwa główne typy chłodników: obrotowe i rusztowe.

W produkcji białego cementu, stosowane są chłodniki innego typu, zaprojektowane specjalnie do wymagań zakładów w celu zachowania warunków redukujących podczas schładzania klinkieru Beztenowa atmosfera w pierwszym etapie wybielania oraz gwałtowne schładzanie strumieniem wody są stosowane w celu polepszenia jakości klinkieru. Gwałtowne schładzanie białego klinkieru wodą wpływa na znaczną poprawę bieli. Zanieczyszczenia białego klinkieru chromorficznymi elementami oraz silnego utleniania podczas fazy chłodzenia należy unikać [119, Sobolev, 2001], [120, Hiszpania, 2007], [138, Włochy, 2007].

1.2.5.7.1 Chłodniki obrotowe

1.2.5.7.1.1 Chłodnik rurowy

Chłodnik rurowy działa na tej samej zasadzie co piec obrotowy, przy odwrotnym kierunku wymiany ciepła. Druga obrotowa rura, wyposażona w osobny napęd, instalowana jest u wylotu pieca, często w przeciwnym kierunku, tj. pod piecem. Po opuszczeniu pieca klinkier wpada do pośredniej głowicy, a stamtąd do chłodnika, który wyposażony jest w elementy podnoszące, rozpraszające materiał w strumieniu powietrza. Ilość chłodzącego powietrza jest określona wymaganą ilością powietrza do spalania. Oprócz prędkości obrotowej, na efektywność pracy chłodnika wpływa wewnętrzna zabudowa. Optymalizacja elementów podnoszących musi uwzględniać zarówno wymianę ciepła (efekt dyspersji), jak i zawrót pyłów do pieca.

1.2.5.7.1.2 Chłodnik planetarny (satelitarny)

Chłodnik planetarny (satelitarny) jest specjalnym typem chłodnika obrotowego. Składa się on z kilkunastu rur chłodzących, najczęściej 9 do 11, przytwierdzonych do płaszczu pieca przy jego wylocie, jak pokazano na rysunku 1.18. Gorący klinkier dostaje się do chłodnika przez kołowe otwory wlotowe w miejscach umocowania każdego z walczaków. Ilość chłodzącego powietrza jest określona wymaganiami powietrza potrzebnego do spalania paliwa; powietrze dopływa do walczaków od strony ich wylotu umożliwiając wymianę ciepła w przeciwną stronę. Podobnie jak w chłodnikach rurowych istotne są tutaj wewnętrzne elementy dla podnoszenia i dyspersji klinkieru. Parametry pracy tego chłodnika nie zmieniają się. Znaczne ścieranie oraz szoki termiczne w połączeniu z dobiegiem pyłów oznaczają wysoką temperaturę końcową klinkieru i zazwyczaj nieoptymalny odzysk ciepła. Temperatura końcowa klinkieru może być obniżona tylko przez wtrysk wody do walczaków lub na płaszcz. Ponieważ praktycznie nie jest możliwy odciąg powietrza trzeciego, chłodniki planetarne nie nadają się do układów z prekalcyacją. Jednakże możliwe jest wtórne opalanie w ilości do 25% paliwa wprowadzanego do komory wzniosowej pieca.



Rysunek 1.18: Przykład chłodnika planetarnego [45, Schorcht, 2006], [90, Węgry, 2006]

1.2.5.7.2 Chłodniki rusztowe

Chłodzenie w chłodnikach rusztowych osiąga się przez przejście strumienia powietrza od dołu do góry przez warstwę klinkieru (złożę klinkieru), leżącą na przepuszczającym powietrze ruszcie. Stosuje się dwie metody transportu klinkieru w chłodniku: ruszt wędrowny oraz ruszt posuwisto-zwrotny (schodki z popychającymi krawędziami).

Ponieważ gorące powietrze ze strefy dochładzania nie jest wykorzystywane do spalania, można je używać do celów suszenia, np. surowców, dodatków do cementu lub węgla. Jeżeli nie wykorzystuje się go do suszenia, to jako powietrze odpadowe z chłodnika musi być należycie odpylone.

1.2.5.7.2.1 Chłodnik z rusztem wędrownym

W chłodnikach tego typu klinkier transportowany jest przez ruszt wędrowny. Ruszt ten ma podobne cechy konstrukcji co podgrzewacz rusztowy (Lepola). Powietrze chłodzące wdmuchiwane jest wentylatorami do komór podrusztowych. Zaletami tego rozwiązania są równomierne złożę klinkieru (brak stopni) oraz możliwość wymiany płyt bez zatrzymywania pieca. Z uwagi na skomplikowany mechanicznie układ i stosunkowo niski odzysk ciepła, wynikający z ograniczenia grubości warstwy klinkieru (spowodowanego trudnością zapewnienia efektywnego uszczelnienia między rusztem a ścianami), konstrukcję tę zaprzestano stosować w nowych instalacjach około roku 1980.

1.2.5.7.2.2 Chłodnik z rusztem posuwisto-zwrotnym

Transport klinkieru w chłodnikach z rusztem posuwisto-zwrotnym dokonuje się przez schodkowy, popychający ruch przednich krawędzi ruchomych rzędów płyt. Względny ruch przednich krawędzi wytwarzany jest przez napęd hydrauliczny lub mechaniczny (wały korbowe) powiązany z co drugim rzędem płyt. Przesuwa się jedynie klinkier od wlotu do wylotu, ale nie ruszt.

Płyty rusztu wykonane są z żaroodpornych odlewów stalowych zwykle o szerokości 300 mm i zaopatrzone w otwory przepuszczające powietrze.

Powietrze chłodzące jest wdmuchiwane wentylatorami o sprężu 300-1000 mm H₂O przez komory umieszczone pod rusztem. Komory te oddzielone są przegrodami w celu utrzymania właściwego rozkładu ciśnień. Wyróżnia się dwie strefy chłodzenia:

- strefa odzysku ciepła, z której gorące powietrze jest wykorzystywane do spalania paliwa w palniku głównym (powietrze wtórne) oraz w kalcynatorze (powietrze trzecie);
- strefa dochładzania, gdzie dodatkowe powietrze schładzające chłodzi klinkier do niższych temperatur.
- Kluczowe cechy nowoczesnej technologii chłodzenia klinkieru to (w zależności od dostawy):
 - nowoczesne płyty rusztowe o zmiennym lub stałym spadku ciśnienia, przepuszczalne dla powietrza, ale nie dla klinkieru,
 - wymuszona aeracja płyt poprzez kanały i belki,
 - indywidualnie regulowane strefy podmuchu,
 - stały ruszt wlotowy,
 - szersze płyty, mniejsza ilość,
 - kruszarka walcowa,
 - ekrany ciepłne.

Największe z używanych obecnie jednostek mają powierzchnię aktywną około 280 m² i chłodzą 10000 ton klinkieru na dobę. Typowe problemy związane z tymi chłodnikami to segregacja i nierównomierny rozkład klinkieru, prowadzące do zaburzeń bilansu powietrze-klinkier, fluidyzacji drobnego klinkieru (czerwona rzeka), tworzenia się narostów (bałwany) oraz krótszej żywotności płyt rusztowych.

1.2.5.7.2.3 Trzecia generacja chłodników rusztowych

Wprowadzenie i rozwój nowoczesnych chłodników posuwisto-zwrotnych klinkieru miało miejsce około 1983 roku. Celem tej konstrukcji było wyeliminowanie problemów związanych z konwencjonalnymi chłodnikami, czyniąc dalszy krok na drodze do optymalizacji wymiany ciepła, a także bardziej zwartej konstrukcji zużywającej mniej powietrza chłodzącego i mniejszych układów odpylania.

W pierwszych latach XX wieku, pojawiła się nowa generacja chłodników, prezentująca całkowicie nowy koncept chłodzenia klinkieru w przemyśle cementowym. Podstawowym założeniem było stworzenie chłodnika, w którym przekazywanie klinkieru i dystrybucja powietrza są odizolowane i zoptymalizowane. W porównaniu z chłodnikami z rusztem posuwisto-zwrotnym, wyeliminowano uszczelnianie powietrzne i zoptymalizowano dystrybucję powietrza we wszystkich trybach pracy.

Kluczowymi cechami tego rodzaju chłodziaków są (w zależności od dostawcy):

- jeden pochylony lub poziomy stały ruszt
- klinkier podawany poprzez belki poprzeczne, szyny, podłogi ruchome lub podobne urządzenia, niezależnie od dystrybucji powietrza
- klinkier pozostaje w miejscu i nie spada do komory pod rusztem
- eliminacja uszczelnienia powietrznego i automatyczna kontrola dystrybucji powietrza
- efektywność transportu klinkieru ulega polepszeniu wraz z lepszą kontrolą trudności związanych z fluidyzacją drobnego klinkieru (red river).

Te typy chłodziaków nadają się do eksploatacji z największymi ilościami klinkieru z pieców cementowych.

1.2.5.7.3 Chłodziaki pionowe

Niepełący dodatkowy chłodziak zwany chłodziakiem grawitacyjnym (G-cooler) opracowano dla instalowania za chłodziakami planetarnymi lub krótkimi chłodziakami rusztowymi. Powietrze chłodzące nie styka się tutaj w ogóle z klinkierem, ponieważ wymiana ciepła jest spowodowana ruchem w dół klinkieru poprzez poprzecznie rozmieszczone w złożu stalowe rury, przez które z kolei tłoczone jest powietrze chłodzące.

1.2.5.8 Kogeneracja

Generacja energii elektrycznej i korzystanie z nadmiaru ciepła z procesu produkcji cementu mogą być stosowane w cementowniach.

Zwykle większość ciepła emitowanego z pieca cementowego stosuje się do procesów suszenia i suchego przemiatu w następujący sposób:

- suszenie i przemiat surowców
- suszenia żużłu
- suszenie piasku
- suszenie i przemiat paliwa.

Wielostopniowe układy z podgrzewaczami cyklonowymi w stanie zawieszenia - z prekalcyntorem lub bez - są zaprojektowane uwzględniając zakres dostępnych surowców. Gdy surowce są bardzo mokre, gazy odlotowe z rusztowego chłodziaka klinkieru są również stosowane przy obróbce materiału.

Surowce na bazie wapna potrzebują, w zależności od geologii i opadów sezonowych, różnych ilości ciepła do pozbycia się wilgoci. Czasami jednak pewna ilość ciepła przekracza wyżej wymienione potrzeby procesu. Należy zauważyć, że dostępność nadmiaru ciepła, a następnie techniki odzysku ciepła muszą wziąć tę zmienność pod uwagę.

Poza ciepłownictwem, nadmiar ciepła może być również wykorzystywany do wytwarzania energii elektrycznej. Normalnie procesy te są prowadzone z wykorzystaniem wody, która musi działać ekonomicznie przy stosunkowo wysokiej temperaturze pary / ciśnieniu, jeśli energia elektryczna ma być generowana.

Organiczny Cykl Rankina (ORC) w celu kogeneracji energii z niskiego poziomu ciepła odpadowego zastosowano pierwszy raz w niemieckim piecu. Proces ten zasadniczo opiera się na wykorzystaniu pentanu jako środka sprzyjającego ulatnianiu się do pary w znacznie niższych temperaturach niż woda. Szczególne zalety to prosta obsługa, zwarta konstrukcja i stosunkowo wysoki poziom wydajności, które można osiągnąć przy pomocy źródeł ciepła poniżej 275 °C. Dlatego też, generacja energii elektrycznej przy użyciu nadmiaru ciepła z procesu produkcji cementu może być uznana za technicznie wykonalną alternatywę dla elektrowni generujących energię przy użyciu pary, jeśli określone warunki zostaną spełnione.

Wyniki dostępne z jednej z niemieckich cementowni wskazują, że 1,1 MW energii elektrycznej może zostać wygenerowane przy tym trybie pracy. Cel ten został osiągnięty przez zastosowanie chłodziaka klinkieru z generującego ciepło powietrza wywiewanego 14 MW i temperatury spalin 300 °C [76, Niemcy, 2006], [78, E. Baatz + G. Heidt 2000], [79, Niemcy, 2001], [133, CEMBUREAU/Federhen, 2007].

Przykład cementowni i więcej informacji na temat odzyskiwania nadmiaru ciepła z chłodziaków klinkieru lub gazów odlotowych pieca dla ciepłownictwa, kogeneracji energii elektrycznej z konwencjonalnego procesu obiegu pary wodnej, jak również procesu ORC w działaniu można znaleźć w rozdziale 1.4.2.4 oraz w rozdziale 4.2.3.

1.2.6 Przemiał i magazynowanie cementu

1.2.6.1 Składowanie klinkieru

Klinkier i inne składniki cementu są magazynowane w silosach lub zamkniętych halach. Większe zapasy można składować na otwartej przestrzeni, pod warunkiem zabezpieczenia przed pyleniem.

Najczęściej stosowane systemy składowania klinkieru to:

- podłużny skład z rozładunkiem grawitacyjnym (złoże stabilne),
- kołowy skład z rozładunkiem grawitacyjnym (złoże stabilne),
- silosy klinkieru (złoże mało stabilne, przy odprowadzaniu klinkieru z niektórych poziomów silosów mogą powstawać drgania gruntu),
- magazyny zadaszone (złoże stabilne).

1.2.6.2 Przemiał cementu

Cement portlandzki uzyskuje się przez przemiał klinkieru cementowego z siarczanami, takimi jak gips lub anhydryt. Cementy mieszane (cementy kompozytowe) zawierają inne dodatki, takie jak żużel wielkopiecowy, naturalne lub sztuczne pucolony, kamień wapienny lub inertne wypełniacze. Mogą one być mielone wraz z klinkierem lub mogą wymagać suszenia i osobnego przemiału. (Przemiałownie mogą być usytuowane oddzielnie od zakładu produkcji klinkieru).

Rodzaj procesu przemiału cementu i wybór koncepcji danej przemiałowni zależą od gatunku produkowanego cementu. Szczególnie ważna jest mielność, wilgotność oraz własności ściernie składników wytwarzanego cementu.

Większość młynów pracuje w obiegu zamkniętym, co oznacza, że można oddzielać cement o wymaganym uziarnieniu z przemielenego materiału i zwracać grubsze ziarna do młyna.

Przy produkcji białego cementu, ostateczny przemiał jest jednym z kluczowych kroków wraz z wyborem odpowiednich rodzajów gipsu o wysokiej czystości. Dla zwiększenia stopnia rozdrobnienia i zmniejszenia czasu przemiału, stosuje się substancje pomocnicze (do 1 %), co skutkuje wzrostem bieli w zakresie 5 - 7 %. Co więcej, drobno zmielone mikrowypełniacze, jak biały marmur czy szkło kwarcowe, czysty żel krzemionkowy, mika lub talk, kaolin (lub metakaolin) lub proszki z ilościami śladowymi TiO_2 mogą być używane w stosunkowo małych ilościach [119 Sobolev, 2001].

1.2.6.2.1 Ważenie i dozowanie nadawy

Dokładność i niezawodność ważenia i dozowania poszczególnych składników nadawy młyna mają bardzo duże znaczenie dla zapewnienia wysokiej sprawności energetycznej układu przemiału. Najczęściej stosowanymi urządzeniami ważąco-dozującymi nadawy młyna są taśmowe wagi dozujące.

1.2.6.2.2 Przemiał cementu

Z uwagi na różnorodność wymaganych na rynku gatunków cementu, przemiałownie najnowszej generacji wyposażone są przeważnie w dynamiczne separatory powietrzne.

Powszechnie stosuje się następujące układy przemiału końcowego:

- młyn rurowy, obieg zamknięty (udział dodatków mineralnych raczej ograniczony, jeśli nie są suche lub wstępnie suszone);
- młyn misowo-rolowy pionowy (najlepiej przystosowany do dużego udziału dodatków mineralnych z uwagi na dobrą wydajność suszenia, przydatny do oddzielnego przemiału dodatków mineralnych);
- prasa rolowa (udział dodatków mineralnych ograniczony, jeśli nie są suche lub wstępnie suszone).

Innymi układami końcowego przemiału są:

- młyn rurowy, z wylotem końcowym w obiegu otwartym;
- młyn rurowy, z wylotem końcowym w obiegu zamkniętym, z mechanicznym separatorem lub separatorem cyklonowym starszej generacji
- młyn rolowy poziomy.

Młyny rolowe (typ młynów rurowych) są dostępne przy średnicy rury do 6 m i długością do 20 m. Stosuje się

kule stalowe różnych wielkości w zależności od oczekiwanego stopnia zmielenia. Ten rodzaj młyna jest stosunkowo łatwy w obsłudze w stabilnych warunkach i charakteryzuje się dużą niezawodnością i dostępnością. W ograniczonym zakresie także dodatki mineralne o pewnym stopniu wilgotności mogą zostać wysuszone gorącymi gazami dochodzącymi do młyna i stosując ciepło z procesu przemiału. Jednak w porównaniu z innymi rodzajami młynów, młyny kulowe charakteryzują się wyższym zużyciem energii i plasują się jako ostatnie pod względem efektywności energetycznej.

Zasada pracy młyna misowo-rolowego pionowego opiera się na działaniu od 2 do 4 rolek mielących zamocowanych zawiasowo na ramionach i jeżdżących po poziomej płycie lub misie. Urządzenia tego typu są szczególnie przydatne do jednoczesnego przemiału i suszenia składników cementu i żużlu, ponieważ młyny misowo-rolowe radzą sobie z nadawą o stosunkowo dużej zawartości wody. Czas przebywania materiału w młynie jest na tyle krótki, że zapobiega wstępnej hydratacji klinkieru, np. w przypadku przemiału z żużlem.

Prasa dwurołowa o wysokim docisku wymaga jeszcze stosunkowo częściej konserwacji. Prasy dwurołowe o wysokim docisku są często używane w połączeniu z młynem kulowym.

Najnowszym rozwiązaniem w przemiale cementu jest młyn rolowy poziomy. Urządzenie to składa się z krótkiego poziomego walczaka podpartego na łożyskach hydrodynamicznych lub hydrostatycznych. Walczak jest obracany poprzez wieniec zębaty. Wewnątrz walczaka umieszczony jest poziomo walec swobodnie obracający się i dociskany hydraulicznie do płaszczu. Nadawa podawana jest z jednego lub z obu końców walczaka i przechodzi kilkakrotnie pomiędzy walcem i płaszczem. Rozdrobniony materiał opuszczający młyn transportowany jest do separatora, a cząstki o uziarnieniu większym od wymaganego są zawracane do przemiału.

Porównanie kluczowych cech z przykładów technik przemiału przedstawiono w tabeli 1.19 w rozdziale 1.3.3.2.

1.2.6.2.3 Przemiał dodatków mineralnych

Dodatki mineralne są zwykle mielone wraz z klinkierem i gipsem. Decyzja o oddzielnym przemiale zasadniczo zależy od następujących czynników:

- udziału procentowego dodatków mineralnych w końcowym produkcie i ogólnie w cemencie,
 - dostępności zapasowego układu młynowego,
 - znaczącej różnicy w mielności klinkieru i dodatków mineralnych,
 - wilgotności dodatków mineralnych.
- Jeżeli dodatki mineralne wymagają wstępnego suszenia, można zastosować układ suszenia wykorzystujący albo gazy odlotowe z pieca i/lub powietrze nadmiarowe z chłodnika, albo gorące gazy z niezależnego źródła.

Układy jednoczesnego przemiału

Każdy z opisanych układów suchego/półsuchego przemiału surowców może być użyty do jednoczesnego przemiału dodatków mineralnych z klinkierem i gipsem. Jednak większość tych układów ustala limit wilgotności dozowanej mieszaniny - 2% maksymalnie lub 4% przy użyciu źródła gorących gazów. Przy wyższych wilgotnościach wymagane jest wstępne suszenie dodatków mineralnych w suszarni. Wyjątkiem jest tu młyn misowo-rolowy pionowy, który jest w stanie przyjąć wilgotność do 20%, ale wymagane jest także źródło gorących gazów.

Oddzielny przemiał

Do oddzielnego przemiału dodatków mineralnych można stosować układy jak dla suchego/półsuchego przemiału surowca. Obowiązują tu jednak takie same zasady jak poprzednio, jeśli idzie o wilgotność mieszaniny dodatków, może być także wymagane wstępne suszenie.

1.2.6.2.4 Separacja wg rozkładu ziarnowego

Rozkład ziarnowy produktu opuszczającego układy przemiałowe cementu ma wielkie znaczenie dla jakości cementu. Uzyskanie tych parametrów osiąga się przez regulację separatora. Separatory najnowszej generacji z wirnikiem klatkowym mają szereg przewag nad poprzednimi konstrukcjami, np.:

- mniejsze zużycie energii (mniej nadmiernego rozdrobnienia),
- większą wydajność układu (skuteczność rozdziału),
- możliwość schładzania produktu,
- większą elastyczność regulacji uziarnienia produktu,
- lepszą kontrolę rozkładu ziarnowego, lepszą jednorodność produktu

1.2.6.2.5 Redukcja chromianów - chromu (VI)

Ponieważ cement jest produkowany z surowców naturalnych, jego zawartość chromu może się znacznie różnić, w zależności od okoliczności, ale jest nieunikniona. Głównymi źródłami chromu w cemencie portlandzkim są naturalne surowce takie jak wapień, piasek i w szczególności gliny. Inne źródła obejmują paliwa (konwencjonalne (kopalne) i odpady). W konsekwencji, jak w wyniku naturalnych zmian składu chemicznego skorupy ziemskiej, zawartość chromu może się znacznie różnić. Część chromu będzie obecna w postaci rozpuszczalnej w wodzie, tzw. sześciowartościowego chromu (chrom (VI)).

W 2003 r., dokonano oceny epidemiologicznej z ramienia Narodowego Instytutu ds. BHP dotyczącej występowania alergicznego zapalenia skóry u pracowników w branży budowlanej związane z zawartością chromu (VI) w cemencie. Ocena ta mówi, że "głównym źródłem chromu w gotowym cemencie są surowce, cegły ogniotrwałe w piecu i chromowane elementy przemiałowe. Względny udział z tych źródeł może się różnić, w zależności od zawartości chromu w surowcach i warunków produkcyjnych. W badaniu klinkieru mielonego kulkami chromowanymi z 17 - 28% zawartości chromu, zawartość chromu sześciowartościowego w cemencie wzrosła ponad dwukrotnie, w porównaniu z zawartością w oryginalnym klinkierze."

Po rozpuszczeniu w wodzie, chrom (VI) może przenikać niechronioną skórę. Ten rozpuszczalny w wodzie chrom (VI) może spowodować alergiczne zapalenie skóry, zwane także "egzemą cementową". "Egzema cementowa" obejmuje również innego rodzaju zapalenia skóry: podrażnieniowe zapalenie skóry, spowodowane przez zasadowy charakter cementu wymieszanego z wodą.

Dyrektywa UE w sprawie chromianów (2003/53/WE) ogranicza obrót i stosowanie cementu z więcej niż 0,0002% (2 ppm) rozpuszczalnego chromu (VI). W ogóle dla przemysłu cementowego, nie jest możliwe zmniejszenie zawartości chromianu w cemencie w fazie wprowadzania, jako że głównymi źródłami są surowce. Dlatego w 2007 roku, jedynym sposobem zmniejszenia zawartości rozpuszczalnego w wodzie chromu (VI) w cemencie jest dodanie środka redukującego do produktów gotowych. Główne czynniki redukujące stosowane w Europie to siarczan żelaza i siarczan cyny [86, EURITS, 2006], [103, CEMBUREAU, 2006], [111, Unia Europejska, 2003].

1.2.6.3 Magazynowanie cementu

Do transportu cementu do silosów magazynowych można stosować zarówno układy przenośników mechanicznych, jak i pneumatycznych. Układy mechaniczne mają zwykle wyższe koszty inwestycyjne, ale dużo niższe koszty eksploatacyjne niż układy pneumatyczne. W chwili obecnej najbardziej popularny system transportu to połączenie rynien pneumatycznych z przenośnikami ślimakowymi/łańcuchowymi i elewatorami kubełkowymi z taśmą gumową.

Różne gatunki cementu magazynowane są w oddzielnych silosach. Zwykle różne typy silosów są niezbędne do magazynowania cementu. Jednak nowe konstrukcje silosów pozwalają na jednoczesne składowanie kilku gatunków cementu w jednym z nich. Obecnie stosowane są silosy o następujących konfiguracjach:

- silos jednokomorowy z lejem rozładowniczym,
- silos jednokomorowy z centralnym stożkiem,
- silos wielokomorowy
- silos kopułowy z centralnym stożkiem.

Do zapoczątkowania i utrzymania procesu opróżniania cementu z silosów stosuje się aerację sprężonym powietrzem poprzez płyty umieszczone na dnie silosu.

1.2.7 Pakowanie i wysyłka cementu

Cement jest przekazywany z silosu albo bezpośrednio do cystern samochodowych lub kolejowych (statków cystern), albo do linii pakowania do worków.

1.3 Aktualne poziomy zużycia i emisji

Należy zauważyć, że jeśli nie zaznaczono inaczej w niniejszym dokumencie, w części dotyczącej przemysłu cementowego, standardowe warunki pomiarów natężenia przepływu i stężenia gazów kominowych są związane z następującymi definicjami, które są również określone w glosariuszu:

m ³ /h	przepływ objętościowy: jeśli niniejszy dokument nie stanowi inaczej, wielkość przepływu odnoszą się do 10% obj.- tlenu i stanu standardowego
mg/Nm ³	niniejszy dokument nie stanowi inaczej, stężenia substancji gazowych lub mieszaniny substancji odnoszą się do suchych gazów odlotowych przy 10% obj.- tlenu i stanu

	standardowego
standardowy	odnosi się do temperatury 273 K, pod ciśnieniem 1013 hPa oraz suchego gazu

Ponadto należy zauważyć, że zakresy emisji odnoszą się do referencyjnego poziomu tlenu w wysokości 10% chociaż faktyczny poziom tlenu w procesie spalania jest znacznie niższy niż 10%, np. 3%. Wzór na obliczenie stężenia emisji znajduje się poniżej:

$$E_R = \frac{21 - O_R}{21 - O_M} * E_M$$

E_R (mg/Nm³): stężenie emisji w odniesieniu do referencyjnego poziomu tlenu O_R
 O_R (obj. %): referencyjnego poziomu tlenu
 E_M (mg/Nm³): stężenie emisji w odniesieniu do zmierzzonego poziomu tlenu O_M
 O_M (obj. %): zmierzzonego poziomu tlenu

Dodatkowe przydatne informacje na temat monitorowania można znaleźć w dokumencie referencyjnym dotyczącym ogólnych zasad monitoringu (MON) [151, Komisja Europejska, 2003].

Głównym problemem dla środowiska związanym z produkcją cementu jest emisja do atmosfery oraz zużycie energii. Odprowadzane ścieki ograniczają się zwykle do wypływów powierzchniowych i wody chłodzącej i nie stanowią poważnego zagrożenia dla zanieczyszczenia wód. Potencjalnym źródłem zanieczyszczeń gleby i wód gruntowych są składowiska i transport paliw.

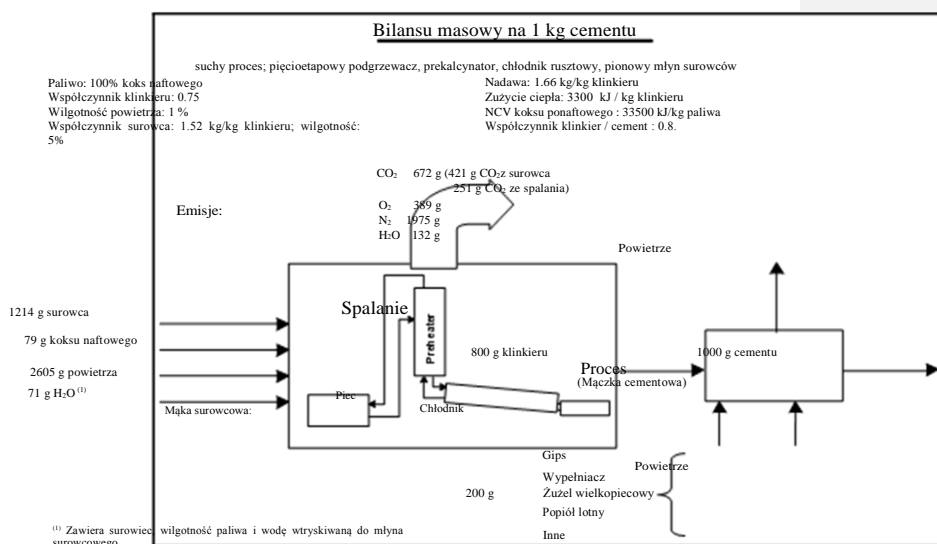
Celem bilansu masy jest ocena elementów masowych wchodzących i opuszczających system z uwzględnieniem prawa zachowania masy. Ocena wszystkich elementów bilansu masy wymaga wcześniejszej znajomości właściwości procesu, takich jak surowce i skład paliwa, strumienie gazu, dane atmosferyczne, itp. W cementowni, z systemem składającym się z młyna surowców, podgrzewacza, pieca i chłodnika, następujące przepływy wejściowe i wyjściowe są istotne:

- Wejściowe przepływy:
 - surowce (konwencjonalne i / lub wtórne)
 - energia (paliwa (kopalne / lub wtórne i / lub biomasa), energia elektryczna)
 - woda (w tym wilgotność paliwa, wilgotność surowca, wilgotność powietrza i woda wtryskiwana do młyna surowców)
 - powietrze (powietrze pierwotne, powietrze przenoszone, powietrze chłodzące i powietrze przecieku)
 - środki pomocnicze (dodatki mineralne, materiały opakowaniowe)
- Wyjściowe przepływy:
 - klinkieru
 - straty/odpady przerobowe (pyły z filtrów)
 - emisje do powietrza (np. kurz, NO_x, SO_x, Patrz również bilans masy Rysunek 1.19)
 - emisje do wody (w rzadkich przypadkach)

Dane wejściowe są następujące:

- suchy proces; pięcioletapowy podgrzewacz, prekalcyntor, chłodnik rusztowy, pionowy młyn surowców
- paliwo: 100% koks naftowy
- zużycie ciepła: 3300 kJ/kg klinkieru
- wartość opałowa (netto) koksu ponafowego (NCV): 33500 kJ/kg paliwa
- nadawa pieca: 1.66 kg/kg klinkieru; standardowy skład chemiczny nadawy pieca
- współczynnik surowca: 1.52 kg/klinkieru kg i 5% wilgotności
- wilgotność powietrza: 1 %
- młyn surowcowy:
 - wyciek powietrza: 30 %
 - wtryskiwana woda: 0.5 % nadawy pieca
- współczynnik klinkier/cement : 0.8.

Bilans materiałowy produkcji 1 kg cementu metodą suchą przy wykorzystaniu koksu ponafowego jako paliwa pokazano na Rysunku 1.19.



Rysunek 1.19: Bilans materiałowy produkcji 1 kg cementu metodą suchą

[103, CEMBUREAU, 2006]

1.3.1 Zużycie wody

Woda wykorzystywana jest w kilku etapach procesu produkcji. Tylko w niektórych przypadkach, woda jest stosowana do przygotowania surowca, procesach wypalania i chłodzenia klinkieru, takich jak chłodzenie gazów, jak również w procesie technologicznym do produkcji zawiesiny. W procesie pół-suchym woda jest wykorzystywana do granulowania suchej mąki surowcowej. Zakłady wykorzystujące metodę mokłą wykorzystują więcej wody (na tonę wyprodukowanego cementu) w przygotowywaniu zawiesiny nadawy pieca i typowe zużycie wody wynoszące 100 - 600 litrów wody na tonę klinkieru zostało zaraportowane. Ponadto, w specjalnych zastosowaniach, woda jest wykorzystywana do chłodzenia klinkieru; odnotowano zużycie wody wynoszące około 5 m³/h. W większości przypadków używana woda nie jest wodą pitną [45, Schorcht, 2006], [75, Estonia, 2006], [81, Castle Cement Wielka Brytania, 2006], [103, CEMBUREAU, 2006], [120, Hiszpania, 2007]

Przemysł produkcji Cementu, Wapnia i Tlenku Magnezu

1.3.2 Zużycie surowców

Produkcji cementu jest procesem masowym. Dane w tabeli 1.15 wskazują na typowe średnie zużycia surowców do produkcji cementu w Unii Europejskiej. Liczby w ostatniej kolumnie pochodzą z zakładu produkującego 3000 ton klinkieru/dobę lub 1000000 ton/rok, co odpowiada 1.230.000 ton cementu rocznie przyjmują średni udział klinkieru w cemencie europejskim.

Składniki (w suchej masie)	Na tonę klinkieru	Na tonę cementu	Rocznie na Mt klinkieru
Wapień, glina, łupek, margiel, inne	1,57 t	1,27 t	1568000 t
Gips, anhydryt	-	0,05 t	61000 t
Dodatki mineralne	-	0,14 t	172000 t

Tabela 1.15: Zużycie materiałów surowcowych w produkcji cementu

[9, CEMBUREAU, listopad 1997]

1.3.2.1 Zużycie odpadów jako surowców

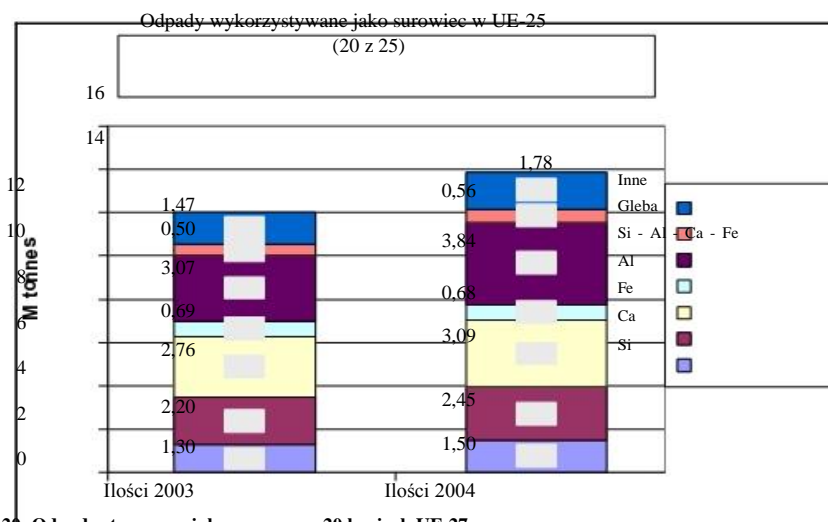
Wykorzystanie odpadów jako surowców w procesie wypalania klinkieru może zastąpić stosunkowo duże ilości surowców (patrz również rozdział 1.2.4). Ilość odpadów wykorzystywanych jako surowce w produkcji klinkieru zwiększyła się ponad dwukrotnie od 2001 roku. W 2004 roku, wykorzystanie surowców wtórnych w produkcji klinkieru pozwoliło przemysłowi cementowemu bezpośrednio oszczędzić prawie 14 milionów ton tradycyjnych surowców, co odpowiada około 6,5% zapotrzebowania na naturalne surowce.

Jednak te surowce wtórne, muszą wykazać i spełniać cechy, pierwiastki chemiczne i komponenty, które są niezbędne do procesu wypalania klinkieru. Te surowce wtórne mogą mieć wpływ na zachowanie emisyjne procesu i wpływ na emisje. Wpływy na emisje są omówione w rozdziale 1.3.4.13. Tabela 1.16 zawiera listę zużycia odpadów wykorzystywanych jako surowce, scharakteryzowanych przez pierwiastki chemiczne stosowane przez UE-27 w 2003 r. i 2004 r. do produkcji klinkieru. Rysunek 1.20 przedstawia udział stosowany przez 20 krajów UE-27.

Odpady wykorzystywane jako surowce			
Pożądanne (podstawowe) pierwiastki chemiczne	Przykłady strumieni odpadów	Ilości 2003 (w mln ton)	Ilości 2004 (w mln ton)
Si	Piasek po odlewniczy	1,52	1,50
Ca	Wapno przemysłowe Wapna gaszone Osad karbidowy Osady z uzdatniania wody pitnej	2,20	2,44
Fe	Żużel Pirytowy Syntetyczny hematyt Czerwony szlam	3,29	3,37
Al		0,71	0,69
Si-Al-Ca-Fe	Popiół lotny Żużle Najdrobniejsze odpady z kruszarki	3,37	3,78
Gleba		0,45	0,50
grupa S	Gips przemysłowy		
grupa F	CaF ₂ Osady z filtrów		
Inne		1,56	1,71
Ogółem		13,10	13,89

Tabela 1.16: Odpady wykorzystywane jako surowce charakteryzowane przez pierwiastki chemiczne stosowane w przemyśle produkcji cementu w UE-27 w 2003 i 2004 r.

[74, CEMBUREAU, 2006], [103, CEMBUREAU, 2006]



Rysunek 1.20: Odpady stosowane jako surowce w 20 krajach UE-27

[74, CEMBUREAU, 2006]

Przy przemiale cementu, zużycie odpadów jako surowców wzrosło. Jako przykład, stwierdzono, że korzystanie z popiołów lotnych łupków bitumicznych podwoiło się do 100 kt/rok od 2000 do 2005 r. [75, Estonia, 2006].

1.3.3 Zużycie energii

Przemysł cementowy jest przemysłem bardzo energochłonnym, w zależności od zastosowanego procesu. Zużycie paliwa i energii elektrycznej to dwa główne rodzaje energii wykorzystywanej w produkcji cementu. Efektywność energetyczna (zarówno cieplna, jak i elektryczna) była priorytetem od wielu dziesięcioleci w europejskim przemyśle cementowym jako część ogółu decyzji biznesowych, motywowanych decyzjami ekonomicznymi i technologicznymi [103, CEMBUREAU, 2006].

1.3.3.1 Zapotrzebowanie na energię cieplną

Teoretyczne zużycie energii cieplnej w procesie produkcji klinkieru cementowego jest określone przez energię wymaganą przez reakcje chemiczne/mineralogiczne procesu wypalania klinkieru (1700 do 1800 MJ/tonę klinkieru) oraz energię cieplną konieczną do osuszania i podgrzewania surowców, głównie w zależności od wilgotności surowca, jak podano na przykładach przedstawionych w tabeli 1.17. W nowoczesnych piecach z podgrzewaczem, liczba cyklonów może być ograniczona składem chemicznym surowca.

Charakterystyka	Jednostka	Wilgotność surowca (% w/w)			
		3	6	9	12
Liczba stopni cyklonu	-	6	5	4	3
Entalpia wymagana do suszenia	MJ / t klinkieru	150	290	440	599

Tabela 1.17: Przykłady energii cieplnej wymaganej do suszenia mączki surowcowej

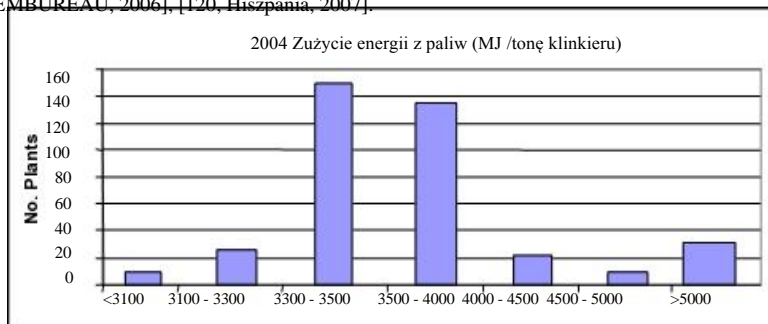
[137, Klein/Hoenig,2]

Rzeczywiste zapotrzebowanie termiczne (paliwa) dla różnych systemów piecowych i rozmiarów pieca mieści się w zakresach podanych w Tabeli 1.18, jak również wykorzystanie energii paliwowej do specjalnej produkcji cementu. Praktyczne doświadczenie pokazuje, że zużycie energii przez elektrownie wykorzystujące proces suchy, z wielostopniowymi podgrzewaczami cyklonowymi i piecami prekalcydującymi rozpoczyna się od 3000 i może osiągnąć ponad 3800 MJ/tonę klinkieru (jako średnia roczna). Zmiany w tym zakresie wynikają z przestojów i uruchomień systemów i np. z powodu różnych właściwości surowców. Tabela 1.17 podaje szacunkowy wpływ wilgotności surowca na zapotrzebowanie na energię cieplną dla pieców z podgrzewaczem cyklonowym

Zapotrzebowanie na energię cieplną \bar{x} (MJ / tonę klinkieru)	Proces
3000 - <4000	Dla wieloetapowych (trzy do sześciu etapów) podgrzewaczy cyklonowych i pieców prekalcydujących procesu suchego
3100 - 4200	rotowych wyposażonych w podgrzewacze cyklonowe w procesie suchym
3300 - 5400	Dla procesów półsuchych/półmokrych (piec Lepola)
do 5000	Dla długich pieców procesu suchego
5000 - 6400	Dla długich pieców procesu mokrego
3100 - 6500 i wyższe	Dla pieców szybowych oraz do produkcji specjalnych cementów

Tabela 1.18: Wykorzystanie energii paliwa w produkcji cementu w UE-27
[75, Estonia, 2006], [76, Niemcy, 2006], [84, CEMBUREAU, 2006], [92, Austria, 2006], [120, Hiszpania, 2007], [168, TWG CLM, 2007]

Rysunek 1.21 pokazuje wykorzystanie energii paliwa w przemyśle cementowym w krajach UE-27 w 2004 roku bez rozróżnienia na procesy (suchy, pół-suchy/pół-mokry lub mokry) i paliwa (kopalne i/lub wtórne). Około 30 cementowni w UE-27 jest znacznymi konsumentami energii paliwa przy ponad 5000 MJ/tonę klinkieru, np. przy produkcji specjalnych typów cementu takich jak biały cement (patrz Tabela 1.18). Na zużycie energii przy produkcji białego cementu ma wpływ wyższa temperatura, która jest potrzebna do produkcji tego typu białego klinkieru w stosunku do produkcji innych rodzajów klinkieru (szary klinkier) [75, Estonia, 2006], [84, CEMBUREAU, 2006], [120, Hiszpania, 2007].



Rysunek 1.21: Wykorzystanie energii z paliwa w UE-25 w przemyśle cementowym w 2004 roku
[84, CEMBUREAU, 2006]

Różne parametry mogą mieć wpływ na zużycie energii, takie jak [92, Austria, 2006]:

- wielkość i projekt cementowni
 - o trzy do sześciu etapów cyklonu
 - o kalcynator
 - o powietrze trzecie
 - o wspólna praca młyna
 - o stosunek długości do średnicy pieca
 - o rodzaj chłodnika klinkieru
- przepustowość pieca
- wilgotności surowców i paliw
- właściwości surowców, takie jak palność
- konkretna wartość opałowa paliwa
- typ klinkieru
- homogenizacja i precyzyjne dozowanie materiału nadawy pieca i paliwa
- Optymalizacja kontroli procesu, w tym chłodzenia płomieniem
- przepustowość by-passu.

Przy zmianie mieszanki paliw, zużycie energii na tonę klinkieru może się zmieniać w zależności od różnych czynników - w zależności od rodzaju paliwa (konwencjonalne lub wtórne), jego parametrów, np. wilgotności, reaktywności lub szorstkości, a także wartości opałowej użytych paliw.

Jednym z czynników, mających wpływ na zużycie energii jest przygotowanie paliw kopalnych, takich jak węgiel kamienny i brunatny, które w wielu przypadkach są całkowicie lub częściowo suszone poza systemem pieca, lub nawet poza terenem cementowni. Wydobywany węgiel brunatny, na przykład, może się charakteryzować wilgotnością powyżej 50% i musi być wysuszony przed dostarczeniem do cementowni. Podczas wymiany suszonych paliw na paliwa o wyższej zawartości wilgotności, jest możliwy wzrost zużycia energii na tonę klinkieru w systemie pieca, ale może być on kompensowany globalnie przez energię oszczędzoną przez pominięcie procesu suszenia i transportu paliw kopalnych.

W kwestii wilgotności paliwa, wydajność procesu zależy od rodzaju stosowanego sposobu suszenia paliwa, jak np. suszenie paliwa przy pomocy ciepła odpadowego z procesu lub suszenie paliwa wewnątrz pieca, co będzie wymagało więcej energii do usuwania wilgoci. Niektóre paliwa zawierają również częściowo mokre minerały, stosowane jako surowiec. Minerały te są suszone w systemie pieca, i również mogą zwiększyć specyficzne zużycie energii na tonę klinkieru.

Ponadto, wysoki wskaźnik zastąpienia paliw wtórnych w połączeniu z innymi parametrami, np. niższą wartością opałową tych paliw wtórnych, wysoką wilgotnością, konstrukcją instalacji, mogą przekładać się na większe zużycie energii, jak pokazano na przykładach z Austrii i Wielkiej Brytanii (patrz rozdział 1.3.3.3). W przypadkach, gdy cementownie są odpowiednio i zaprojektowane specjalnie do współspalania niektórych rodzajów paliw wtórnych, zużycie energii cieplnej może pozostawać w przedziale od 3120 - 3400 MJ/t klinkieru. Austriackie cementownie odnotowały wyniki z 48 godzinnych testów próbnych przy znacznej ilości paliwa o niskiej wartości opałowej, które obejmowały wilgotne tworzywa sztuczne osiągające 3400 MJ/t klinkieru. Ponadto w Wielkiej Brytanii, zużycie energii rzędu 3473 kJ/kg odnotowano dla pieca z pięcioetapowym prekalcynatorem. Jednak stwierdzony został potencjał do poprawy [81, Castle Cement Wielka Brytania, 2006], [92, Austria, 2006], [163, Castle Cement Wielka Brytania, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [171, TEC, 2007].

1.3.3.2 Zapotrzebowanie na energię elektryczną

Głównymi odbiorcami energii elektrycznej są młyny (przemiał ostateczny i przemiał surowców) oraz wentylatory wyciągowe (piec/młyn surowca i młyn cementu), które łącznie stanowią ponad 80% energii zużycia energii. Średnio koszty energii - w postaci paliwa i energii elektrycznej - stanowią 40% całkowitych kosztów produkcji tony cementu. Energia elektryczna stanowi do 20% z całkowitego zapotrzebowania energii. Zapotrzebowania na energię elektryczną wynosi od 90 do 150 kWh/tonę cementu. W latach 2004-2006, koszty energii elektrycznej wzrosły z 14% całkowitego kosztu produkcji cementu do 25%. Proces mokry jest bardziej energochłonny niż półmokry lub suchy [20, Rother, 1996 styczeń,], [84, CEMBUREAU, 2006].

Wykorzystanie energii elektrycznej jest uzależnione także od właściwości produktów, przy zastosowaniu wymogów przemiału. W niektórych przypadkach wykorzystanie energii elektrycznej zostało zminimalizowane poprzez zastąpienie starych młynów surowców nowymi. Tabela 1.19 zawiera przegląd relacji pomiędzy zużyciem energii przy użyciu różnych technik przemiału. Należy zauważyć, że nie zawsze jest możliwe zastąpienie jednego młyna przez inne urządzenie mielące. Ponadto, warto wspomnieć, że przy ocenie najbardziej odpowiedniej techniki zmlifowania należy zawsze rozważyć aspekty ekonomiczne.

Proces przemiału	Zużycie energii	Wymagania konserwacyjne	Wydajność suszenia	Przydatność do drobnego przemiału
Młyn kulowy	100 %	Małe	Średnia	Dobra
młyn walcowy Gutbett-a	65 do 50%	Małe do Dużego	Niska ¹⁾	Średnia
Pionowy młyn walcowy	75 do 70%	Średnie	Wysoka	Średnia

¹⁾ Suszenie oparte na klasyfikatorze

Tabela 1.19: Porównanie technik przemiału w oparciu o kluczowe cechy [60, VDI 2094 Niemcy, 2003], [76, Niemcy, 2006]

1.3.3.3 Zużycie paliw odpadowych

Aby pokryć niezbędne zapotrzebowanie na energię, wykorzystywane są paliwa odpadowe, jak i paliwa konwencjonalne, a zużycie paliw wtórnych konsekwentnie rosło w ciągu ostatnich kilku lat. W 2004 roku w Europie, 6100000 ton różnych rodzajów odpadów zużyto jako paliwo w piecach cementowych. Z tych odpadów, około jeden milion ton stanowiły odpady niebezpieczne. W krajach EU-23+ (patrz Glosariusz), zastępowanie tradycyjnych paliw paliwami wtórnymi wzrasta gwałtownie, poczynając od 3% w 1990 r. do ok. 17 % w 2007, co odpowiada oszczędności około 4 mln ton węgla [74, CEMBUREAU, 2006].

Jednak można zaobserwować duże różnice pomiędzy państwami członkowskimi o podobnych możliwościach zwiększenia substytucji. W 2007 roku poszczególne zakłady były już zdolne do osiągnięcia stopy zastąpienia większej niż 80%. Do 100% zużycia energii może być zaspokojone przez paliwa odpadowe, np. w układzie pieca metody suchej, który składa się z pieca obrotowego z czteroetapowym podgrzewaczem dwustrunowym i chłodnikiem planetarnym. Przykład pokazany jest w punkcie 4.2.2.1.

Należy zauważyć, dla tych odpadów, wartości kaloryczne różnią się bardzo znacznie, od 3 do 40 MJ/kg.. Literatura wskazuje, że paliwa konwencjonalne, mają wartość kaloryczną (średnią, netto), wynoszącą np.

26 -30 MJ/kg dla typowego węgla, 40 - 42 MJ/kg dla typowego oleju napędowego, podczas gdy odpady stałe mogą mieć wartość opałową 8,5 MJ/kg, a tworzywa sztuczne posiadają wartość opałową do 40 MJ/kg [143, Williams, 2005]. Paliwa wtórne z odpowiednią wartością kaloryczną mogą zastąpić paliwa kopalne oraz powodują oszczędność paliw kopalnych. Jednak, piece muszą być odpowiednie do spalania odpadów, a okoliczności muszą być zoptymalizowane, aby być w stanie przyczynić się do wysokiej efektywności energetycznej (patrz rozdziały 1.3.3.1 i 1.4.2.1.3). Tabela 1.20 pokazuje przykłady typowych wartości opałowych różnych materiałów odpadowych:

Przykłady typów paliw wtórnych (Niebezpieczne i bezpieczne)	Przykłady wartości opałowych (MJ/kg)
Drewno	Ok. 16
Papier, tektura	3 - 16
Tekstyli	do 40
Tworzywa sztuczne	17 - 40
Frakcje przetworzone (RDF)	14 - 25
Guma / opony	ok. 26
Osady przemysłowe	8 - 14
Osad ze ścieków komunalnych	12 - 16
Mączka zwierzęca, tłuszcze	14 - 18, 27 - 32
Mączka zwierzęca (mączka z tusz)	14 - 21.5
Odpady węgla	20 - 30
Odpady rolnicze	12 - 16
Odpady stałe (impregnowane trociny)	14 - 28
Rozpuszczalniki i związane z nimi odpady	20 - 36
Olej i odpady oleiste	25 - 36
Mieszanka paliwowa na bazie łupków naftowych (85 - 90 % łupków naftowych)	9.5
Osady ściekowe (wilgotność >10%)	3 - 8
Osady ściekowe (wilgotność od <10% do 0%)	8 - 13

Tabela 1.20: Przykłady wartości opałowych dla różnych rodzajów odpadów wykorzystywanych jako paliwa w UE-27 [75, Estonia, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [180, Mauschitz, 2004]

Należy zauważyć, że w zależności od różnych parametrów (patrz rozdział 1.4.2.1.3), średnie roczne specyficzne zapotrzebowanie na energię cieplną także może wzrosnąć, jak pokazano na przykładach z Wielkiej Brytanii i Austrii poniżej.

W przykładowych zakładach w Wielkiej Brytanii, wartość opałowa (netto) paliw wtórnych, np. pochodzących z odpadów komunalnych, komercyjnych i/lub przemysłowych, waha się pomiędzy 15 i 23 MJ/kg. Jednakże, w jednym zakładzie odnotowano ekwiwalent cieplny rzędu 25% całkowitego zużycia paliwa, co stanowi równoważność 30.000 ton węgla. Ponieważ paliwa wtórne mają niższą wartość opałową, wymagana ilość paliw wtórnych to 44118 t [153, Castle Cement Wielka Brytania, 2007], [154, CEMEX Wielka Brytania, 2006]. Kolejny przykład pokazuje, że 125.000 t paliw wtórnych musi zostać zastosowane w celu zastąpienia 100000 t węgla. Odnosi się to do 20% większego wykorzystania paliw wtórnych [81, Castle Cement Wielka Brytania, 2006].

W Austrii pomiędzy 1997 i 2004, wykorzystanie paliw kopalnych stale malało, podczas gdy wykorzystanie paliw wtórnych wzrosło z 19 % w 1997 do 47 % w 2004. Zapotrzebowanie na energię cieplną najpierw zmalało od 3554 do 3481 MJ/t klinkieru w roku 2000. Jednakże, w okresie od 2000 do 2004 r. mieszanka paliwowa uległa znaczącej zmianie (patrz rozdział 4.2.2.2, tabela 4.21), ze znacznym spadkiem udziału węgla (od 44,9 do 17,6 %) oraz, jednocześnie, znaczącym wzrostem wykorzystania koksu ponafowego (z 3,2 do 16,0%) i odpadów, takich jak tworzywa sztuczne (z 9,1 do 17,6%) i innych paliw wtórnych (z 2,4 do 10,2%) [92, Austria, 2006].

Ponadto, informacje dotyczące przykładowych wartości opałowych oblicza się dla różnych rodzajów przetwarzanych odpadów, a przykłady obliczeń wartości opałowej z odpadów można znaleźć w Dokumencie referencyjnym dotyczącym najlepszych dostępnych technik spalania odpadów [57, Komisja Europejska, 2005].

Wzrost wykorzystania odpadów innych niż niebezpieczne jest bardziej znaczący niż wzrost wykorzystania odpadów niebezpiecznych. Odzwierciedla to zmiany społeczne (wzrost ilości osadów ściekowych, mączki zwierzęcej, przetworzonych odpadów komunalnych), jak również zwiększa nacisk na klasyfikację odpadów. Przy ekwiwalencie cieplnym rzędu 17% średniej, która wynosi momentami nawet 100% w niektórych krajach, założono że wykorzystanie odpadów jako paliw i surowców w procesie wypalania klinkieru jest powszechną praktyką. Spośród 6 milionów ton, około 10% stanowi biomasa. Wskaźniki ekwiwalentu cieplnego paliw zużytych w krajach UE-23 + przedstawiono w tabeli 1.22 [74, CEMBUREAU, 2006], [75, Estonia, 2006], [76, Niemcy, 2006], [81, Castle Cement Wielka Brytania, 2006], [92, Austria, 2006], [107, Belgia, 2006], [112, Czechy, 2006].

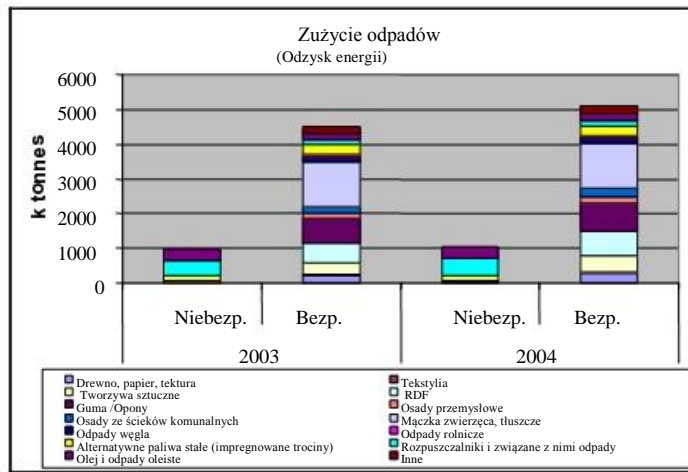
Zużycie różnych niebezpiecznych i bezpiecznych odpadów wykorzystywanych jako paliwo do spalania w piecach cementowych w UE 27 przedstawiono w tabeli 1.21 i rys. 1.22. Całkowite zużycie paliw z odpadów w UE-27 w piecach cementowych wzrosło od 2003 do 2004 r. [74, CEMBUREAU, 2006].

Grupa Nr. ¹⁾	Typ odpadów	Rodzaje paliw wtórnych				za
		Ilości w 1000 ton				
		2003		2004		
		Niebezpieczne za niebezpieczne	Nieuznawane	Niebezpieczne	Nieuznawane niebezpieczne	
1	Drewno, papier, karton					
2	Tekstylia	0,000	214,991	1,077	302,138	
3	Tworzywa sztuczne	0,000	19,301	0,000	8,660	
4	RDF	4,992	570,068	1,554	734,296	
5	Guma / opony	0,000	699,388	0,000	810,320	
6	Osady przemysłowe	52,080	161,660	49,597	197,720	
7	Osad ze ścieków komunalnych	0,000	174,801	0,000	264,489	
8	Mączka zwierzęca, tłuszcze	0,000	1313,094	0,000	1285,074	
9	Odpady węgla	1,890	137,213	7,489	137,013	
10	Odpady rolnicze	0,000	73,861	0,000	69,058	
11	Odpady stałe (Impregnowane trociny)	164,931	271,453	149,916	305,558	
12	Rozpuszczalniki i związane z nimi odpady	425,410	131,090	517,125	145,465	
13	Olej i odpady oleiste	325,265	181,743	313,489	196,383	
14	Inne	0,551	199,705	0,000	212,380	
	Ogółem	975,119	4502,435	1040,247	5133,353	

¹⁾ Każda grupa obejmuje kilka kodów EWC, patrz tabela 4.1 w rozdziale 4.2.1

Tabela 1.21: Zużycie różnych typów odpadów wykorzystywanych jako paliwa w piecach cementowych w UE-27 w 2003 i 2004 roku

[74, CEMBUREAU, 2006]



Rysunek 1.22: Zużycie różnych typów odpadów niebezpiecznych i innych niż niebezpieczne wykorzystywanych jako paliwo w piecach cementowych w krajach UE-27 [74, CEMBUREAU, 2006]

Kraj	Dopuszczalne wydajności dla paliw wtórnych (t/rok)		Ilość odpadów wykorzystywanych jako paliwa (t/rok)		Procent wydzielanego ciepła (%)			
	Krajowy zakres ¹⁾	Krajowa średnia	Krajowy zakres ¹⁾	Krajowa średnia	Odpady niebezpieczne		Odpady nieokreślone jako niebezpieczne	
					Krajowy zakres ¹⁾	Krajowa średnia	Krajowy zakres ¹⁾	Krajowa średnia
Austria ³⁾	10000 -	15000	9500 -	25000				
Belgia, Holandia, Luksemburg		15000	788400					
Czechy		90000 ²⁾		-				
Dania, Finlandia, Szwecja, Norwegia, Irlandia		300000 ²⁾		-				
Estonia, Łotwa, Polska, Węgry		15000 - 380000		125000				
Francja		125000 - 265000		-				
Niemcy				-				
Grecja, Portugalia, Rumunia, Słowenia		20000 - 500000		20506				
Włochy		5000 - 115000		28000				
Hiszpania		8800 - 100000		43000				

182337	39000	30000	30 - 45	12	15 - 50	35
	58500 - 402000	138930	0 - 25	11	21 - 30	24
	-	40000	0 - 40	15	0 - 100	37
	22000 - 120000	75000	2 - 20	15	24 - 35	32
	8000 - 67369	27271	13.4 - 14	13.7	16 - 26.1	17.5
	300 - 113000	37374	0 - 41.2	14	0.4 - 52	14.6
	218157 ²⁾	56857	0 - 25	5.2	76 ²⁾	43.6
	640 - 60000	9196	0 - 3.8	0.7	0.4 - 15.6	2
	5300 - 90600	13100	1.3 - 21	12	0.9 - 37	11.3
	2000 - 36000	15500	0 - 27.8	4.8	2 - 25	8.5
	0 - 55960	24086	0 - 27.6	6	0 - 40	7.8

Uwaga: Dane są sumowane z odpowiedzi krajów UE-23 +

¹⁾ Minimum - maksimum

²⁾ Maksimum

³⁾ Dane jedynie z roku 2004

**Tabela 1.22: Substytucja paliw wtórnych do produkcji cementu w krajach UE-23+
[168, TWG CLM, 2007], [178, CEMBUREAU, 2008]**

1.3.4 Emisje do atmosfery

Podczas produkcji cementu powstają emisje do atmosfery oraz hałasy. Ponadto, w odniesieniu do wykorzystywania odpadów, mogą pojawić się zapachy, np. z powodu magazynowania i przewożenia odpadów (patrz rozdział 1.3.8). W tym rozdziale, zakresy emisji zanieczyszczeń do atmosfery są przedstawione dla procesu produkcji cementu, łącznie z innymi etapami procesu, takimi jak przechowywanie i postępowanie z, np. surowcami, dodatkami i paliwami, w tym paliwami wtórnymi.

Dyrektywa IPPC zawiera ogólny orientacyjny wykaz głównych substancji zanieczyszczających powietrze, które należy wziąć pod uwagę, jeśli są one istotne w określaniu granicznych wartości emisji. W przypadku produkcji cementu przy użyciu odpadów istotne są:

- tlenki azotu (NO_x) i inne związki azotu
- dwutlenek siarki (SO₂) oraz inne związki siarki
- pył
- całość związków organicznych (TOC) łącznie z lotnymi związkami organicznymi (LZO)
- polichlorowane dibenzodioksyny i dibenzofurany (PCDD i PCDF)
- metale i ich związki
- fluorowodór (HF)
- chlorowodór (HCl)
- tlenek węgla (CO).

Choć nie został wymieniony na liście, przy produkcji cementu istotny jest również dwutlenek węgla (CO₂). Jeśli chodzi o emisje CO₂ oraz system handlu emisjami, ogólne informacje znajdują się w Dyrektywie 2003/87/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 13 października 2003 roku, ustalającej system handlu przydziałami emisji gazów cieplarnianych w obrębie Wspólnoty i nowelizującej Dyrektywę Rady 96/61/WE [99, Unia Europejska, 2003].

Ponadto, emisje NH₃ mogą zostać uznane za istotne, zwłaszcza przy użyciu środków/technik wtórnych redukcji NO_x, np. SNCR.

Główne emisje z produkcji cementu pochodzą z emisji do atmosfery z systemu pieca. Wywodzą się one z fizyczno-chemicznych reakcji związanych z surowcami i spalaniem paliw. Głównymi składnikami gazów odlotowych z pieca cementowego są azot z powietrza spalania, CO₂ z kalcynacji CaCO₃ i spalania paliwa, para wodna z procesu spalania i z surowców, oraz nadmiarowy tlen.

We wszystkich systemach pieca, stały materiał przesuwany przeciwwątkowo w stosunku do gorących gazów spalinowych. Ten przeciwwątkowy przepływ wpływa na emisję zanieczyszczeń, ponieważ w piecu tworzy się cyrkulujące złożo fluidalne. Wiele elementów, które są wynikiem spalania paliwa lub przekształcania surowca w klinkier pozostają w fazie gazowej tylko do czasu gdy ulegną absorpcji lub kondensacji na surowcu przepływającym przeciwwątkowo.

Zdolności absorpcyjne materiału różnią się w zależności od jego fizyczno-chemicznego stanu. To z kolei, zależy od jego pozycji w systemie pieca. Na przykład, materiał opuszczający strefę kalcynacji pieca ma dużą zawartość tlenu wapnia i dlatego też posiada wysoką zdolność absorpcji frakcji kwasowych, takich jak HCl, HF oraz SO₂.

Dane dotyczące emisji z działających obecnie pieców podano w tabeli 1.23. Zakresy emisji, z tych pieców w dużym stopniu zależą od natury surowców; paliw; wieku oraz konstrukcji zakładu; jak również od wymogów określonych przez organ zezwalający. Na przykład, stężenie zanieczyszczeń oraz zachowanie wapienia podczas wypalania/prażenia może wpływać na emisję, np. wahanie zawartości siarki w surowcu odgrywa istotną rolę i ma wpływ na zakres emisji siarki w gazach zużytych.

Odnotowane emisje z europejskich pieców cementowych ¹⁾			
Zanieczyszczenia	mg/Nm ³	kg /tonę klinkieru	ton/rocznie
NO _x (as NO ₂)	145 - 2040	0,33 – 4,67	334 - 4670
SO ₂	do 4837 ²⁾	do 11,12	do 11125
Pył	0,27 - 227 ³⁾	0,00062 – 0,5221	0,62 - 522
CO	200 - 2000 ⁴⁾	0,46 – 4,6	460 - 11500
CO ₂		ok. 672 g / _{tcementu}	1,5456 miliona
TOC/VOC	1 - 60 ⁵⁾	0,0023 – 0,138	2,17 - 267
HF	0,009 – 1,0	0,021 – 2,3 g/t	0,21 – 23,0
HCL	0,02 – 20,0	0,046 - 46 g/t	0.046 - 46
PCDD/F	0,000012 – 0,27 ng I-TEQ/Nm ³	0,0276 - 627 ng/t	0,0000276 - 0,627 g / rok
Metale ⁷⁾			
Hg	0 – 0,03 ⁶⁾	0 - 69 mg/t	0 - 1311 kilogramów / rok
W (Cd, Tl)	0 – 0,68	0 - 1564 mg/t	0 - 1564 kg / rok
W (As, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)	0 – 4,0	0 - 9200 mg/t	0 - 9200 kg / rok

¹⁾ Dane dotyczące masy są oparte na 2300 m³/tonę klinkieru oraz jednym milionie ton klinkieru rocznie. Zakresy emisji są średnimi rocznymi, a wartości uzyskano w oparciu o różne techniki pomiarowe. Zawartość O₂ wynosi normalnie 10 %.

²⁾ Wartości SO₂ pomiarów przeprowadzonych w gazie czystym 253 pieców obrotowych. 11 pomiarów wykraczało poza skalę. Wśród nich, 7 znajduje się w '0' zakresie substytucji, 3 mieszczą się pomiędzy '0 - 10', a jeden 'przekracza 40'. Należy spodziewać się wysokich emisji SO₂ gdy materiał surowcowy zawiera związki lotnej siarki (np. piryty). W istocie, wymienione związki utleniające się mogą przekształcać się w SO₂ już na etapie górnego cyklonu. Ten SO₂ może być przechwytywany w młynie surowców przez drobno zmielony materiał surowy

³⁾ Wyniki są wartościami z ciągłych pomiarów pyłu w czystym gazie z 253 pieców obrotowych. 8 pomiarów wykracza poza skalę. Poziomy emisji w dużej mierze zależą od stanu urządzeń służących redukcji emisji

⁴⁾ W niektórych przypadkach, emisje CO mogą być wyższe niż 2000 mg / Nm³ aż do 5000 mg / Nm³ (11,5 kg /tonę klinkieru), np. z powodu redukcji NO_x.

⁵⁾ Średnia roczna wartości ze 120 pomiarów; tylko kilka wartości wykracza powyżej 60 mg / Nm³ (Do 122,6 mg / Nm³ lub 0,28 kg /tonę klinkieru)

⁶⁾ Zebrane z 306 miejscowych pomiarów o średniej wartości 0,02 mg / Nm³ i górnej wartości 0,57 mg / Nm³ (1311 mg /tonę klinkieru)

⁷⁾ 0' oznacza LOD=poziom wykrywania

Tabela 1.23: Dane dotyczące zakresu emisji z pieców cementowych Europy

[8, CEMBUREAU, 2001], [9, CEMBUREAU, listopad 1997], [12, Holandia, 1997], [19, Haugh, 2001], [29, Lohse, 2001], [97, CEMBUREAU, 2007], [168, TWG CLM, 2007]

Typowa objętość emitowanych spalin wyrażona w m³/tonę klinkieru (suchy gaz, 101,3 kPa, 273 K) wynosi od 1700 do 2500 dla wszystkich typów pieców [8, Cembureau, 2001]. Systemy piecowe wyposażone w podgrzewacz w stanie zawieszenia i prekalcyntator wydają normalnie około 2000 m³ spalin na tonę klinkieru (suchy gaz, 101,3 kPa, 273 K).

Istnieje także emisja cząstek stałych ze wszystkich procesów przemiałowych, tj. przemiału surowców, paliw stałych i produktu. Potencjalna emisja cząstek stałych może także pochodzić z każdego otwartego składowiska surowców i paliw stałych, jak również z instalacji transportujących, w tym z załadunku cementu. Rozmiary tych emisji mogą być znaczne, jeżeli systemy te nie są dobrze zaprojektowane i eksploatowane, a niewielka emisja może prowadzić lokalnie do problemów.

1.3.4.1 Pył (cząstki stałe)

1.3.4.1.1 Skanalizowane emisje pyłu

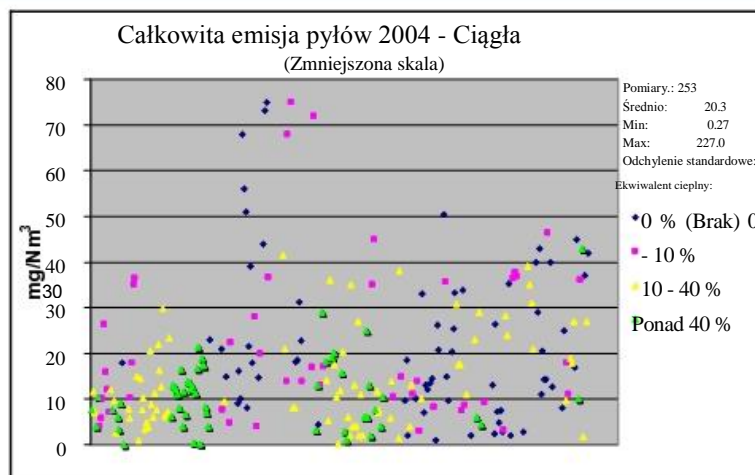
Emisja pyłów, zwłaszcza z kominów, była tradycyjnie uznawana za główne zagrożenie dla środowiska ze strony przemysłu cementowego. Głównymi źródłami emisji pyłów są piece obrotowe, młyny surowca, chłodniki klinkieru oraz młyny cementu. Procesy stosowane w zakładach produkcji cementu prowadzą do emisji pyłu, niezależnie od tego czy stosowane są odpady, takie jak:

- rozdrabnianie surowców
- przenośniki i podnośniki surowców
- przechowywanie surowców i cementu
- młyny surowców, cementu i węgla
- magazynowanie paliw (koks ponaftowy, węgiel kamienny, węgiel brunatny) oraz
- wysyłka cementu (załadunek).

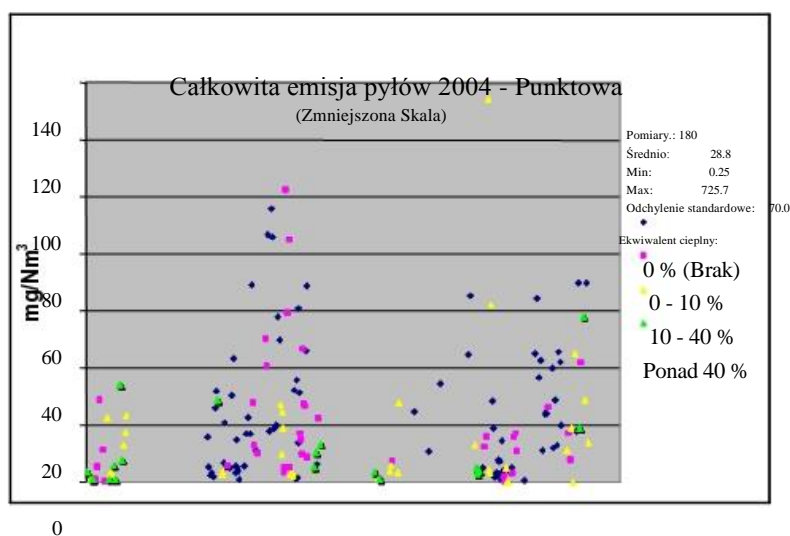
We wszystkich tych procesach duże ilości gazów przepływają przez zapyłone materiały. W przypadku kruszenia, mielenia, i wysyłki sprzęt działa w warunkach lekkiego podciśnienia, a źródła te są zwykle wyposażone w filtry tkaninowe. Konstrukcja i niezawodność nowoczesnych elektrofiltrów i filtrów tkaninowych zapewnia możliwość zredukowania emisji pyłów do poziomu, w którym przestaje być znaczący; poziomy emisji poniżej 10 mg/Nm³ (średnie wartości dobowe) są osiągnięte w 37% zgłaszanych instalacji. Przykłady typów systemu i ilości pyłu z filtrów i odpylania przedstawiono w tabeli 1.24.

Całkowite emisje pyłów są stale mierzone w 253 piecach obrotowych, a miejscowe pomiary pyłu są pobierane z 180 pieców obrotowych, jak pokazano na rys. 1.23 i rys. 1.24. Te pomiary są pobierane z różnych zakładów zlokalizowanych w krajach UE-27 i UE-23 + (patrz Glosariusz). Ekwiwalent cieplny jest oznaczony na rysunku przy użyciu różnych kolorów. Większość emisji pyłów mieści się w przedziale między 0,27 i poniżej 30 mg/Nm³. Stale mierzone emisje zostały odnotowane jako średnie dobowe [97, CEMBUREAU, 2007]. Zmierzone wartości odnoszą się do 1 m³ suchego gazu w warunkach standardowych.

Ponadto, typowe stężenia pyłu w czystym gazie (średnie wartości dzienne) są osiągnięte w systemach pieców obrotowych wyposażonych w zakres ESP pomiędzy <10 i 30 mg/Nm³. Po redukcji emisji spalin za pomocą filtrów tkaninowych, zanotowano emisje pyłów od <10 do 20 mg/Nm³, jako średnie dobowe wartości [92, Austria, 2006], [75, Estonia, 2006], [76, Niemcy, 2006], [90, Węgry, 2006], [112, Czechy, 2006].



Rysunek 1.23: Zakres wartości emisji przy ciągłych pomiarach pyłu w czystym gazie z 253 pieców obrotowych w krajach EU-27 oraz EU 23+ [97, CEMBUREAU, 2007]



Rysunek 1.24: Zakres wartości emisji pyłów ze 180 miejscowych pomiarów pyłu w czystym gazie z pieców obrotowych w krajach EU-27 oraz EU 23+ [97, CEMBUREAU, 2007]

Tabela 1.24 przedstawia przykłady niektórych typów ESP i filtrów tkaninowych. Wartości reprezentują typowe zakresy, a wartości w nawiasach odnoszą się do wartości skrajnych, które

zostały zarejestrowane w niektórych indywidualnych przypadkach. Przegląd pokazuje również szacunkową zawartość pyłu i odpylania, gdzie ma to zastosowanie. Działania złożone i bezpośrednie są związane z działaniem pieca (włączony, wyłączony).

Rodzaje systemów i danych operacyjnych dla redukcji pyłu						
Parametr	Jednostka	Elektrofiltry	Filtry tkaninowe			
Rok budowy		1962 - 2004	1999 - 2005			
Spadek ciśnienia	hPa	1 - 8	(2) ¹⁾ 10 - 12			
Temperatura	°C	90 - 190	90 - 160 ²⁾			
Zapotrzebowanie na energię elektryczną		kWh / t klinkieru	1 - 4	0,1	- 0,2	
Zapotrzebowanie wentylatora na energię		kWh / t klinkieru	0,15	- 1,2	1,5	- 1,8
Całkowite zapotrzebowanie na energię		kWh / t klinkieru	1,15	- 5,2	1,6	- 2,0
Ilość pyłu z filtrów i odpylania						
Parametr	Jednostka	Działania złożone	Działania bezpośrednie			
Ilość pyłu z filtrów	kg / t klinkieru	54 - 144 (1718) ¹⁾	(10 - 70) ¹⁾ 80 - 200			
Odpylanie	kg / t klinkieru	0 - 35	0 - 66 (165) ¹⁾			

¹⁾ Odniesienie do wartości skrajnych, zarejestrowanych w pojedynczych przypadkach.

²⁾ Temperatura 240 °C została zarejestrowana przy użyciu włókien szklanych z membraną PTFE.

Tabela 1.24: Przykłady typów systemu wykorzystywanych do odpylania, dane operacyjne i zapotrzebowanie na energię [76, Niemcy, 2006], [103, CEMBUREAU, 2006]

W niektórych przypadkach, elektrofiltry będą musiały być wyłączone, gdy stężenie CO jest podwyższone w gazach spalinowych ze względów bezpieczeństwa (piki CO). W celu uniknięcia jakichkolwiek problemów operacyjnych, podwyższone stężenia CO w gazach spalinowych i wynikające mieszaniny wybuchowe muszą zostać skutecznie wykluczone. Automatyczne urządzenie monitorujące poziom CO w spalinach musi pracować bezustannie. W różnych fazach procesu wypalania pieca, jak i podczas zamykania i uruchamiania systemu pieca, zarejestrowano przykłady pików CO w różnych zakresach i przedziałach czasowych. W Irlandii w 2006 r., w niektórych przypadkach przy pikach CO zostały odnotowane emisje pyłów powyżej 60 aż do 130 mg/Nm³ (półgodzinne średnie wartości) z częstością od jednego do sześciu razy w miesiącu. Spośród nich, zostały zarejestrowane wyłączenia elektrofiltrów w zakresie 1 - 13 minut/przypadek trwające w sumie 184 minuty [159, Irlandia, 2006]. Jednak częstotliwości pików CO były zminimalizowane, np. w niemieckich cementowniach, a przykłady łącznego czasu trwania w zakresie od 1 do 29 minut rocznie, zaobserwowano odpowiednio 0,001 - 0,009% całkowitej pracy pieca, co pokazano w Tabeli 1.25.

Rok	Łączny czas trwania	
	(W minutach)	(% Całkowitego czasu pracy pieca)
2000	12	0,003
2001	29	0,009
2002	1	<0,001
2003	6	0,001
2004	5	0,001

Tabela 1.25: Przykłady częstotliwości pików CO w niemieckich cementowniach [158, Niemcy, 2007]

1.3.4.1.2 Emisje drobnego pyłu PM₁₀ oraz PM_{2,5}

Emisje pyłów PM₁₀ oraz PM_{2,5} składają się z drobnych cząstek o wielkości ziarna odpowiednio mniejszej niż 10 oraz mniejszej niż 2,5 mikrona średnicy, które mogą wystąpić w postaci stałej lub w postaci aerozolu. Tego typu drobny pył może powstawać w wyniku szeregu fizykochemicznych reakcji z udziałem różnych gazów prekursorowych, takich jak tlenki azotu, siarka oraz amoniak reagujących do formy siarczanowych, azotanowych oraz amonowych cząstek stałych, i mogą powodować problemy zdrowotne u ludzi. W przemyśle cementowym, PM₁₀ i/lub PM_{2,5} mogą powstać w wyniku procesu spalania i chłodzenia, jednak procesy zależne (patrz rozdział 1.3.4.1.1) mogą również prowadzić do tworzenia się drobnego pyłu.

W ciągu ostatnich kilku lat, zostały opracowane różne metody pomiaru i przyrządy do pobierania próbek w połączeniu z modelami obliczeniowymi w celu określenia i segregacji wielkościowej tych bardzo drobnych frakcji pyłu i ich dystrybucji, np. na podstawie całkowitej emisji pyłu mierzonej w strumieniu spalin. Dochodzenie z Niemiec pokazuje, że znaczna część całkowitej emisji pyłów emitowana jest w postaci drobnego pyłu, niezależnie od stężenia pyłu całkowitego w gazach odlotowych. Dzięki zastosowaniu elektrofiltrów, około 90% frakcji pyłu jest mniejsza niż 10 µm (PM₁₀) i około 50% mniejsza niż 2,5 µm (PM_{2,5}), jak pokazują przykłady przemysłu cementowego (patrz Tabela 1.26). Całkowite emisje pyłów były mierzone za pomocą pomiarów próbnika filtra (zwykle urządzenie filtrujące). Impaktory kaskadowe zostały wykorzystane do pobierania pyłu w warunkach izokinetycznych i rozdzielania go na oddzielne frakcje według wielkości cząstek ze strumienia gazów odlotowych. Ponadto przykłady drobnych frakcji pyłów emitowanych z irlandzkich zakładów cementowych można znaleźć w rozdziale 4.2.2.3. Dlatego większa część cząstek drobnego pyłu może zostać zmniejszona przez redukcję całkowitego ładunku pyłu. Zakłady wyposażone w wysokiej wydajności systemy odpylania przyczyniają się stosunkowo w bardzo małym stopniu do obciążenia pyłowego [113, Irlandia, 2007 r.], [117, Niemcy, 2000].

Źródło emisji		Całkowita koncentracja pyłów ¹⁾ (mg/Nm ³)	Frakcje drobnego pyłu (%)			Koncentracja drobnego pyłu (mg/Nm ³)		
			<2,5	<10	>10	<2,5	<10	>10
Piec (elektrofiltr) ²⁾	Piecowe gazy odlotowe po elektrofiltrze	15,4	51	87	13	7,9	13,4	2,9
Chłodnik klinkieru (elektrofiltr)	Gazy chłodnika klinkieru po elektrofiltrze	14,0	68	99	1	9,5	13,9	≤0,1
Cyklonowy podgrzewacz (elektrofiltr), tryb bezpośredni ³⁾	Piecowe gazy odlotowe po elektrofiltrze	2,3	84	97	3	1,9	2,2	≤0,1
Podgrzewacz cyklonowy (elektrofiltr), tryb łączony ⁴⁾	Piecowe gazy odlotowe po elektrofiltrze	4,8	66	97	3	3,2	4,7	≤0,1

¹⁾ Całkowita zawartość pyłu mierzona przy pomocy pomiarów próbnika filtra (zwykle urządzenie filtrujące), segregacja w wielkościowa impaktorem kaskadowym
²⁾ Piec Lepola, teraz wyłączony.
³⁾ Młyn wyłączony
⁴⁾ Młyn włączony

Tabela 1.26: Badanie dystrybucji drobnego pyłu w pyle ogółem z niemieckich pieców cementowych [117, Niemcy, 2000]

Model RAINS (Regional Air Pollution Information and Simulation) został rozszerzony, by badać synergię i kompromisy pomiędzy kontrolą lokalnego i regionalnego zanieczyszczenia powietrza i ograniczania emisji gazów cieplarnianych. Ten nowy model GAINS (Greenhouse Gas and Air Pollution Interactions and Synergies) pomaga w poszukiwaniu strategii kontroli zanieczyszczeń maksymalizujących korzyści we wszystkich skalach. Model RAINS pokazuje, że PM₁₀ i PM_{2,5} stanowią 60% wszystkich cząstek stałych (78 g/Nm³) w gazie surowym (przed oczyszczeniem), jak pokazano w tabeli 1.27. Przykłady technik redukcji pyłu oraz skuteczność redukcji można znaleźć w tabeli 1.28.

Parametr

Stężenie surowego gazu

Przemysł produkcji Cementu, Wapnia i Tlenku Magnezu

Całość cząstek stałych (TPM)	130 g/Nm ³
PM ₁₀	42 % TPM
PM _{2.5}	18 % TPM

**Tabela 1.27: Przykłady stężenia pyłu surowego gazu według modelu RAINS
[172, Francja, 2007]**

Technika	Skuteczność redukcji w (%)		
	Liczba cząstek stałych	PM ₁₀	PM _{2,5}
Cyklonowy	74,4	52,86	30
Elektrofiltr 1	95,8	94,14	93
Elektrofiltr 2	98,982	97,71	96
Elektrofiltr 3	99,767	99,51	99
Filtr tkaninowy	99,784	99,51	99
Mokra płuczka	98,982	97,71	96

Tabela 1.28: Przykłady technik redukcji pyłu oraz efektywność redukcji wg modelu RAINS [172, Francja, 2007]

1.3.4.1.3 Rozproszone emisje pyłu

Rozproszone emisje pyłu mogą pojawić się podczas przechowywania i transportu materiałów i paliw stałych, np. z otwartego przechowywania, przenośników surowców, a także z nawierzchni dróg ze względu na transport drogowy. Pył pochodzący z opakowań i wysyłki klinkieru/cementu może także być znaczący. Wpływem emisji rozproszonych mogą być lokalne zwiększenie stężenia pyłu, podczas gdy emisje pyłu w procesach (na ogół z wysokich kominów) mogą mieć wpływ na jakość powietrza na znacznie większym obszarze.

Przenośniki i podnośniki są konstruowane jako systemy zamknięte, jeśli występuje prawdopodobieństwo wydobywania się emisji pyłów z pyłących materiałów. Drogi używane przez ciężarówki są brukowane i oczyszczane w celu uniknięcia rozproszonych emisji pyłu. Ponadto, spryskiwanie wodą w miejscu instalacji jest stosowane w celu uniknięcia tych emisji. W miarę możliwości stosowane są zamknięte systemy magazynowania [76, Niemcy, 2006].

1.3.4.2 Tlenki azotu

Proces wypalania klinkieru jest procesem przebiegającym w wysokiej temperaturze, którego wynikiem jest tworzenie się tlenków azotu (NO_x). Tlenki azotu mają wielkie znaczenie ze względu na zanieczyszczanie powietrza przez zakłady produkujące cement. Są one tworzone podczas procesu spalania albo przez połączenie w płomieniu azotu zawartego w paliwie z tlenem lub poprzez połączenie azotu atmosferycznego oraz tlenu w powietrzu spalania.

Istnieją dwa główne źródła dla produkcji NO_x:

- termiczne NO_x:
 - część azotu w spalonym powietrzu reaguje z tlenem tworząc różne tlenki azotu
 - jest głównym mechanizmem powstawania tlenków azotu w płomieniu pieca
- paliwowe NO_x:
 - związki zawierające azot, chemicznie związane w paliwie, reagują z tlenem z powietrza, tworząc różne tlenki azotu.

Niemniej jednak mogą być obserwowane pewne niewielkie zmiany w emisji NO_x podczas korzystania z odpadów:

- poziom NO_x z podstawowego wypalania może być niższy, jeśli paliwa wtórne zawierają wodę lub wymagają więcej tlenu (wpływ na temperaturę płomienia, w stanie obniżonym). Efekt jest porównywalny do chłodzenia płomienia
- NO_x z wtórnego/wypalania prekalcyntora mogą być niższe, jeśli grube paliwo tworzy strefę redukcji [97, CEMBUREAU, 2007].

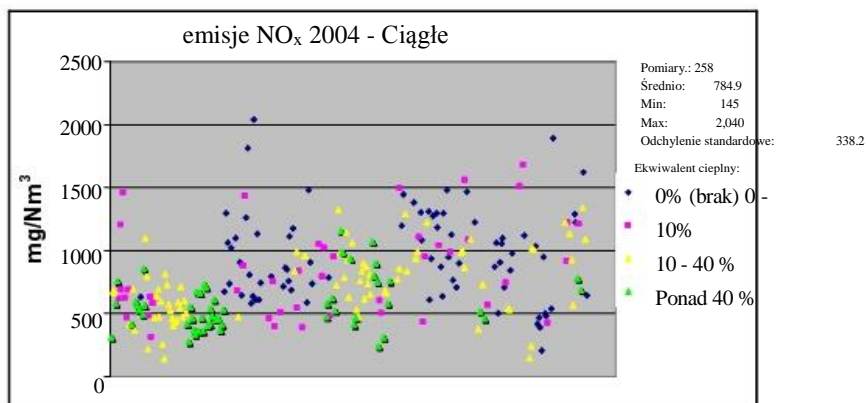
Ponadto, NO_x mogą być również utworzone przez utlenianie NH_3 , jeśli są wtryskiwane dla redukcji NO_x do nieodpowiedniej strefy temperatury pieca, gdzie temperatura jest mniejsza niż 1000 st. C.

Termiczne NO_x powstają w temperaturze powyżej 1050 ° C. Ze względu na jakość klinkieru, proces spalania odbywa się w warunkach utleniających, w których częściowe utlenianie azotu cząsteczkowego w powietrzu spalania skutkuje powstawaniem tlenku azotu. Termiczne NO_x są wytwarzane głównie w strefie spalania pieca, gdzie jest wystarczająco gorąco do uzyskania tej reakcji. Ilość termicznych NO_x produkowanych w strefie spalania jest związana zarówno z temperaturą strefy spalania, jak i zawartością tlenu (współczynnik nadmiaru powietrza). Szybkość reakcji termicznego NO_x wzrasta wraz z temperaturą, dlatego trudnopalne mieszanki, które wymagają cieplejszych stref spalania będą miały tendencję do generowania większej ilości termicznego NO_x niż piece z łatwiej palną mieszanką. Prędkość reakcji zwiększa się także ze wzrostem zawartości tlenu (współczynnik nadmiaru powietrza). Korzystanie z tego samego pieca z wyższą tylną zawartością tlenu (współczynnik nadmiaru powietrza) spowoduje zwiększone generowanie termicznego NO_x w strefie spiekania (choć emisje SO_2 i/lub CO mogą ulec zmniejszeniu).

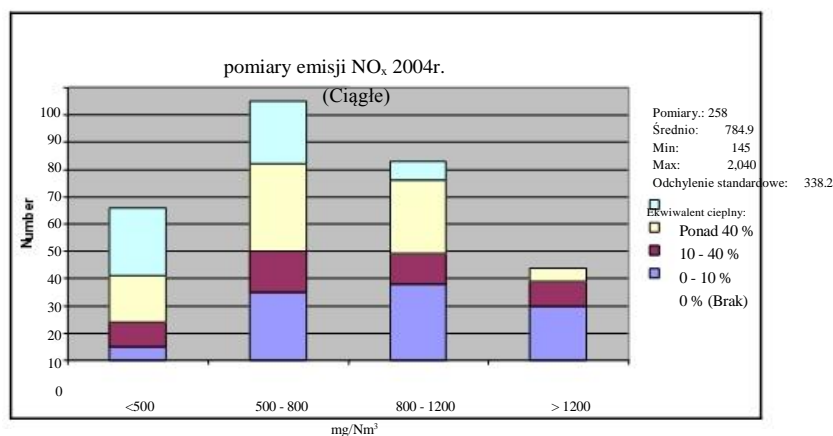
NO i NO_2 są dominującymi tlenkami azotu w gazach spalinowych z pieca cementowego. Paliwowe NO_x ze związków azotu w paliwie jest mniej istotne. W systemach cementowych pieców obrotowych, tworzenie paliwowego NO (tlenku azotu) w obszarze głównego wypalania jest nieznaczne. Emisje NO_x z pieca cementowego są zwykle związane z azotem w powietrzu bardziej niż ze spalaniem paliwa. Tlenek azotu (NO) stanowi około 95%, a dwutlenku azotu (NO_2) około 5% tlenków azotu wykazywanych obecnie w spalinach z zakładów obsługujących piece obrotowe [76, Niemcy, 2006], [92, Austria, 2006], [97, CEMBUREAU, 2007]. Paliwowe NO_x generowane jest w wyniku spalania azotu zawartego w paliwie przy niższych temperaturach panujących w wtórnej jednostce wypalania. Azotu w paliwie albo łączy się z innymi atomami azotu do postaci gazu N_2 lub reaguje z tlenem tworząc paliwo NO_x . W prekalcyntorze panuje temperatura w zakresie 850-950°C, która jest niewystarczająca do tworzenia termicznych NO_x , ale może pojawić się paliwowe NO_x . Podobnie inne rodzaje wtórnego opalania na wlocie pieców, takie jak w komorze wznoszącej pieca z podgrzewaczem w stanie zawieszenia lub w komorze kalcynacji podgrzewacza rusztowego, mogą prowadzić do wzrostu paliwowego NO_x . Dlatego w piecach z prekalcyntorem, gdzie nawet do 60% paliwa może być spalane w kalcynatorze, tworzące się tam paliwowe NO_x mają znaczny udział w ogólnej emisji NO_x . Tworzenie się termicznych NO_x w tych systemach jest znacznie mniejsze niż w piecach, w których całe paliwo spalane jest w strefie spiekania.

Emisje NO_x zależą od stosowanego procesu wypalania. Oprócz temperatury i zawartości tlenu (współczynnik nadmiaru powietrza), na tworzenie się NO_x może mieć wpływ także kształt i temperatura płomienia, geometria komory spalania, reaktywność i zawartość azotu w paliwie, obecność wilgoci, dostępny czas reakcji oraz konstrukcja palnika.

Średnio rocznie, europejskie piece cementowe emitują około 785 mg NO_x/Nm^3 (wyrażone jako NO_2). Przy minimum 145 mg/ Nm^3 i maksimum 2040 mg/ Nm^3 . W 2004 roku, zostały zebrane dane dotyczące emisji NO_x z różnych zakładów zlokalizowanych w kilku krajach UE-27 i UE-23 + (patrz Glosariusz) oraz skategoryzowane według współczynnika ekwiwalentu cieplnego jak pokazano na Rysunku 1.25 i Rysunku 1.26. Ciągłe pomiary emisji odnotowano jako roczna średnia średnich 24 godzinnych. Zmierzone wartości odnoszą się do jednego m^3 suchego gazu w normalnych warunkach [94, Unia Europejska, 2004], [97, CEMBUREAU, 2007].



Rysunek 1.25: Emisje NO_x (wyrażone jako NO₂) z pieców cementowych w krajach EU-27 oraz EU-23+ w 2004 r. skategoryzowane według stopy ekwiwalentu [97, CEMBUREAU, 2007]



Rysunek 1.26: Rozkład pomiarów skategoryzowany według stopy ekwiwalentu cieplnego poziomów NO_x [97, CEMBUREAU, 2007]

W Austrii, średnia roczna emisji NO_x w 2004 r. wyniosła 645 mg/Nm³ (roczna średnia, na podstawie ciągłych pomiarów, warunki standardowe) wartości te wahały się od 313 - 795 mg NO_x/Nm³, mierzone jako roczne średnie wartości. Najwyższe i najniższe zakresy zarejestrowano w różnych zakładach. Wszystkie austriackie piece stosują podstawowe środki/techniki, trzy stosują chłodzenia płomienia, dwa piece stosują spalanie etapowe, a pięć pieców jest wyposażonych w technikę SNCR, z których dwa znajdują się w fazie pilotażowej. W roku 2007 wszystkie austriackie piece cementowe były wyposażone w SNCR [92, Austria, 2006].

W Niemczech w 2006 roku, osiem pieców operowało przy użyciu techniki spalania etapowego podczas gdy 34 piece używało techniki SNCR dla redukcji NO_x. Zakresy stężeń NO_x emisji rzędu 200 - 800 mg / Nm³ jako roczne średnie wartości były mierzone w czystym gazie z 43 pieców obrotowych. Od 2007 roku ze względu na ustawodawstwo krajowe, niemieckie cementownie muszą zachować NO_x limit emisji przynajmniej 500 mg/Nm. Większość instalacji SNCR działających w Niemczech jest zaprojektowana i/lub eksploatowana dla poziomu redukcji NO_x rzędu 10 - 50 % oraz poziomów NO_x poniżej 500 mg/Nm³. W połączeniu ze środkami/technikami, wartościami emisji związanymi z procesem między 200 - 500 mg/Nm³ jako średnią wartością dzienną uzyskuje się w zależności od indywidualnych dopuszczalnych wartości emisji określonych w zezwoleniu [76, Niemcy, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [173, Niemcy, 2007].

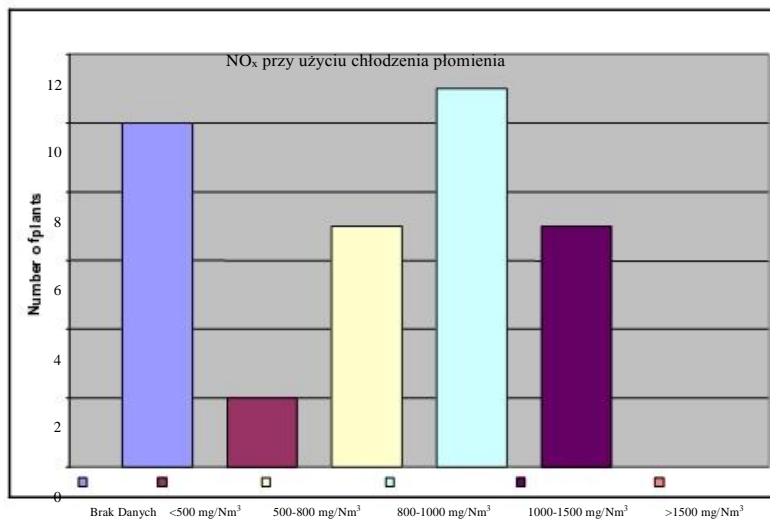
W Szwecji, wysokoefektywne techniki SNCR działają od 1997 roku w trzech piecach cementowych. Od tego czasu, długoterminowe emisje NO_x utrzymują się na poziomie około 200 mg/Nm³. Średnią roczną wartością w 2004 r. było 221 mg/Nm³, podczas gdy średni miesięczny zakres wartości wynosił od 154 do 226 mg/Nm³. Roczne obciążenie NO_x wynosi od 130 do 915 t /rok [114, Szwecja, 2006].

Emisje NO_x w fińskich zakładach cementowych wynosiły pomiędzy 500 i 1200 mg/Nm³ mierzone jako roczne wartości średnie [63, Finlandia, 2006]. W Czechach odnotowano emisje NO_x mieszczące się w zakresie 400 do 800 mg/Nm³ [112, Czechy, 2006]. We Francji w 2001 roku, średni wynik NO_x emisji z 33 cementowni wynosił 666 mg/Nm³ [116, Francja, 2002]. W długim piecu cementowym metody mokrej w Danii, gdzie zastosowano SNCR zarejestrowano wydajność redukcji rzędu 40 - 50 % i poziom emisji NO_x <800 mg/Nm³ [182, TWG CLM, 2008].

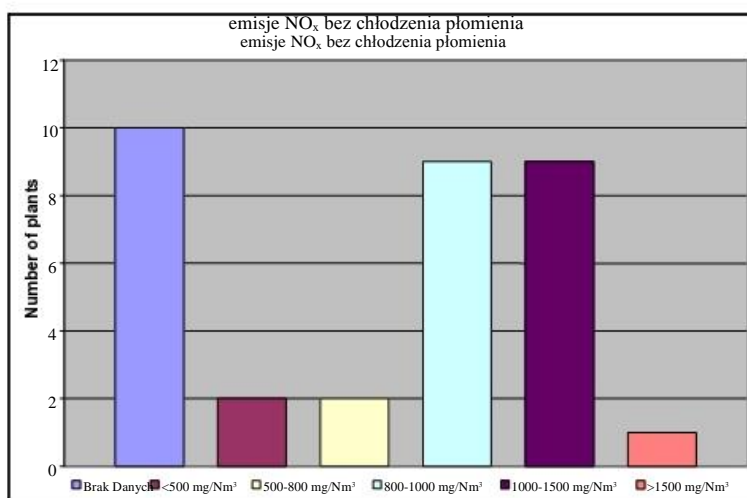
W produkcji białego cementu, niektóre surowce mają trudności w przekształcaniu się w klinkier podczas procesu wypalania i potrzebują wyższych temperatur płomienia, w zależności od ich krystalografii lub mineralogii. Szczególnym przypadkiem jest biały klinkier, gdzie brak metali utrwalających prowadzi do temperatur klinkieru około 150°C wyższych niż klinkieru szarego. Wyższa temperatura płomienia prowadzi również do wyższej NO_x formacji termicznej [120, Hiszpania, 2007].

Techniki redukcji NO_x w przemyśle cementowym są opisane w rozdziale 1.4.5.1. Ponadto, w 2008 znane ilości pełnowymiarowych instalacji wykorzystującymi techniki redukcji NO_x w krajach EU-27 i EU-23+ są przedstawione w Tabeli 1.33 w rozdziale 1.4.5.1.

Chłodzenie płomienia jest wykorzystywane do redukowania NO_x. Odnotowano wskaźnik redukcji/wydajności od 10 - 35% . Zarejestrowane zakresy emisji, które zostały osiągnięte przy zastosowaniu chłodzenia płomienia są pokazane na rysunku 1.27. Poziom 500 mg/Nm³ został osiągnięty przez 2 zakłady, zakres emisji rzędu 500 - 800 mg/Nm³ został osiągnięty przez 7 zakładów, a zakres 800 - 1000 mg/Nm³ przez 11 zakładów (średnie wartości roczne). W porównaniu z tymi zakresami emisji osiągniętymi przez kilka zakładów, Rysunek 1.28 przedstawia zakres emisji NO_x, osiągnięty przez kilka cementowni bez stosowania chłodzenia płomienia. Jedynie niewielka ilość cementowni osiągnęła niższy zakres NO_x emisji.

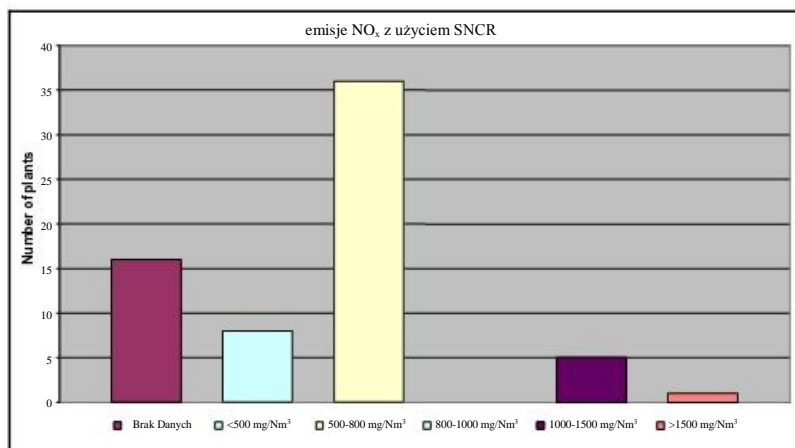


Rysunek 1.27: Osiągnięte poziomy emisji NO_x przy użyciu chłodzenia płomienia w kilku cementowniach w krajach EU-23+ [85, CEMBUREAU, 2006]

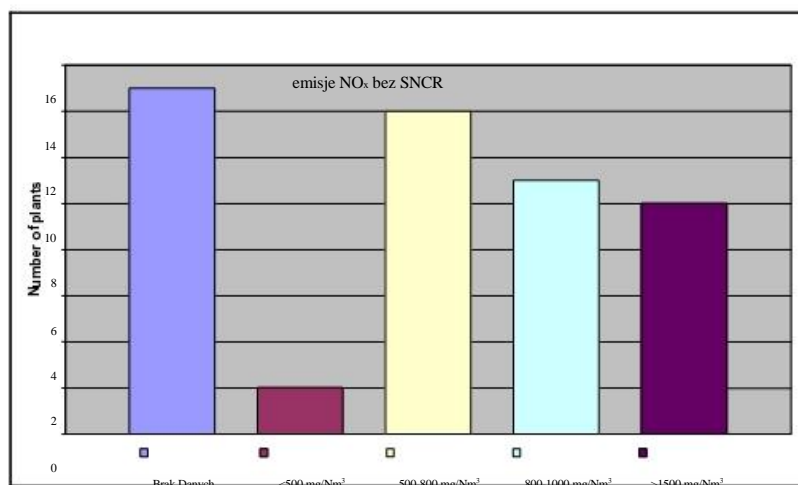


Rysunek 1.28: Osiągnięte zakresy emisji NO_x z kilku cementowni w UE-23 + niestosujących chłodzenia płomienia [85, CEMBUREAU, 2006]

Jak pokazano na rys. 1.29 i rys. 1.30, korzystanie z SNCR w celu redukcji NO_x w cementowniach redukuje osiągnięty zakres emisji NO_x w porównaniu do cementowni niestosujących techniki SNCR (średnie wartości roczne).



Rysunek 1.29: Emisje NO_x osiągnięte przez kilka cementowni przy zastosowaniu SNCR w celu redukcji NO_x [85, CEMBUREAU, 2006]



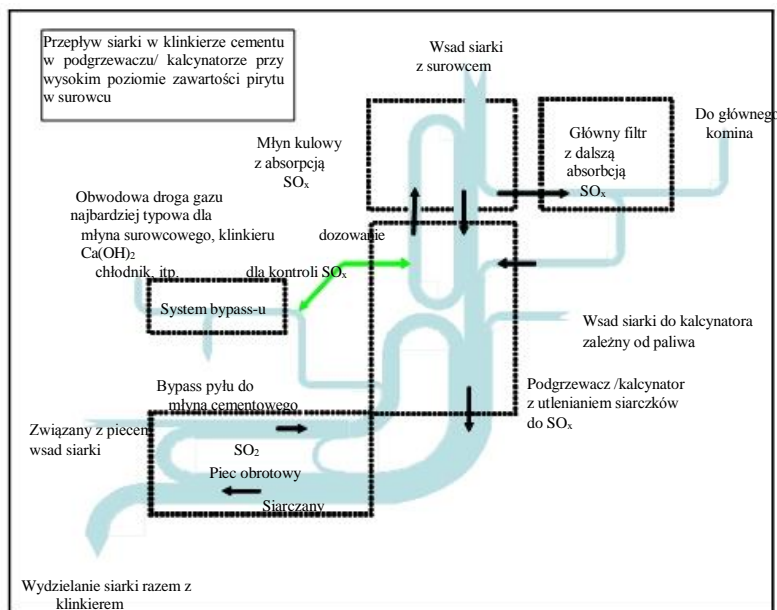
Rysunek 1.30: Zakresy emisji NO_x osiągnięte przez kilka cementowni bez użycia SNCR [85, CEMBUREAU, 2006]

1.3.4.3 Dwutlenek siarki

Emisje SO₂ z zakładów cementowych zależą od ogólnego wkładu związków siarki i typu zastosowanego procesu i zależą, przede wszystkim od ilości lotnej siarki w surowcach i ewentualnie w paliwach. Produkcja i potencjalne emisje SO_x zależą również od obiegu siarki występującego w systemie pieca. Siarka jest emitowana z różnych wyjść systemu pieca, takich jak SO₂ w spalinach, CaSO₄ i inne związki złożone w klinkierze i pyłe. Jednak większa część siarki jest zawarta w klinkierze lub usunięta z systemu przez proces.

W zależności od złóż, surowce mogą zawierać siarkę związaną jako siarczan lub siarczek. Siarczany są stabilnymi związkami, które są tylko częściowo termicznie rozkładane w wysokich temperaturach panujących w strefie spiekania systemów pieca obrotowego, co może zostać zwiększone przez lokalne warunki redukujące, oraz spalanie paliw i odpadów. W związku z tym, siarka obecna w formie siarczanów jest mniej lub bardziej całkowicie rozkładana w systemie pieca z klinkierem, gdzie wymagana jest jakość klinkieru. Siarczki, natomiast, są utlenione w podgrzewaczu i częściowo emitowane w formie dwutlenku siarki.

Siarka wprowadzana do systemu pieca z paliw jest utleniana do SO_2 i nie prowadzi do znaczących emisji SO_2 , ze względu na silnie alkaliczny charakter w strefie spiekania, kalcynacji oraz tych stopniach podgrzewacza. To siarka wchodzi do strefy kalcynacji pieca wraz z niewielkim stężeniem SO_2 wynikającym z częściowego rozkładu siarczanów w strefie spiekania. W strefie kalcynacji, SO_2 reaguje między innymi z zasadowymi siarczanami pochodzącymi z surowców. W kontakcie z częściowo odwęgloną mąką surowcową, nadmiar SO_2 najpierw reaguje do CaSO_3 a następnie do CaSO_4 . Te siarczany ponownie wchodzi do pieca obrotowego. W ten sposób tworzone są cykle siarki, które są w równowadze z siarką odprowadzaną z klinkierem (rys. 1.31).



Rysunek 1.31: Schemat cyklu siarki w podgrzewaczu/prekalcynatorze cementowym pieca [97, CEMBUREAU, 2007]

Obszar kalcynacji pieca obrotowego oferuje idealne warunki dla SO_2 wychwytywania gazów ze spalin pieca emisje SO_2 mogą jednak wystąpić, gdy warunki pracy systemu pieca, np. stężenie tlenu w piecu obrotowym, nie zostały zoptymalizowane do przechwytywania SO_2 . Ponadto, różne czynniki mogą mieć wpływ na wydajność reakcji, takie jak temperatura, wilgotność, czas retencji gazu, stężenie tlenków w fazie gazowej, dostępność stałych powierzchni, itp. [60, VDI 2094 Niemcy, 2003], [76, Niemcy, 2006] [86, EURITS, 2006], [97, CEMBUREAU, 2007].

Podwyższone emisje SO₂ są spodziewane, gdy surowce zawierają organiczną siarkę, a w szczególności, gdy surowiec zawierający siarkę jest obecny w łatwo utleniającej się formie, np. pirycie lub markasyście. W przeciwieństwie do siarkowych składników surowców, te łatwo utleniające się związki mogą być konwertowane do SO₂ już w górnych etapach cyklonu. W tych warunkach, związane z surowcami SO₂ stężenia emisji mogą sięgać 1,2 g/Nm³, a w pojedynczych przypadkach, nawet wyższy, gdy nie stosuje się żadnych środków/technik.

Jednak piece używające surowców o niewielkiej lub zerowej zawartości siarki lotnej mają problemy z emisjami SO₂, a koncentracje stężeń emisji gazów spalinowych są poniżej 10 mg/Nm³ bez redukcji emisji w niektórych piecach, stężenie emisji SO₂ wzrasta wraz ze wzrostem poziomu lotnej siarki w stosowanych surowców.

Za pomocą wtórnych środków/technik kontroli, np. wykorzystania hydratu wapna, emisje SO₂ można znacznie ograniczyć. Rysunek 1.32 przedstawia wartości pomiarów SO₂ w czystym gazie z zakładów cementowych w krajach UE-25 [97, CEMBUREAU, 2007].

SO₂ jest głównym (99%) emitowanym związkiem siarki, choć niewielkie ilości SO₃ także są wytwarzane, a w warunkach redukujących, H₂S mógłby powstawać. Siarka w surowcu występująca jako siarczki i organicznie związana siarka wyparuje, a 30% lub więcej może być emitowane z pierwszego etapu podgrzewacza.

W przeciwieństwie do powierzchni kalcynacji, od 40 do 85% powstającego SO₂ jest przechwytywane ponownie w podgrzewaczu. Oprócz zawartości pary wodnej w paliwach, kluczowymi parametrami wpływającymi na przechwytywanie SO₂ przez CaCO₃ w podgrzewaczu cyklonowym są surowe zawartości pyłu i gazu, w szczególności zawartość tlenu w gazie czystym z najwyższego etapu cyklonu. Nadmiar tlenu (1 do 3 % O₂ utrzymywany w piecu) zwykle natychmiast utlenia wszelkie wyemitowane związki siarki do SO₂. W długich piecach kontakt SO₂ z zasadowymi materiałami nie jest tak dobry, i siarka w paliwach, takich jak paliwa odpadowe, może prowadzić do znacznych emisji SO₂.

Przy około 10%, przechwytywanie SO₂ w wieży przygotowania gazu/chłodnicy wyparnej jest stosunkowo niskie. Natomiast w urządzeniu do mielenia i suszenia, materiał rozdrabniany ciągle udostępnia nowe, wysoce aktywne powierzchnie cząsteczkowe, które są dostępne do przechwytywania SO₂. Proces suszenia sprawia, że atmosfera gazowa jest zawsze wzbogacona parą wodną polepszającą absorpcję. Doświadczenia pochodzące z instalacji działających w trybie złożonym wykazały, że między 20 i 70% SO₂ może być przechwycone w młynie surowca. Czynniki wpływające na przechwytywanie SO₂ to wilgotność surowca, temperatura młyna, czas retencji w młynie, jak również stopień rozdrobnienia materiału podłoża. Dlatego ważne jest, by przemiał surowca był zoptymalizowany tak, aby młyn surowcowy mógł służyć jako reduktor SO₂ emisji pieca [60, VDI 2094 Niemcy, 2003], [76, Niemcy, 2006], [86, EURITS, 2006], [97, CEMBUREAU, 2007].

Pomimo faktu, że większość siarki pozostaje w klinkierze jako siarczan, emisje SO₂ mogą być znaczne z surowców o wysokiej zawartości lotnej siarki i mogą być uznane za główne źródło zanieczyszczeń.

Odchylenie od normalnych warunków pracy

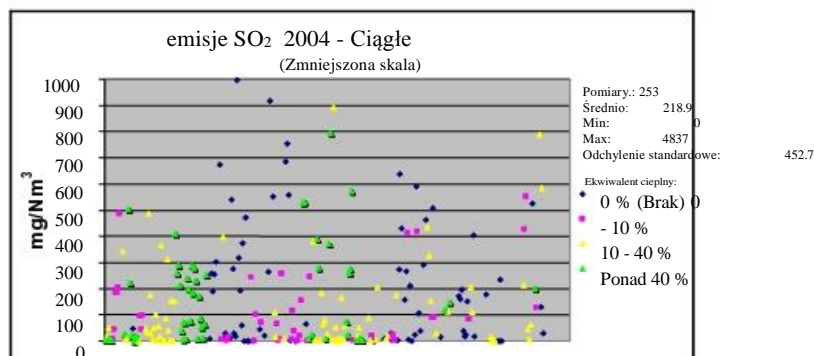
Wydarzenia odbiegające od warunków pracy prowadzą do wzrostu emisji SO₂, takie jak spalanie prowadzone w warunkach redukujących, ograniczające wydajność pochłaniania siarki:

- niecałkowite spalanie w prekalcynatorze lub szorstkie paliwa wtórne nie są właściwie spalane w tylnej części pieca
- zbyt gorące strefy spalania, które mogą wystąpić w piecach spalania paliw, które są bardzo trudno palne

- nadmiar siarki przy udziale zasad we wsadzie pieca
- ekstremalne poziomy recykulacji siarki między piecem i stopniami podgrzewacza.

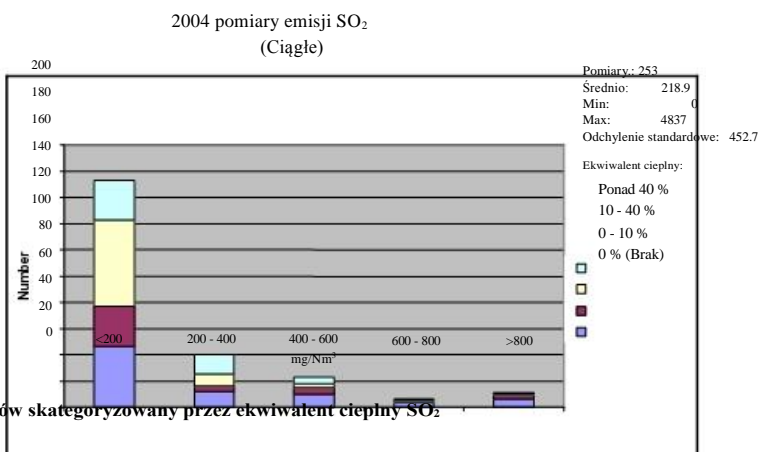
W 2004 r. przykładowe dane dotyczące emisji SO_2 zostały zebrane z różnych zakładów zlokalizowanych w kilku krajach UE-27 i UE-23 (patrz Glosariusz). Ciągłe pomiary emisji zostały zgłoszone jako roczna średnia średnich 24 godzinnych. Mierzone wartości odnoszą się do 1 m^3 suchego gazu w standardowych warunkach. Wartości pomiarów SO_2 w gazie zostały zebrane w 253 piecach obrotowych. Zarejestrowano 11 pomiarów powyżej skali. Z tych, siedem charakteryzował zerowy ekwiwalent cieplny, trzy od 0 do 10 i jeden z nich wyniósł powyżej 40, jak pokazano na rysunku 1.32 [97, CEMBUREAU, 2007]. Jednakże wartości stężenia surowego gazu w zakresie $1400 - 1700 \text{ mg/Nm}^3$ ze szczytami do 3000 mg/Nm^3 zostały zarejestrowane w szwajcarskiej cementowni [86, EURITS, 2006].

Duża część SO_2 jest wchłaniana i uwięziona w klinkierze cementowym i pyle pieca cementowego (CUD), co również pokazano na rysunku 1.32. Zastosowanie paliw wtórnych nie ma wpływu na całkowitą emisję SO_2 . W długich piecach obrotowych, kontakt pomiędzy SO_x i zasadowymi materiałami jest mniej wydajny i siarka w paliwach może prowadzić do emisji SO_x .



Rysunek 1.32: Wartości pomiarów SO_2 w czystym gazie z zakładów cementowych w krajach UE-27 i EU-23+ [97, CEMBUREAU, 2007]

Kategoryzacja i dystrybucja emisji SO_2 ukazana jest na rysunku 1.33 [97, CEMBUREAU, 2007].



Rysunek 1.33: Rozkład pomiarów skategoryzowany przez ekwiwalent cieplny SO_2 [97, CEMBUREAU, 2007]

W przypadku produkcji białego cementu, różne warunki i ich połączenie może prowadzić, w szczególnych przypadkach, do znacznego zmniejszenia zdolności zatrzymywania siarki z paliwa w klinkierze, a tym samym wyższych emisji SO₂. Warunki te są następujące:

- trudne spalanie mączki surowcowej
- niska zawartość alkaliów w nadawie pieca ze względu na wysoki stopień czystości surowców
- warunki pieca, takie jak ogólna atmosfera redukująca
- konfiguracja pieca: Piece Lepola są popularne, a w nowoczesnych piecach z podgrzewaczem, liczba cyklonów może być ograniczona przez skład chemiczny surowca (równowaga alkaliów i siarki [120, Hiszpania, 2007]).

1.3.4.4 Tlenki węgla (CO₂, CO)

1.3.4.4.1 Dwutlenek węgla (CO₂)

Emisja CO₂ szacowana jest na 900-1000 kg/tonę klinkieru, przy zapotrzebowaniu rządu 3500 do 5000 MJ/tonę klinkieru, ale jest także zależna od rodzaju paliwa. Dzięki przemiałowi klinkieru z dodatkami mineralnymi obniża się emisja CO₂ na tonę cementu (porównaj z Rysunkiem 1.19). Około 62% pochodzi z procesu kalcynacji, a pozostałe 38% jest związane ze spalaniem paliwa. Emisje CO₂ będące wynikiem spalania węgla zawartego w paliwie są wprost proporcjonalne do zapotrzebowania ciepła oraz stosunku zawartości węgla do wartości opałowej paliwa. Emisje CO₂ ze spalania ulegają stopniowemu zmniejszeniu, o 30% w ciągu ostatnich 25 dzięki przyjęciu bardziej wydajnych paliwowo procesów pieca.

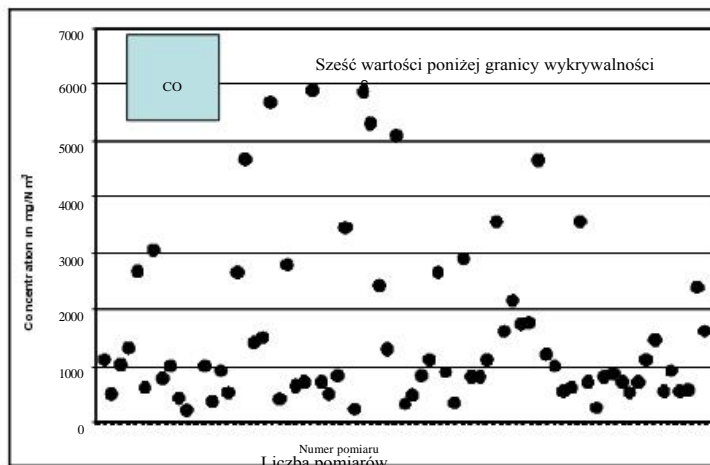
Informacje dotyczące emisji CO₂ i schematu handlu emisjami, można znaleźć w Dyrektywie 2003/87/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 13 października 2003 ustanawiającej system handlu przydziałami emisji gazów wewnątrz Wspólnoty oraz zmieniającej dyrektywę Rady 2008/01/EC, a także decyzję Komisji Europejskiej z dnia 29 stycznia 2004 r. (2004/156/WE), ustanawiającej wytyczne dotyczące monitorowania i raportowania emisji gazów cieplarnianych zgodnie z dyrektywą 2003/87/WE Parlamentu Europejskiego i Rady [99, Unia Europejska, 2003]. Ponadto, informacje dotyczące monitorowania i raportowania emisji gazów cieplarnianych w ramach Dyrektywy dotyczącej systemu handlu emisjami można znaleźć w Decyzji Komisji Europejskiej z dnia 29 stycznia 2004 r. (2004/156/WE) [122, Komisja Europejska, 2004].

1.3.4.4.2 Tlenek węgla (CO)

Emisje CO i węgla organicznie związanego podczas procesu wypalania klinkieru są zwykle powodowane przez niewielkie ilości organicznych składników wprowadzanych przez naturalne surowce (pozostałości organizmów i roślin uwięzionych w skale w trakcie historii geologicznej). Są one konwertowane podczas podgrzewania nadawy pieca i utleniają się do postaci CO i CO₂. W procesie tym powstają również małe porcje organicznych gazów śladowych, takich jak węgiel organiczny. W przypadku procesu spiekania klinkieru, zawartość CO i organicznych gazów śladowych w gazie czystym nie pozwalają zatem na jakiegokolwiek wnioski na temat warunków spalania.

Jednak dodatkowe emisje CO mogą również wynikać z niskiej jakości spalania i niewłaściwych warunków wtórnego spalania. Z drugiej strony, należy zauważyć, że takie stopy wzrostu emisji CO pokrywają się ze spadkiem emisji NO_x. Niemniej jednak, w warunkach redukujących mogą mieć pozytywny wpływ na emisje SO_x.

W zakładach przetwarzania energii, takich jak elektrownie, stężenia CO i organicznie związanego węgla w gazach odlotowych są wyznacznikiem szybkości wypalenia paliw. Z drugiej strony, proces wypalania klinkieru jest procesem konwersji materiału, który musi zawsze działać z nadmiarem powietrza ze względu na jakość klinkieru. Wraz z długim czasem przebywania w wysokim zakresie temperatur, prowadzi do całkowitego wypalenia paliwa [76, Niemcy, 2006]. W zależności od depozytu surowca, pomiędzy 1,5 i 6 g węgla organicznego na kg klinkieru jest wprowadzane do procesu z naturalnym surowcem. Badania przy użyciu mąk surowcowych różnego pochodzenia wykazały, że pomiędzy 85 - 95% związków organicznych w surowcach jest konwertowanych na CO₂ w obecności 3% tlenu, ale jednocześnie 5 - 15% jest konwertowane na CO. Część emitowana jako lotne związki organiczne węgla (VOC) w tych warunkach jest znacznie poniżej 1%. Stężenie CO może osiągnąć nawet 1000 mg/Nm³, powyżej 2000 mg/Nm³ lub może być nawet większe niż 5000 mg/Nm³ w niektórych przypadkach, jak pokazano na rysunku 1.34. Jednakże, większość przykładów tych wartości stężeń emisji CO stale mierzona w 29 niemieckich piecach obrotowych w zakresie od 200 do 2200 mg/Nm³ jako wartość średnioroczna (granica wykrywalności CO 1,8 - 2,5 mg/Nm³) [9, CEMBUREAU, listopad 1997], [76, Niemcy, 2006] [168, TWG CLM, 2007]. Dobra budowa zbiornika, przenośnika transportującego i podajnika jest niezbędna do zapewnienia stabilnego tempa podawania nadawy paliw stałych z minimalnymi szczytami. W przeciwnym razie może wystąpić spalanie podstechiometryczne, co może prowadzić do krótkoterminowych szczytów powyżej 0,5 % CO. Te powodują dodatkowy problem, że wszystkie elektrofiltry będą musiały być automatycznie wyłączone, aby uniknąć wybuchu.

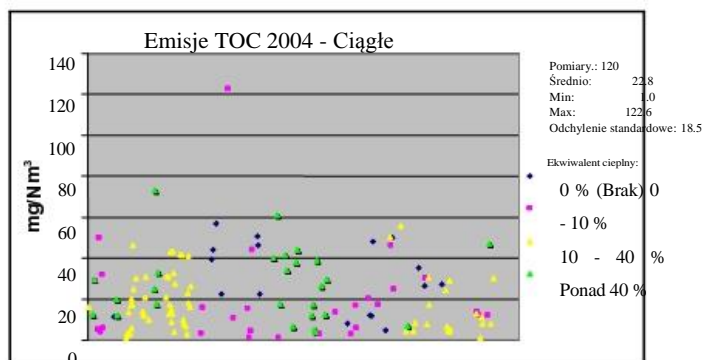


Rysunek 1.34: Wartości stężenia emisji CO mierzone w czystym gazie w 29 niemieckich piecach obrotowych w 2004 r. [76, Niemcy, 2006]

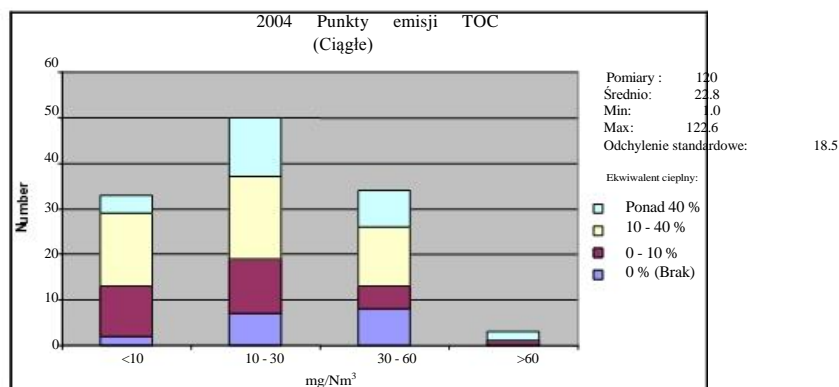
1.3.4.5 Całkowita ilość związków organicznych (TOC)

Ogólnie w procesach cieplnych (spalania) występowanie lotnych związków organicznych (i tlenku węgla) jest często związane z niepełnym spalaniem. W piecach cementowych, emisje będą niskie w normalnych warunkach stanu stacjonarnego, ze względu na stosowany rodzaj pieca, duży czas przebywania gazów w piecu, wysoką temperaturę, rodzaj płomienia (2000 °C), i nadmiar warunków tlenowych. Są to warunki procesu, w których organiczne związki są rozkładane i niszczone z wysokim wskaźnikiem efektywności (>99,9999%) [86, EURITS, 2006], [97, CEMBUREAU, 2007]. Stężenia mogą zwiększać się podczas uruchamiania lub w warunkach nieprawidłowego (rozstrojonego) działania. Te zdarzenia mogą wystąpić z różną częstotliwością, na przykład od 1-2 razy w tygodniu do jednego przypadku na dwa lub trzy miesiące.

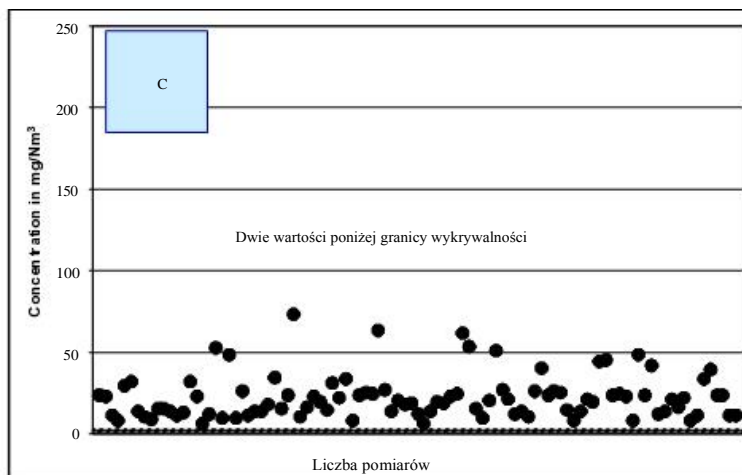
Emisje lotnych związków organicznych (VOC) mogą zaistnieć w podstawowych etapach procesu (podgrzewacz, prekalcyntor), kiedy materia organiczna, która jest obecna w mączce surowcowej ulatnia się podczas podgrzewania nadawy. Materia organiczna jest uwalniana w temperaturze od 400 do 600° C. Zawartość VOC w gazach spalinowych z pieców cementowych typowo zawiera się pomiędzy 1 a 80 mg/Nm³, mierzona jako TOC, jak pokazano na rysunku 1.35. Jednakże, w rzadkich przypadkach emisja może osiągnąć 120 mg/Nm³ ze względu na właściwości surowców. W 2004, przykładowe dane emisji TOC zostały zebrane z różnych zakładów zlokalizowanych w kilku krajach UE-27 i UE-23+ (patrz Glosariusz). Wartości z ciągłych pomiarów TOC w gazie czystym zostały zebrane ze 120 pieców obrotowych, a dystrybucja tych pomiarów została również skategoryzowana według poziomów ekwiwalentu cieplnego jako poziomy TOC, jak pokazano na Rysunku 1.35 i Rysunku 1.36. Ciągłe pomiary emisji zostały odnotowane jako średnia roczna średnich 24 godzinnych. Zmierzone wartości odnoszą się do 1 Nm³ suchego gazu w warunkach standardowych [9, CEMBUREAU, listopad 1997] [97, CEMBUREAU, 2007]. Ciągłe pomiary z 27 niemieckich pieców obrotowych pokazują przykłady wartości stężenia emisji dwutlenku węgla do 75 mg/Nm³ (Średnia roczna wartość), jak pokazano na rysunku 1.37. Większość pomiarów zaklesie poniżej 30 mg/Nm³ (Średnia roczna wartość) (granica wykrywalności 1,5 - 2,1 mg/Nm³) [76, Niemcy, 2006].



Rysunek 1.35: Wartości emisji TOC z ciągłych pomiarów w czystym gazie z pieców cementowych w krajach UE-27 i UE-23+ [97, CEMBUREAU, 2007]



Rysunek 1.36: Dystrybucja pomiarów ciągłych skategoryzowana przez stopę ekwiwalentu cieplnego poziomów TOC. [97, CEMBUREAU, 2007]



Rysunek 1.37: Całkowite wartości stężenia emisji węgla organicznego mierzone w czystym gazie z 27 niemieckich pieców obrotowych w 2004 r. [76, Niemcy, 2006]

1.3.4.6 Polichlorowane dibenzodioksyny (PCDD) i dibenzofurany (PCDF)

PCDD/F mogą wynikać z połączenia mechanizmów tworzenia, w zależności od konstrukcji pieca i procesu, warunków spalania, właściwości nadawy oraz rodzaju i eksploatacji urządzeń kontroli emisji. Ponadto, każda obecność chloru w obecności materiałów organicznych może potencjalnie powodować tworzenie się PCDD/F w procesach cieplnych (spalania). PCDD/F mogą się formować w/po podgrzewaczu, oraz w urządzeniu kontroli zanieczyszczenia powietrza, jeśli prekursorzy węglowodorowe i chlorowe z surowców są dostępne w wystarczającej ilości (patrz również rozdział 1.2.4). Jednak tworzenie PCDD/F i ich późniejsze emisje wymagają jednoczesnej obecności pięciu czynników:

- węglowodorów
- chlorków
- katalizatora:
 - niektóre raporty sugerują, że Cu^{2+} (oraz Fe^{2+}) działają jak katalizator
- odpowiedni zakres temperatur:
 - od 200 do 450 °C z maksimum w zakresie 300 - 325 °C
- długi czas retencji w wyznaczonym zakresie temperatur.

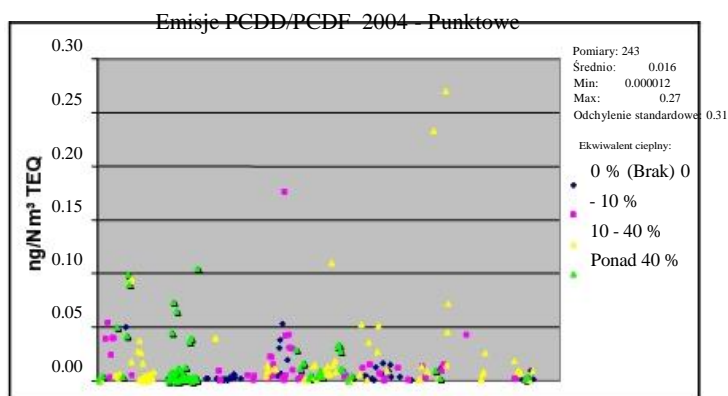
Ponadto tlen cząsteczkowy musi być obecny w strumieniu gazu. Tempo formowania się zwiększa się ze stężeniem tlenu o współczynnik reakcji 0,5.

Jak wspomniano powyżej, przekształcenie PCDD/F występuje przez syntezę de novo w zakresie temperatur chłodzenia od 450 do 200 °C. Dlatego ważne jest, by gazy opuszczając układ pieca, były szybko schładzane w ramach tego zakresu. W praktyce właśnie to się dzieje w systemach z podgrzewaczem, gdy podawane surowce są podgrzewane przez gazy piecowe. Zwiększone stężenia PCDD/F w podgrzewaczu nie są przewidywane ze względu na zwiększoną temperaturę, w której PCDD/F są niszczone. W temperaturze około 925 °C PCDD/F ulegają nagłemu rozkładowi. Ponadto, rozkład jest wspierany przez dynamiczny proces transportu do gorętszych stref podczas, gdy gaz jest transportowany do chłodniejszych stref. PCDD i PCDF zaadsorbowane w nadawie pieca są transportowane do strefy o wyższej temperaturze (400 - 600 °C), gdzie są

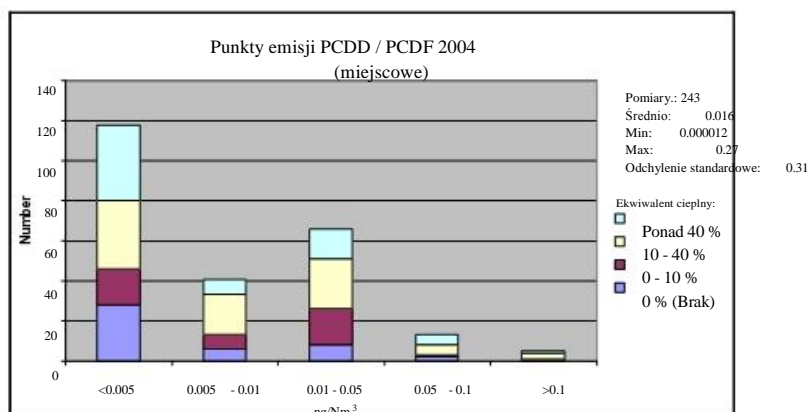
termicznie rozkładane lub degradowane do lżejszych homologów. Uwalniane są do fazy gazowej i w chłodniejszych strefach (200 - 300 °C), resublimują do nadawy pieca. Ponadto, ze względu na długi czas przebywania w piecu i wysokie temperatury, emisje PCDD/F są zazwyczaj niskie w stabilnych warunkach pieca. Szczegółowe badania i pomiary wykazały, że emisje PCDD/F z przemysłu cementowego mogą być obecnie zakwalifikowane jako niskie, nawet gdy odpady oraz odpady niebezpieczne są wykorzystywane jako paliwo. Zmierzone dane zostały zebrane zarówno z pieców metody mokrej i suchej, występujących w różnych warunkach pracy, oraz z użyciem szerokiej gamy odpadów i odpadów niebezpiecznych podawanych zarówno do głównego palnika i do wlotu pieca (podgrzewacz/prekalcynator). Badania te wykazały, że w Europie, produkcja cementu rzadko jest znaczącym źródłem emisji PCDD/F, ponieważ:

- większość pieców cementowych jest w stanie sprostać wymaganym poziomom emisji rzędu 0,1 ng I-TEQ/Nm³ jeśli podstawowe pomiary/techniki są stosowane (patrz rozdział 1.4.6)
- wykorzystanie odpadów jako paliwa, jak i surowców wprowadzanych do palnika głównego, wlotu pieca lub prekalcynatora wydają się nie mieć wpływu ani zmieniać emisji trwałych zanieczyszczeń organicznych [88, SINTEF, 2006].

W 2004 r., dane np. dotyczące emisji PCDD/F zostały zebrane z różnych zakładów zlokalizowanych w krajach UE-27 i UE-23 + (patrz Glosariusz). Wartości z pomiarów PCDD/F w gazie czystym które zostały uzyskane jako pomiary miejscowe, jak pokazano na rys. 1.38 i rys. 1.39. Zmierzone wartości odnoszą się do 1 m³ suchego gazu w warunkach standardowych [97, CEMBUREAU, 2007]. Jak pokazano na rysunku 1.38, zarejestrowane dane wskazują, że cementownie w Europie w większości są w stanie spełnić stężenie emisji rzędu 0,1 ng I-TEQ/Nm³, co jest wartością graniczną w europejskich przepisach dla spalarni odpadów niebezpiecznych (dyrektywa Rady 2000/76/WE). Niemieckie pomiary wartości stężenia PCDD/F mierzone w gazie czystym z 39 pieców obrotowych (Piece z podgrzewaczem w stanie zawieszenia i piece Lepola) wskazują, że stężenia emisji są na ogół sporo niższe niż 0,1 ng I-TEQ/Nm³ podczas gdy średnie stężenie wynosi mniej niż 0,02 ng I-TEQ/Nm³, jak pokazano na rysunku 1.40. W 26 przypadkach nie wykryto emisji PCDD / F. W Hiszpanii, pomiary PCDD / F zostały przeprowadzone w okresie od 2000 do 2003 r., włączając 89 pomiarów z 41 pieców, które stanowią 69,5% zasięgu. Badania te były przeprowadzone dla różnych paliw wykorzystywanych do procesu wypalania pieca. Dla tych pieców przy użyciu paliw wtórnych, np. odpadowego paliwa (RDF), emisji PCDD/F zakres czynników, mieści się między 0,83 - 133 ng I-TEQ /t klinkieru i jest porównywalny z wynikami uzyskanymi dla konwencjonalnych nadaw paliwa ze współczynnikiem emisji w zakresie od 0,67 - 246 ng I-TEQ /t klinkieru [60, VDI 2094 Niemcy, 2003], [76, Niemcy, 2006], [86, EURITS, 2006], [88, SINTEF, 2006], [91, CEMBUREAU, 2006], [150, Fabrellas/Larrazabal/ Martinez /Sanz/ Ruiz / Abad / Rivera, 2004].

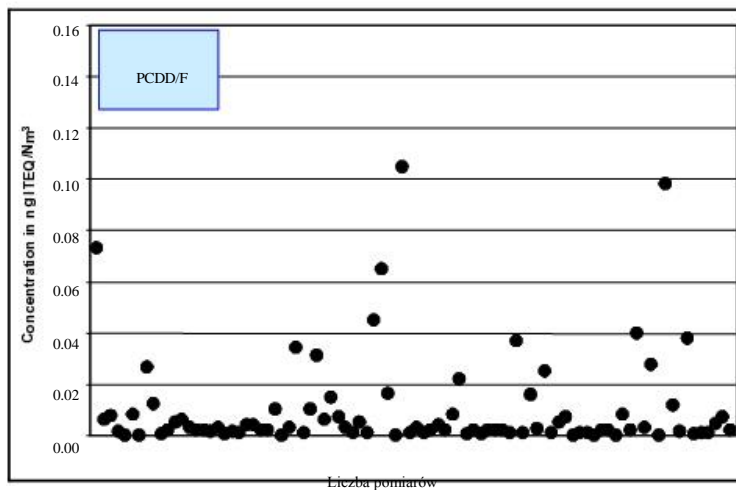


Rysunek 1.38: Emisje PCDD / F w krajach UE-27 i UE-23 + w 2004 roku skategoryzowane przez stopę ekwiwalentu cieplnego [97, CEMBUREAU, 2007]



Rysunek 1.39: Rozkład pomiarów punktowych skategoryzowana przez stopę ekwiwalentu cieplnego poziomów PCDD/F z pieców cementowych w krajach UE-27 i UE-23 + [97, CEMBUREAU, 2007]

Przykłady emisji PCDD/F mierzone w 39 niemieckich piecach obrotowych są pokazane na Rysunku 1.40. Informacje te wynikają z poszczególnych pomiarów przeprowadzanych trzy razy w ciągu roku w określony dzień. W 26 przypadkach nie wykryto emisji PCDD/F. Należy zauważyć, że żaden próg wykrywalności nie był odliczany/odejmowany od normy. Dla tych pomiarów PCDD/F, granica wykrywalności wyniosła 0,0051 ng I-TEQ/Nm³. Aby ocenić wyniki pomiarów, laboratoryjna odmiana metody (porównanie różnych laboratoriów) powinna być rozważona [184, norma CEN EN-1948, 2007]. I-TEQ jest skrótem międzynarodowego odpowiednika toksyczności [76, Niemcy, 2006].



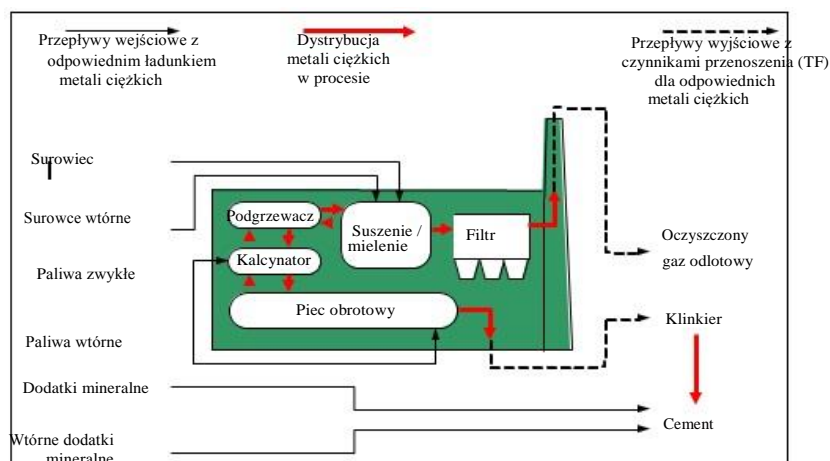
Rysunek 1.40: Emisje PCDD / F mierzone w czystym gazie z 39 niemieckich pieców obrotowych w 2004 r. [76, Niemcy, 2006]

1.3.4.7 Metale i ich związki

Surowce oraz paliwa zawsze zawierają metale. Ich koncentracja waha się znacznie w zależności od miejsca, a na potencjał emisji do atmosfery wpływają bardzo złożone mechanizmy. Ponadto, stężenie metali z odpadów wykorzystywanych jako paliwo zmienia się w zależności od pochodzenia odpadów. Związki metali można podzielić na cztery klasy, na podstawie zmienności metali i ich soli:

1. Metale i ich związki ogniotrwałe lub nielotne: Ba, Be, Cr, As, Ni, V, Al, Ti, Ca, Fe, Mn, Cu oraz Ag:
te metale są całkowicie pochłaniane przez klinkier i odprowadzane z nim, i dlatego też nie cyrkulują w układzie pieca. W spalinach, jedyne emisje występują z pyłem, zależą one tylko od ilości pyłu na wejściu i efektywności segregacji pyłu. W związku z tym emisje są ogólnie bardzo niskie.
2. Metale i ich związki o ograniczonej lotności: Sb, Cd, Pb, Se, Zn, K and Na:
te metale kondensują się jako siarczany lub chlorki w temperaturze pomiędzy 700 i 900 °C; i dochodzą do wewnętrznego obiegu. W ten sposób półlotne elementy, które gromadzone są w rozgrzanym systemie pieca wytrącają się ponownie w cyklonowym podgrzewaczu pozostającym w znacznym stopniu, lub prawie całkowicie w klinkierze.
3. Tal: metal, który jest lotny lub tworzy związek, który jest lotny:
związki talu (np. $TiCl$) skraplają się między 450 a 550 °C, w przypadku pieców z wymiennikiem ciepła, w górnej części podgrzewacza, gdzie mogą się gromadzić (wewnętrzny obieg).
4. Rtęć: metal, który jest lub tworzy związek, który jest lotny (patrz punkt 1.3.4.7.1):
rtęć i związki rtęci przechodzą w większości przez piec i podgrzewacz, są tylko częściowo adsorbowane przez surowy pył gazu, w zależności od temperatury spalin [12, Holandia, 1997], [76, Niemcy, 2006], [91, CEMBUREAU, 2006], [92, Austria, 2006].

Droga metali w piecach cementowych z podgrzewaczem w procesie suchym pokazana jest na rysunku 1.41.



Rysunek 1.41: Ścieżka metali w piecach cementowych z podgrzewaczem w procesie suchym [89, ERFO, 2005]

Zachowanie i poziom emisji poszczególnych metali w procesie wypalania klinkieru są zależne od lotności, scenariusza wejścia do pieca, stężenia metali elementów surowców i paliw, zwłaszcza gdy stosowane są odpady lub odpady niebezpieczne, od rodzaju procesu i, co najważniejsze, skuteczności systemów odpylania na głównym stosie.

Metale wprowadzane do procesu spalania poprzez surowce i paliwa mogą odparować całkowicie lub częściowo w gorących strefach podgrzewacza i/lub pieca obrotowego w zależności od ich lotności, reagują ze składnikami nadawy pieca, obecnych w fazie gazowej, i kondensacyjnej w chłodnicy części układu pieca. Metale z paliw początkowo przedostają się do gazów spalania, ale są emitowane w stopniu bardzo niewielkim ze względu na zdolność retencyjną pieca i podgrzewacza. Jako, że stosunek masy surowca do paliwa w produkcji klinkieru wynosi około 10:1, czynniki związane z surowcem są decydujące dla emisji [76, Niemcy, 2006], [86, EURITS, 2006] [92, Austria, 2006].

Nielotne związki metali pozostają w procesie i opuszczają piec jako część składu klinkieru cementowego (>99,9 %). Pół-lotne związki metali częściowo przechodzą do fazy gazowej w temperaturach spiekania, skraplając się na surowcu w chłodniejszych częściach systemu pieca. Prowadzi to do cyklicznego efektu w układzie pieca (wewnętrzne cykle), który jest albo ograniczony do pieca i podgrzewacza lub zawiera się także w jednostce przemiału i suszenia. Jeśli metale są w dużej mierze skondensowane w strefie podgrzewacza, zostaną one odesłane do pieca. Powoduje to wewnętrzne cykle metalu (cykl pieca/podgrzewacza). Efekt cykliczny narasta do punktu, w którym równowaga jest osiągnięta i utrzymana przez klinkier cementowy [9, CEMBUREAU, listopad 1997], [60, VDI 2094 Niemcy, 2003], [76, Niemcy, 2006].

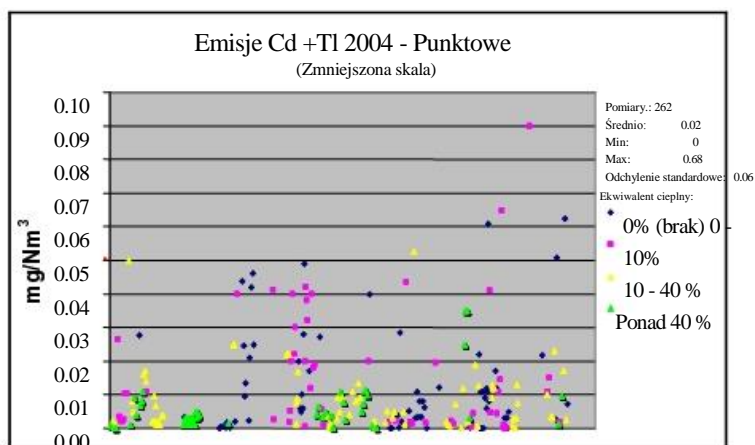
Lotne związki metali kondensują się na cząsteczkach surowca materiału w niższych temperaturach i potencjalnie formują wewnętrzne lub zewnętrzne cykle, jeżeli nie są limitowane z gazami spalinowymi z pieca. Tal i rtęć oraz ich związki są szczególnie łatwo ulatniającymi związkami. Nie są one w pełni uchwytywane w formie klinkieru. Tal i jego związki skraplają się w górnej strefie podgrzewacza cyklonowego w temperaturze między 450 a 500 °C. Duża część talu wprowadzana do systemu pieca jest zatem zachowana w podgrzewaczu. W konsekwencji, może być utworzony cykl między podgrzewaczem, suszeniem surowca i oczyszczaniem spalin (wewnętrznych i zewnętrznych). Poziom emisji talu jest określany przez poziom koncentracji cyklu zewnętrznego oraz efektywność pobierania. Stężenie talu w np. jest wyznacznikiem koncentracji talu w cyklu w pyłe z elektrofiltrów. [60, VDI 2094 Niemcy, 2003].

Ponadto, ale w mniejszym stopniu, kadm, ołów, selen i ich związki są szczególnie łatwo ulatniające się. Wewnętrzny cykl lotnych związków metali powstaje, kiedy wchodzi w reakcje z kalcynowanym surowcem, lub gdy osadzają na surowcu w chłodniejszych miejscach komory kalcynacji, w podgrzewaczu, lub w kolejnych suszarniach.

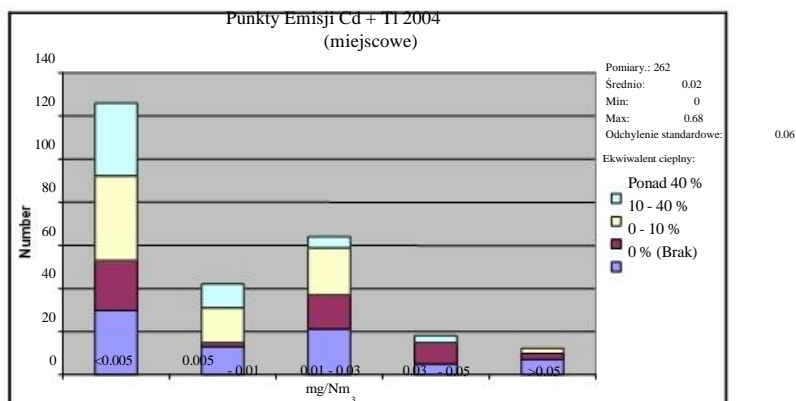
Metale stanowią zewnętrzny cykl, kiedy kurz, wraz ze skondensowanymi lotnymi związkami, oddziela się w separatorach pyłu i powraca do mąki surowcowej [27, Uniwersytet w Karlsruhe, 1996].

Pyły z produkcji cementu zawierają niewielkie ilości związków metali, takich jak arsen (As), kadm (Cd), rtęć (Hg), ołów (Pb), Tal (Tl) i cynk (Zn). Głównym źródłem pyłów obciążonych metalami jest system pieca, razem z podgrzewaczami, prekalcynatorami, piece obrotowe i chłodniki klinkieru. Stężenie metali zależy od surowca i recyrkulacji w układzie pieca. W szczególności, wykorzystanie węgla i paliw z odpadów może zwiększyć udział metali w procesie. Ponieważ metale wprowadzane do systemu pieca mają różną lotność i ze względu na wysoką temperaturę, gorące gazy w systemie pieca cementowego zawierają także gazowe związki metalu. Badania równowagi pokazują, że istnieje niskie utrzymanie elementów wysokiej lotności w klinkierze, co powoduje nagromadzenie tych substancji w układzie pieca [27, Uniwersytet w Karlsruhe, 1996].

Emisje kadmu i talu zostały zebrane z 262 miejsc pomiarów Σ (Cd, Tl) w czystym gazie z pieców obrotowych, jak pokazano na rys. 1.42 i rys. 1.43. W 2004 r. te pomiary zostały zaczerpnięte z różnych zakładów znajdujących się w kilku krajach UE-27 i UE-23+ (patrz Glosariusz). Ekwiwalent cieplny jest oznaczony na rysunku 1.43 za pomocą różnych kolorów. Pięć pomiarów wykracza poza skalę. Spośród nich cztery mają ekwiwalent cieplny równy '0', a jeden '0 - 10'. Emisje różnią się niezależnie od stosowanego paliwa. Wynika to z faktu, że kadm i tal nie są dostatecznie lotne, by uciec z gazem i koncentrują się one głównie w pyłe i klinkierze. Emisje zależą więc od wydajności urządzenia odpylania bardziej niż na paliwach [97, CEMBUREAU, 2007].

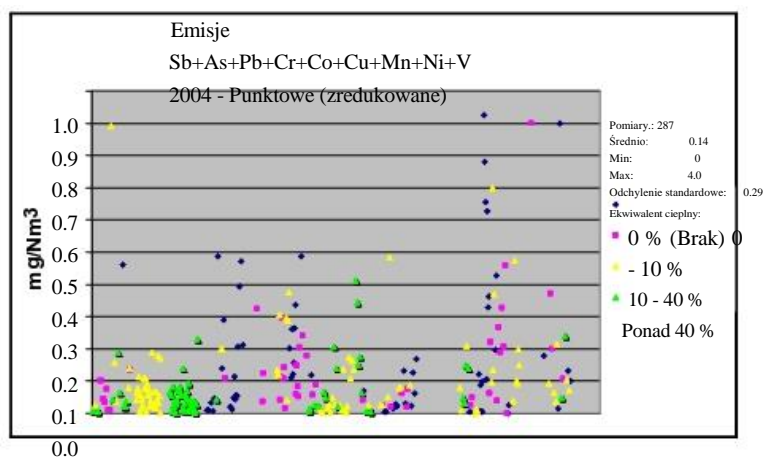


Rysunek 1.42: Wartości emisji kadmu i talu z 262 miejsc Σ (Cd, Tl) mierzonych w krajach UE-27 i UE-23+ [91, CEMBUREAU, 2006]

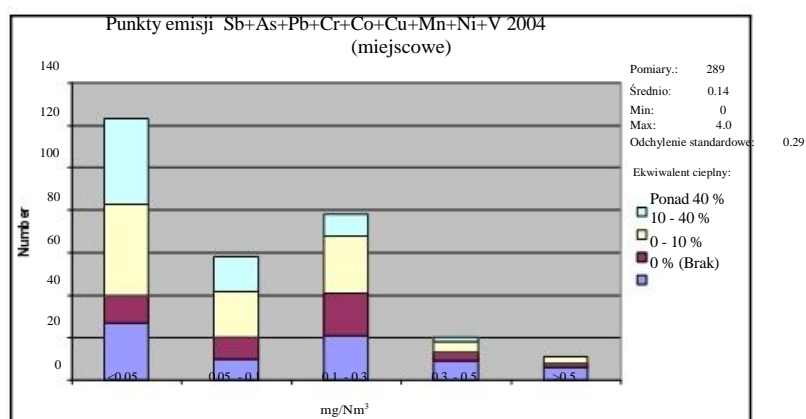


Rysunek 1.43: Rozkład pomiarów skategoryzowanych przez stopień ekwiwalentu cieplnego poziomów Σ (Cd, Tl) [91, CEMBUREAU, 2006]

Jak pokazano na rys. 1.44 i rys. 1.45, emisje Σ (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V) zostały zebrane z 287 punktów pomiarów w czystym gazie pieców obrotowych. W 2004 r. te pomiary zostały pobrane z różnych zakładów znajdujących się w kilku krajach UE-27 i UE-23 + (patrz Glosariusz). Ekwiwalent cieplny jest zaznaczony na Rysunku 1.45 przez użycie różnych kolorów. Trzy pomiary wykraczają poza skalę. Jeden z '0' ekwiwalentem cieplnym, jeden jest w przedziale „,0 - 10” i jeden w przedziale '10 - 40'.



Rysunek 1.44: Wartości emisji z pomiarów punktowych Σ (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V) w krajach UE-27 i UE-23 + [91, CEMBUREAU, 2006]



Rysunek 1.45: Rozkład pomiarów skategoryzowanych przez stopień ekwiwalentu cieplnego poziomów Σ (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V) [91, CEMBUREAU, 2006]

Przykładowe zakresy stężeń różnych związków metali w czystym gazie z pieca cementowego w pomiarach z lat 1996-98 przedstawiono w tabeli 1.29.

Składnik	Stężenie ¹⁾ (mg/Nm ³)
Antymon	<0,007 – 0,05
Arsen	<0,007 – 0,025
Beryl	<0,004
Ołów	<0,012 – 0,2
Kadm	<0,002 – 0,008
Chrom	<0,014 – 0,03
Kobalt	<0,012 – 0,15
Miedź	<0,011 – 0,095
Mangan	<0,007 - 2
Nikiel	<0,008 – 0,075
Rtęć	<0,005 – 0,12
Selen	<0,008 – 0,02
Tellur	<0,0017 – 0,015
Tal	<0,005 – 0,03
Wanad	<0,007 – 0,075
Cynk	<0,1 – 0,45
Cyna	<0,01 – 0,025

¹⁾ związane z warunkami standardowej temperatury i ciśnienia po redukcji zawartości pary wodnej, sumą frakcji przenoszonych przez cząstki i przechodzących filtr; wynikami z pojedynczych pomiarów uśrednionych w okresie pobierania próbek

Tabela 1.29: Zakresy pomiarów zawartości metali ciężkich w czystym gazie z systemów pieca cementowego od roku 1996 do 1998 [60, VDI 2094 Niemcy, 2003]

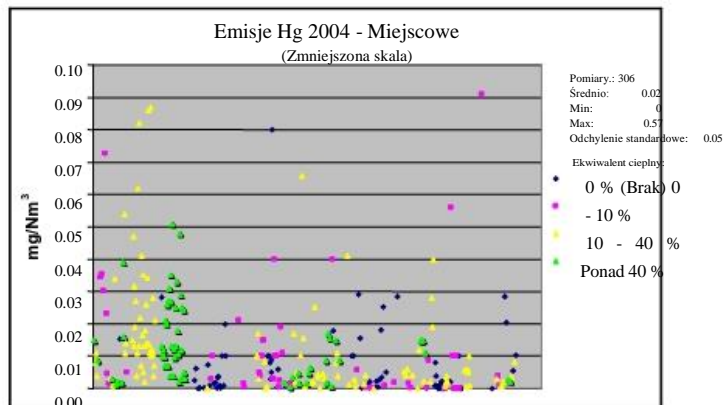
1.3.4.7.1 Rtęć

Rtęć i jej związki szczególnie łatwo ulatniają się (bardzo lotny metal). Jest to toksyczny pierwiastek metaliczny, a zanieczyszczenie rtęcią rozumie się jako globalne, powszechne i przewlekłe, więc emisje do atmosfery z zakładów muszą zostać ograniczone. Zatem, by kontrolować emisje rtęci, może być konieczne ograniczenie wprowadzania rtęci do układu pieca (patrz rozdział 1.2.4.3.2, 1.2.4.3.2.1 i 1.3.4.13). Rtęć i jej związki nie są całkowicie wytrącane i zatrzymywane w systemie pieca i/lub podgrzewacza i dlatego nie są zatrzymywane w klinkierze. Są wytrącane w gazach spalinowych ze względu na chłodzenie gazu i są częściowo pochłaniane przez cząstki surowca, w zależności od temperatury spalin. Ta część wytrąca się w filtrze gazów wylotowych. Dlatego rtęć może jedynie zostać wzbogacona w zewnętrznym cyklu, gdzie poziom stężenia i emisje są głównie określone przez warunki gazu wylotowego. Aby uniknąć długo-cyklowego wzrostu emisji rtęci, może okazać się konieczne, aby ograniczyć stężenie zewnętrznego cyklu, np. przez ciągłe lub okresowe wydobycie części zebranego pyłu w systemie filtrów. Ponadto, wytrącanie się, i co się z tym wiąże usuwanie rtęci wzrasta wraz ze zmniejszaniem się temperatury gazów wylotowych. Wskazania na podstawie pomiarów wykonanych w systemach pieca z podgrzewaczem cyklonowym pokazują, że ponad 90% rtęci występuje na cząstkach, które tworzą się w temperaturze gazów wylotowych poniżej 130 °C. Związki rtęci są następnie całkowicie usuwane z odpylacza systemu pieca. Ze względu na wysoką sprawność zbierania odpylacza, stężenie rtęci w czystym gazie systemów pieców obrotowych są często poniżej granicy wykrywalności (patrz Rys. 1.46 i Rys. 1.47).

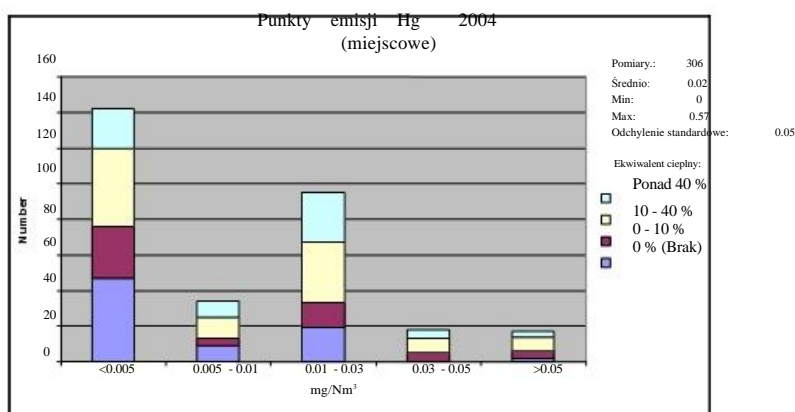
Pył z odpylania może być zawracany z powrotem do młyna cementowni. W przypadku stosowania paliw wtórnych, wprowadzanie rtęci do pieca może być ograniczane regularnie (patrz rozdziały 1.2.4.3.2.1 i 4.2.2.1.1). Inną możliwością redukcji emisji rtęci jest zmniejszenie temperatury gazów odlotowych za wieżą kondycjonującą w celu zwiększenia wytrącania się rtęci i jej związków podczas filtracji pyłu. Ponadto, w jednym z niemieckich zakładów, aktywny węgiel jest

wprowadzany jako adsorbent do gazów odlotowych [12, Holandia, 1997], [76, Niemcy, 2006], [86, EURITS, 2006], [91, CEMBUREAU, 2006], [92, Austria, 2006], [168, TWG CLM, 2007].

Jak pokazano na rys. 1.46 i rys. 1.47, emisje rtęci zostały uzyskane z 306 miejscowych pomiarów Hg w czystym gazie pieców obrotowych. W 2004 r. te pomiary zostały pobrane z różnych zakładów znajdujących się w kilku krajach UE-27 i UE-23+ (patrz Glosariusz). Ekwiwalent cieplny jest zaznaczony na Rysunku 1.47 przez użycie różnych kolorów. Sześć pomiarów wykracza poza skalę. Jeden wykazuje '0' stopę ekwiwalentu cieplnego, jeden wskazuje zakres '0 - 10', dwa wskazują '10 - 20', a inne dwa 'powyżej 40'. Jak wyjaśniono, rtęć jest najbardziej lotnym metalem ciężkim i ma mały współczynnik odlotu. Paliwa wtórne przechodzą rygorystyczną procedurę akceptacji i kontroli przed użyciem [97, CEMBUREAU, 2007].



Rysunek 1.46: Wartości emisji rtęci z 306 pomiarów miejscowych w krajach UE-27 i UE-23+ [91, CEMBUREAU, 2006]



Rysunek 1.47: Wartości emisji rtęci z 306 pomiarów miejscowych w krajach UE-27 i UE-23+ [91, CEMBUREAU, 2006]

1.3.4.8 Chlorowódór i fluorowódór (HCl i HF)

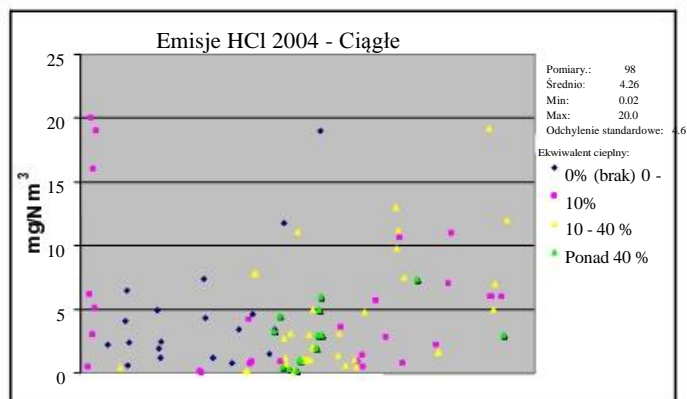
Chlorki i fluorki są drobnymi dodatkowymi składnikami. Mogą dostać się do systemu pieca z różnych komponentów, takich jak surowce i/lub paliwa. Przeprowadzanie regularnego okresowego monitoringu jest wskazane dla tych substancji.

1.3.4.8.1 Gazowe nieorganiczne związki chloru

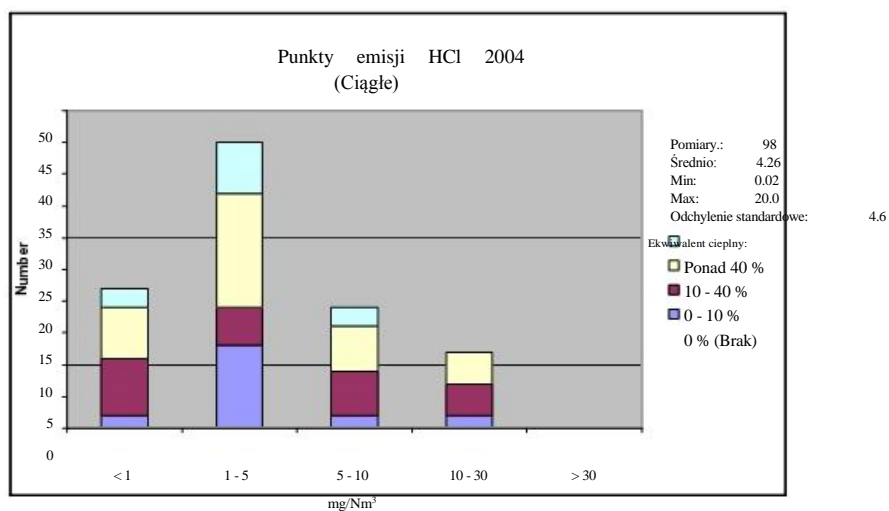
Związki chloru są drobnymi, dodatkowymi składnikami zawartymi w surowcach i paliwach procesu wypalania klinkieru. Mogą dostać się do systemu pieca z różnych źródeł, a także podczas procesu wypalania w systemie pieca, reagują one z zasadami wsadu pieca tworząc chlorki alkaliczne. Związki te, które początkowo są gazowe, skraplają na nadawie pieca lub pyłe z pieca, w temperaturze od 700 do 900 °C, a następnie ponownie wchodzi do pieca obrotowego by ponownie odparować. Wskazują one cykliczne zachowanie i mogą zostać wzbogacone w obszarze między piecem obrotowym i podgrzewaczem. Bypass na wlocie pieca pozwala na efektywną redukcję cykli chlorku alkalicznego, a tym samym zmniejsza występowanie usterek. Z wprowadzenia 0,2 g chlorku Cl/Kg klinkieru, w zależności od konkretnego zakładu, poboczny strumień z gazów odlotowych pieca jest kierowany poprzez bypass i chłodzony, aby zapobiec nagromadzeniu w dolnej sekcji podgrzewacza. Gdy strumień gazu jest chłodzony, gazowe alkaliczne związki chloru skraplają się na cząstkach pyłów z pieca i mogą być usunięte z systemu przez odpylacz. Zebrany pył obejsiowy jest kierowany z powrotem w kontrolowanych warunkach do nadawy młyna cementowego.

Jak pokazano na rysunku 1.48, w trakcie procesu wypalania klinkieru w europejskich cementowniach, gazowe nieorganiczne związki chloru są albo nieemitowane w ogóle lub jedynie w bardzo małych ilościach. Gazowe nieorganiczne chlorki wykrywane w gazach odlotowych z systemów pieców obrotowych są na ogół przypisywane do najdrobniejszych frakcji chlorków alkalicznych w pyłe czystego gazu [60, VDI 2094 Niemcy, 2003], [76, Niemcy, 2006], [86, EURITS, 2006], [97, CEMBUREAU, 2007].

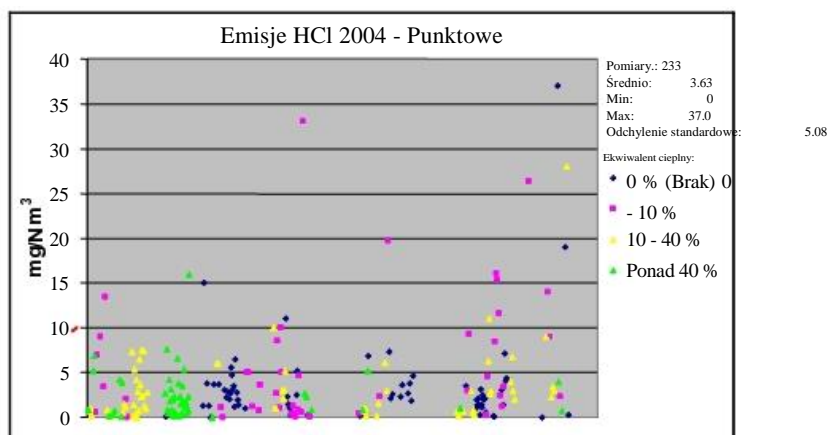
W 2004 r. przykładowe dane ciągłych pomiarów emisji HCl oraz pomiarów punktowych zostały zebrane z zakładów znajdujących się w kilku krajach UE-27 i UE-23 + (patrz Glosariusz). Wartości z ciągłych pomiarów HCl w gazie czystym zostały zebrane z 98 pieców obrotowych oraz z 233 pomiarów punktowych, jak pokazano na rys. 1.48 i rys. 1.50. Rysunek 1.49 i rysunek 1.51 pokazują dystrybucję emisji z pomiarów ciągłych HCl i pomiarów punktowych. Ciągłe pomiary emisji odnotowano jako średnia roczna średnich 24 godzinnych. Zmierzone wartości odnoszą się do 1 Nm³ suchego gazu w warunkach standardowych [97, CEMBUREAU, 2007]. Ponadto, rysunek 1.52 pokazuje przykłady emisji w zakresie pomiędzy 0 - 8 mg/Nm³ (średnia roczna wartość), podczas gdy 91 mieści się poniżej granicy wykrywalności, a jedna jest wyższa niż 15 mg/Nm³, mierzone w 39 niemieckich piecach obrotowych [76, Niemcy, 2006].



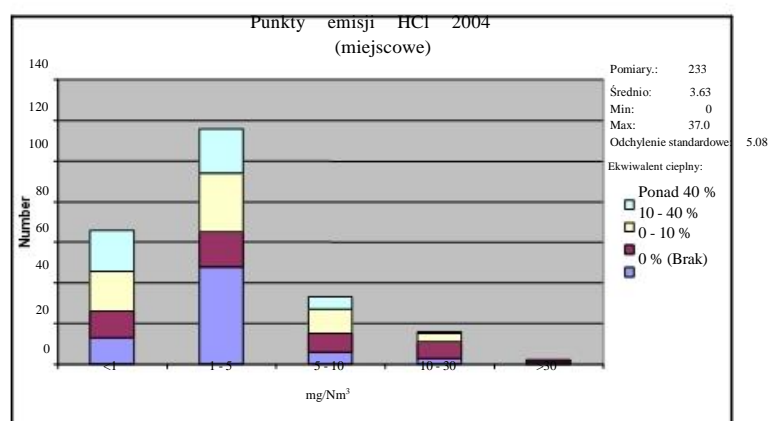
Rysunek 1.48: HCl wartości emisji z ciągłych HCl pomiarów w gazie czystym z 98 pieców cementowych w krajach UE-27 i UE-23 + krajach [97, CEMBUREAU, 2007]



Rysunek 1.49: Dystrybucja ciągłych pomiarów HCl skategoryzowanych przez stopę ekwiwalentu cieplnego [97, CEMBUREAU, 2007]

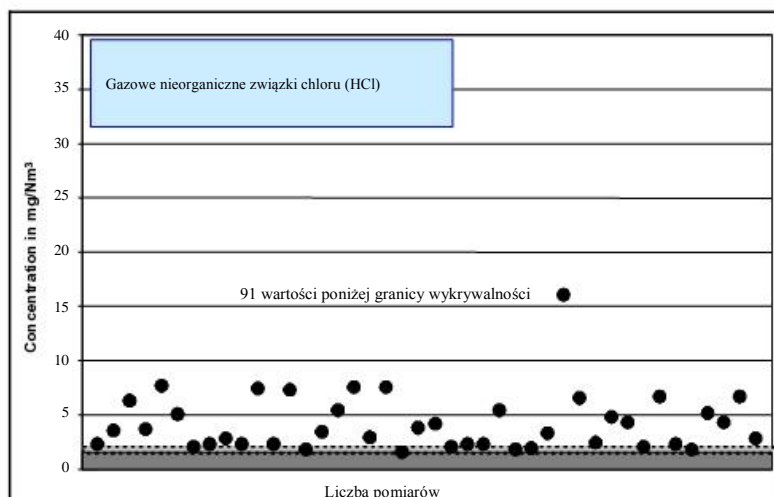


Rysunek 1.50: Wartości emisji z 233 miejsc pomiarów w gazie czystym pieców obrotowych w krajach UE-27 i UE-23 + [97, CEMBUREAU, 2007]



Rysunek 1.51: Dystrybucja pomiarów punktowych HCl skategoryzowanych przez stopę ekwiwalentu cieplnego poziomów HCl [97, CEMBUREAU, 2007]

Przykłady emisji HCl zmierzone w 38 niemieckich piecach obrotowych są pokazane na rysunku 1.52. Informacje te wynikają z poszczególnych pomiarów przeprowadzanych trzy razy w roku w określonym dniu. W 91 przypadkach wartość emisji zeszła poniżej granicy wykrywalności 1,5-2,1 mg/Nm³.



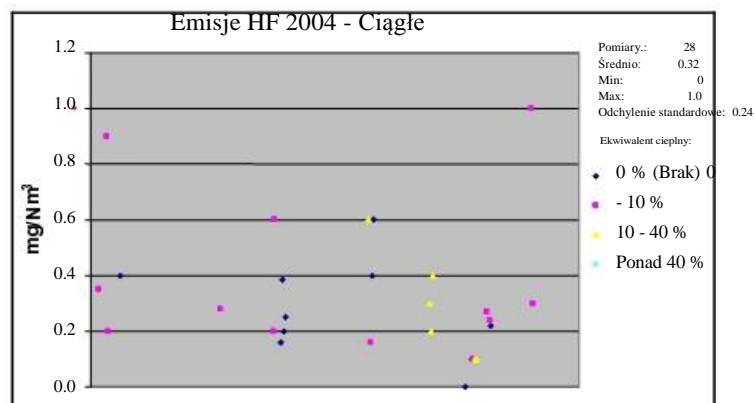
Rysunek 1.52: Emisje gazowych nieorganicznych związków chloru, określanych jako HCl, mierzonych w czystym gazie z 38 niemieckich pieców obrotowych w 2004 r. [76, Niemcy, 2006]

1.3.4.8.2 Gazowe nieorganiczne związki fluoru

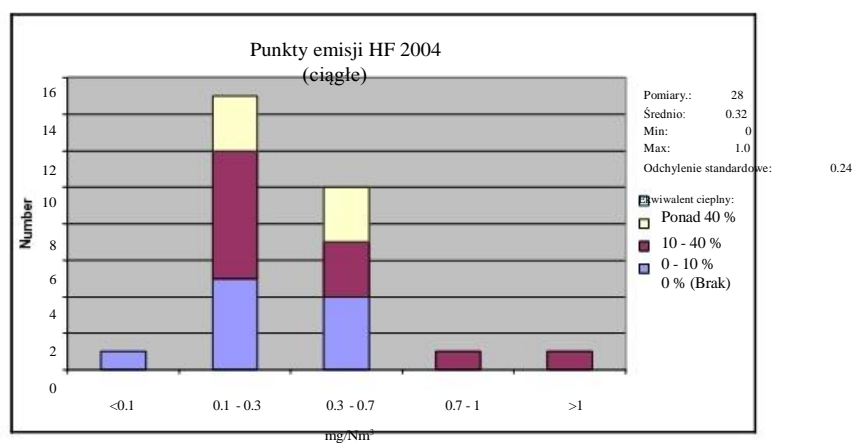
Z fluoru obecnego w piecach obrotowych, od 90 do 95% jest przechwytywane w klinkierze, a pozostała część jest związana w pyłe w postaci fluorku wapnia (CaF_2), który jest stabilny w warunkach procesu spalania. Ze względu na znaczny nadmiar wapnia, emisje gazowych związków fluoru, w szczególności fluorowodoru są praktycznie wykluczone. Frakcje drobnego pyłu przechodzące przez pomiarowy filtr gazowy mogą symulować niską zawartość gazowych związków fluoru w systemach pieców obrotowych. Niewielkie ilości fluorków są uwalniane z pyłem, np. w formie CaF_2 .

W 2004 r. przykładowe dane ciągłych pomiarów emisji HF zostały zebrane z zakładów znajdujących się w krajach UE-27 i UE-23 + (patrz Glosariusz). Wartości z ciągłych pomiarów HF w gazie czystym zostały zebrane z 28 pieców obrotowych jak również wartości z 210 pomiarów punktowych, jak pokazano na rys. 1.53 i rys. 1.55. Pięć pomiarów wykracza poza skalę. Spośród nich, cztery odznaczały się zerową stopą substytucji, a jeden powyżej 40. Rys. 1.54 i Rys. 1.56 przedstawiają dystrybucję emisji przy ciągłych pomiarach HF i punktowych pomiarach HF. Ciągłe pomiary emisji odnotowano jako roczną średnią średnich 24 godzinnych. Zmierzone wartości odnoszą się do 1 Nm^3 suchego gazu w standardowych warunkach. Fluorki z systemów pieców cementowych wynoszą poniżej 1 mg/Nm^3 , wyrażone jako HF [76, Niemcy, 2006], [86, EURITS, 2006], [97, CEMBUREAU, 2007].

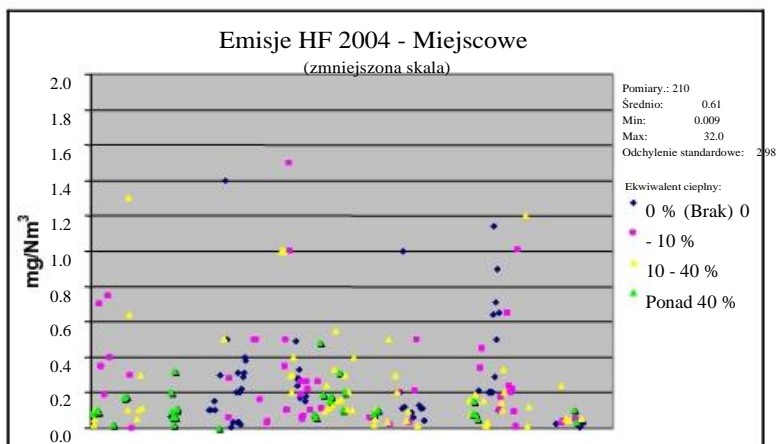
Ponadto rysunek 1.57 przedstawia przykłady emisji HF w przedziale $0,005 - 0,35 \text{ mg / Nm}^3$, a 106 wartości jest poniżej granicy wykrywalności, mierzonej z 38 niemieckich pieców obrotowych. Informacje te wynikają z poszczególnych pomiarów przeprowadzonych trzy razy w roku w konkretnym dniu. Granica wykrywalności wynosi między $0,04$ i $0,06 \text{ mg/Nm}^3$ [76, Niemcy, 2006] [103, CEMBUREAU, 2006].



Rysunek 1.53: Wartości emisji z ciągłego pomiaru emisji HF w gazie z pieców obrotowych w krajach UE-27 i UE-23 + [97, CEMBUREAU, 2007]

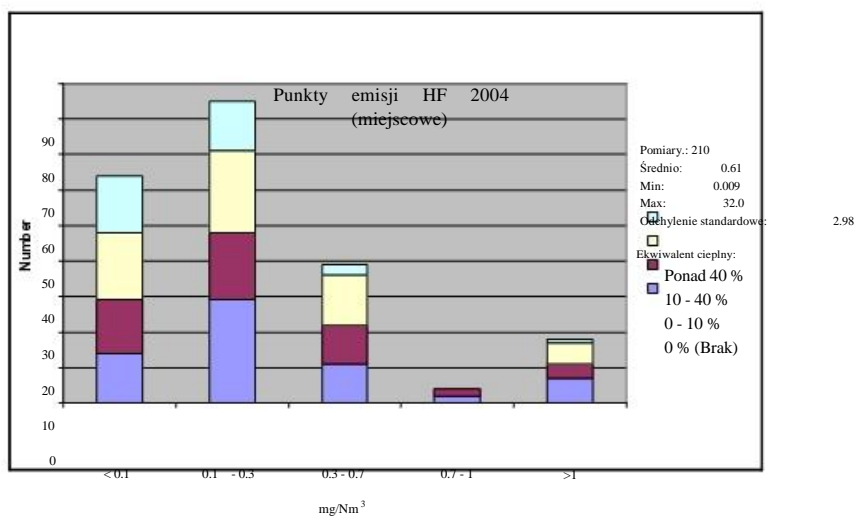


Rysunek 1.54: Dystrybucja ciągłych pomiarów emisji HF kategoryzowana przez poziom ekwiwalentu cieplnego poziomów HF [97, CEMBUREAU, 2007]

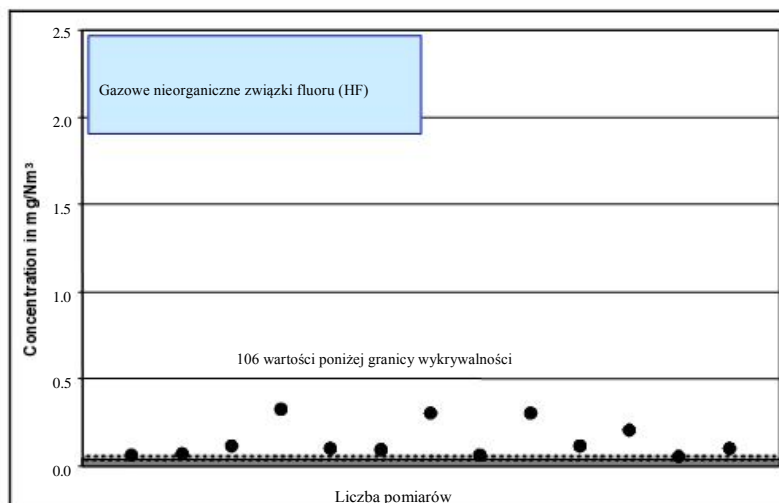


Rysunek 1.55: Wartości emisji na podstawie miejscowych pomiarów HF w czystym gazie pieców obrotowych w krajach UE-27 i UE-23 +

[97, CEMBUREAU, 2007]



Rysunek 1.56: Rozkład pomiarów punktowych HF skategoryzowany przez stopę substytucji poziomów HF [97, CEMBUREAU, 2007]

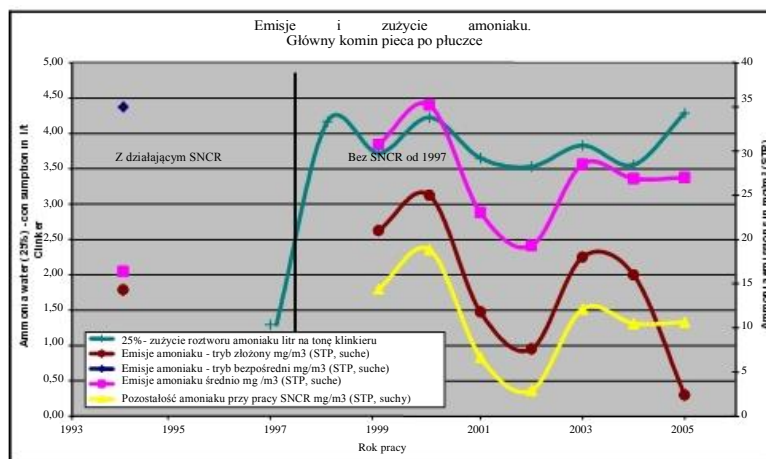


Rysunek 1.57: Emisje gazowych nieorganicznych związków fluoru, określonych jako HF, mierzone w czystym gazie z 38 niemieckich pieców obrotowych w 2004 r. [76, Niemcy, 2006]

1.3.4.9 Amoniak (NH_3)

Emisje NH_3 występują w głównych etapach procesu z surowców. Zawartość NH_3 w gazach odlotowych z pieców cementowych sięga nawet 200 mg/Nm^3 . Dodatkowy NH_3 może wystąpić w wyniku stosowania technik ograniczających, takich jak selektywna redukcja niekatalityczna (SNCR), mogą wystąpić również zmienne emisje nieprzereagowanego amoniaku (pozostałość amoniaku). Regularny monitoring emisji NH_3 jest niezbędny.

Badania z dwóch zakładów w Szwecji od 1994 do 2006 (wstępne testy badania emisji amoniaku) pokazują, że emisje NH_3 pochodzące z surowców mieszczą się w przedziale $10 - 35 \text{ mg/Nm}^3$. Ponadto od 1998 roku, jeden z tych zakładów został wyposażony w płuczkę SO_x , która buforuje amoniak w cieczy płuczki i wyrównuje duże i małe stężenia. W wieży natryskowej tej płuczki, poziomy emisji amoniaku były mierzone w sposób ciągły od 1998 jak pokazano na rysunku 1.58. Odkład płuczka jest w użyciu, krótkoterminowe szczyty są wyższe do 125 mg/Nm^3 . Dzieje się tak ze względu na zwiększoną temperaturę cieczy płuczki od 53 do $59 \text{ }^\circ\text{C}$ i przesunięcie równowagi tak, że część zgromadzonego amoniaku jest ponownie uwalniana. Jednak zakłady te wyposażone są w systemy przemiału (młyn surowców i węgla), z których amoniak również jest pochłaniany i tylko niewielka ilość amoniaku jest transportowana do młyna cementowego razem z gipsem (3 kg/h). Młyn cementowni działa w niskich temperaturach w obiegu zamkniętym, a zapach amoniaku był wykrywany w silosie cementowym bardzo rzadko.



Rysunek 1.58: Emisje amoniaku w szwedzkiej cementowni wyposażonej w płuczkę SO_x [114, Szwecja, 2006]

W 2007 r. w jednej z niemieckich cementowni, która jest wyposażona w wysokiej wydajności SNCR zostały przeprowadzone badania i próby w okresie sześciu miesięcy. Poziomy emisji NO_x rzędu 350 i 200 mg/Nm^3 (średnia wartość dzienna) zostały osiągnięte przez zastosowanie odpowiednich stosunków molowych $\text{NH}_3:\text{NO}$ wynoszących 0,7 - 0,8 i 1,4 - 1,5. Jednak w celu osiągnięcia niższego poziomu emisji NO_x , pomiary NH_3 wykazały znaczną pozostałość amoniaku pomiędzy 50 - 200 mg/Nm^3 szczególnie podczas operacji przemiału. Pozostałość amoniaku była dwukrotnie wyższa osiągając poziom emisji 200 mg/Nm^3 (NH_3 : Trzymiesięczna średnia wartość 11 mg/Nm^3) w porównaniu z poziomem 350 mg/Nm^3 (NH_3 : Trzymiesięczna średnia wartość 21 mg/Nm^3) (Patrz również rozdział 4.2.4.2) [160, Niemcy, 2007], [173, Niemcy, 2007], [182, TWG CLM, 2008].

Ponadto, badania w irlandzkiej cementowni w 2004 r. polegające na przeprowadzaniu krótkoterminowych testów SNCR wykazały stężenia NH_3 w zakresie pomiędzy 4 and 26 mg/Nm^3 w gazie surowym za podgrzewaczem pieca. Stężenia te zostały określone poprzez testowanie dwóch konfiguracji wtrysków (warunki standardowe; stosunek molowy $\text{NH}_3:\text{NO}$ wynoszący jeden (1) przy stopie redukcji NO_x wynoszącej 50 %). Pozostałości NH_3 określają granice nadstechiometrycznego dodawania czynnika redukującego. Prowadzenie regularnego okresowego monitoringu jest właściwe dla tej substancji [76, Niemcy, 2006], [103, CEMBUREAU, 2006], [114, Szwecja, 2006] [123, Irlandia, 2005] [168, TWG CLM, 2007], [173, Niemcy, 2007].

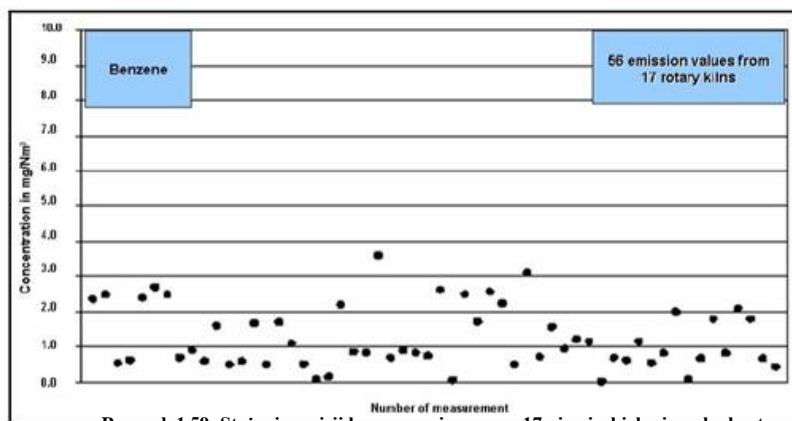
Przykład z niemieckiego zakładu wyposażonego w technikę SCR potwierdza spadek pozostałości NH_3 poniżej 1 mg/Nm^3 [173, Niemcy, 2007].

Należy zauważyć, że NH_3 w surowcach również służy jako środek redukujący (patrz rozdział 4.2.5) [76, Niemcy, 2006], [168, TWG CLM, 2007].

1.3.4.10 Benzen, toluen, etylobenzen oraz ksylen (BTEX)

Pomiary tych substancji mogą być od czasu do czasu wymagane w przypadku specjalnych warunków operacyjnych.

W niektórych niemieckich zakładach, zostały dokonane indywidualne dodatkowe pomiary benzenu od roku 2004, które wahają się pomiędzy 0,02 oraz 3,6 mg/Nm³. Emisje benzenu w niskich stężeniach są spowodowane poprzez niewielkie ilości substancji organicznych wprowadzane poprzez surowce (pozostałości organizmów i roślin uwięzionych w skale w trakcie historii geologicznej) podczas podgrzewania nadawy pieca. Przykłady stężeń emisji benzenu mierzonych w niemieckich piecach są przedstawione na rysunku 1.59 (w oparciu o granicę wykrywalności 0,013 mg/Nm³). Emisje benzenu różnią się niezależnie od stosowanego paliwa.



Rysunek 1.59: Stężenia emisji benzenu mierzone w 17 niemieckich piecach obrotowych

[76, Niemcy, 2006]

1.3.4.11 Poliaromatyczne węglowodory (WWA)

Pomiary tych substancji mogą być od czasu do czasu wymagane w przypadku specjalnych warunków operacyjnych.

1.3.4.12 Inne zanieczyszczenia organiczne

Inne zanieczyszczenia organiczne występujące w procesie produkcji cementu, to na przykład chlorobenzeny, PCB (polichlorowane bifenyleny) łącznie z kongenerami kopalnymi, oraz chloronaftaleny.

Pomiary tych substancji mogą być od czasu do czasu wymagane w przypadku specjalnych warunków operacyjnych.

1.3.4.13 Wpływ na zachowanie się emisji oraz efektywność energetyczna przy użyciu odpadów*Zachowanie się emisji*

Wykorzystanie odpadów nie ma wpływu na emisję pyłu w procesie spalania klinkieru.

Według aktualnego stanu wiedzy, stosowanie jedynie odpowiednich odpadów ma niewielki wpływ na emisję metalu w procesie spalania klinkieru, ze względu na wysoką zdolność zatrzymywania cząsteczek metalu w podgrzewaczu i odpylaczu. Należy zauważyć, że sposób, w jaki paliwa są wprowadzane do pieca (punkt zasilania) jest bardzo ważny, ponieważ może to mieć wpływ na emisję (Patrz rozdział 1.2.4.1). Czynniki decydujące o emisji metali w procesie produkcji klinkieru to zachowanie indywidualnych metali w systemie rotacyjnym pieca, sytuacja wprowadzania, jak również efektywności gromadzenia odpylacza. Sytuacja wejściowa sama w sobie jest określana przez stężenie metali w stosowanych surowcach i paliwach. Jako surowiec: stosunek masy paliwa do produkcji klinkieru wynosi około 10:1, oznacza to, że wsady związane z surowcem mają decydujące znaczenie dla emisji. W praktyce, wykorzystanie odpadów może spowodować zmniejszenie lub zwiększenie całkowitego wsadu poszczególnych elementów w układ pieca. Metale nietopne są, w dużej mierze zamknięte w matrycy klinkieru i opuszczają układ pieca razem ze strumieniem klinkieru. Metale półtopne, takie jak Pb oraz Cd tworzą w układzie pieca stabilne cykle. Elementy te są zwolnione z cyklu i w dużej ilości przechwycone albo przez strumień klinkieru, albo przez pył. Szczególnymi przypadkami z powodu ich zmienności są Hg oraz Tl. Temperatury występujące w procesie, w połączeniu z wysokim wynikiem zmienności skutkują niewystarczającą zdolnością usuwania i tworzą szczególnie związków pomiędzy obciążeniem wyjściowym oraz stężeniem emisji w kominie. W zależności od temperatury gazów odlotowych, rtęć, w odpylaczu, występuje w formie przenoszonej przez cząsteczki oraz/lub parę. Dlatego też, w celu kontrolowania emisji rtęci i metali lotnych, może być konieczne ograniczenie dostawiania się rtęci i metali do układu pieca. Podczas spalania paliw z odpadów odzyskanych z mieszanych cząstek odpadów, może być konieczna rutynowa analiza odbioru dla celów monitorowania dostawiania się metali lotnych (patrz rozdział 1.2.4.3.2).

Wybór surowca nie ma wpływu na nieorganiczne elementy gazu odlotowego NO_x , HCl oraz HF. Według aktualnego stanu wiedzy, stosując odpowiednie wejście pieca, przetwarzanie odpadów w procesie produkcji cementu nie ma znaczącego wpływu na te emisje. To samo dotyczy emisji składników SO_2 , CO i TOC, pod warunkiem, że podawanie lotnych związków siarki lub lotnych związków organicznych poprzez mąkę surowcową nie jest zwiększone przez przetwarzanie odpadów. Wytworzony SO_2 jest powiązany z klinkierem w piecu obrotowym lub prekalcyntorze bez dodatkowych środków/technik.

Warunki spalania w systemach pieców obrotowych zapewniają niskie stężenia emisji PCDD/F. Odpady, które mogą zawierać duże stężenia trwałych substancji organicznych, np. zużyty olej zawierający PCB, są podawane przez główny układ spalania w celu zapewnienia dokładnego zniszczenia. Jeśli istnieją wątpliwości co do wyboru punktu podawania w poszczególnych przypadkach, konieczne są pomiary z użyciem odpadów i bez. Kompleksowe programy pomiarowe wskazują na to, że w praktyce operacyjnej, emisje PCDD/F są znacznie poniżej wyznaczonego limitu $0,1 \text{ ng I-TEQ/m}^3$, niezależnie od wykorzystywanych odpadów.

Odpady podane do wtórnego spalania (patrz rozdział 1.2.4.1 i 1.2.5.1) nie przechodzą przez strefę wysokich temperatur pieca obrotowego, co wymaga ograniczenia jakościowego dla parametrów wejścia i procesu. Jednak w wielu nowoczesnych prekalcyntorach, temperatura sięga powyżej $850 \text{ }^\circ\text{C}$ i charakteryzują się one czasem przebywania dłuższym niż 2 sekundy, co sprawia, że są odpowiednie do wykorzystania odpadów.

Przykłady warunków i wyników rocznego monitorowania emisji z niemieckich pieców cementowych przy użyciu paliw wtórnych przedstawione są w rozdziale 4.2.2.1, tabela 4.5 i tabela 4.6.

Zapotrzebowanie na energię cieplną może wzrosnąć podczas korzystania z paliw wtórnych o wysokiej zawartości wilgoci, szorstkości lub niższej reaktywności w porównaniu do np. drobno zmielonego, suchego i/lub wysokokalorycznego paliwa. Niższa efektywność energetyczna może również prowadzić do zwiększenia emisji zanieczyszczeń powietrza przez zwiększenie objętości gazów odlotowych.

[3, Austria, 1997], [76, Niemcy, 2006], [86, EURITS, 2006], [137, Klein /Hoenig, 2006], [168, TWG CLM, 2007].

1.3.4.14 Wpływ zastosowania odpadów na jakość produktu

Wykorzystanie odpadów w procesie wypalania klinkieru może zmienić stężenie metali w produktach cementowych. W zależności od całości wkładu surowców i paliw, stężenie poszczególnych elementów w produkcie może się zwiększać lub zmniejszać w wyniku przetwarzania odpadów.

Podczas mieszania cementu z kruszywem, np. żwirem i piaskiem w produkcji betonu lub zaprawy, to zachowanie metali w materiale budowlanym (betonie lub zaprawie) jest decydujące dla oceny wpływu istotnych dla środowiska odpadów wykorzystywanych w procesie wypalania klinkieru.

Emisje metali z betonu i zaprawy są niskie. Wyniki kompleksowych badań potwierdzają, że metale są silnie włączone w strukturę cegły cementowej. Ponadto, beton pakowany na sucho cechuje się wysokim oporem dyfuzyjnym, co dodatkowo zapobiega uwalnianiu metali.

Badania betonu i zaprawy wykazały, że stężenia metali w eluatach są zauważalnie niższe niż określone, na przykład, przez ustawodawstwo krajowe. Przechowywanie w ramach innych i częściowo ekstremalnych warunkach nie doprowadziło do żadnych istotnych emisji do środowiska. Odnosi się to także do przypadku, gdy materiał próbki jest zgnieciony lub rozdrobniony przed testy ługowania.

Staranna selekcja i monitorowanie odpadów zapewnia, że wykorzystanie odpadów nie powoduje emisji metalowi w skali szkodliwej dla środowiska. Emisje metali są o część rzędu wielkości poniżej obowiązujących norm kontroli zanieczyszczenia powietrza. Zastosowanie odpadów nie ma negatywnego wpływu na środowiskową jakość produktu. W tych warunkach, cement można nadal stosować bez ograniczeń do produkcji betonu i zapraw. Zdolność tych materiałów pozostaje całkowicie nienaruszona.

Zawartość metali w niemieckich cementach jest analizowana regularnie. Ostatnie wartości zostały opublikowane w 2001 roku. Porównanie z wynikami wcześniejszych badań wykazało brak wzrostu zawartości metali w cementach, choć nastąpił ogromny wzrost wykorzystania odpadów w ciągu danego okresu [76, Niemcy, 2006], [168, TWG CLM, 2007].

1.3.5 Straty / odpady procesowe

Straty / odpady procesowe pochodzące w produkcji cementu, głównie składają się z następujących materiałów:

- niechciane skały, które są usuwane z surowców w trakcie przygotowywania mączki surowcowej
- pył z pieca usunięty z przepływu bypassu i komina
- filtrat z pras filtracyjnych stosowanych w procesie pół-mokrym jest dość zasadowy i zawiera zawiesiny
- pył pochodzący z gazów odlotowych urządzeń oczyszczających, np. z odpylacza
- zużyte środki sorpcyjne (granulowany wapień, pył wapienny) pochodzących z gazów odlotowych systemu oczyszczania
- odpady opakowaniowe (tworzywa sztuczne, drewno, metal, papier, itp.) pochodzące z etapu pakowania.

Części skumulowanych strat procesu z ubiegłych lat, o których mowa powyżej, mogą być poddane recyklingowi i ponownie wykorzystywane w zakładach ze względu na wymagania procesu i specyfikację produktu. Materiały, które nie mogą być poddane recyklingowi wewnętrznemu opuszczają zakład, aby mogły być zastosowane w innych gałęziach przemysłu lub dostarczone do zewnętrznych zakładów recyklingu odpadów lub zakładów unieszkodliwiania odpadów. Pył z pieca może być bezpośrednio ponownie użyty w procesie produkcji cementu lub może być wykorzystywany do innych celów.

PCDD/F są również obecne w odpadach i materiałach stałych z przemysłu cementowego, a w 2006 roku zostały następująco odnotowane w badaniu:

- pył z pieca cementowego (CKD) i z filtra
 - o średnie stężenie rzędu 6,7 ng I-TEQ/kg
 - o maksymalne stężenie rzędu 96 ng I-TEQ/kg
- klinkier
 - o średnie stężenie 1,24 ng I-TEQ/kg
 - o maksymalne stężenie 13 ng I-TEQ/kg.

Badanie to pokazuje również, że w porównaniu z innymi materiałami, poziom dioksyn w stratach / odpadach procesu pochodzących z produkcji cementu jest tej samej skali, co żywności, takiej jak ryby, masło, mleko, oraz niższe niż najwyższe dopuszczalne stężenie 100 ng TEQ na kilogram dla osadów ściekowych stosowanych dla gruntów rolnych [88, SINTEF, 2006].

1.3.6 Emisje do wody

Ogólnie rzecz biorąc, produkcja cementu nie generuje ścieków. W produkcji cementu metodą suchą lub półsuchą, woda używana jest tylko w niewielkich ilościach, np. do czyszczenia. W zasadzie nie występują emisje do wody, ponieważ woda jest zwracana do procesu.

W procesie półmokrym, stosowane są zawiesiny, odwadniane w prasach filtracyjnych. W procesie mokrym, woda służy do rozdrabniania surowców i tworzenia zawiesiny. Stosowane surowce są często dostępne z wysoką zawartością wilgotności. Zawiesina albo jest podawana bezpośrednio do pieca, gdzie woda jest odparowywana, albo w pierwszej kolejności trafia do suszarni szlamu.

Woda, która jest czasami używana w procesie chłodzenia do schładzania klinkieru, jest bezpośrednio odparowywana ze względu na wysokie temperatury materiału klinkierowego.

Bilans wodny z konkretnego przykładowego zakładu można znaleźć w tabeli 4.24 w rozdziale 4.2.2.3.

Rozdział 1

1.3.7 Hałas

Emisje hałasu występują w całym procesie produkcji cementu, w trakcie przygotowania i przetwarzania surowca, w procesie spalania klinkieru i produkcji cementu, przy składowaniu materiałów, jak również przy wysyłce i transporcie produktu końcowego. Ciężkie maszyny i ogromne wentylatory wykorzystywane na różnych etapach produkcji cementu, mogą spowodować wzrost emisji hałasów i/lub wibracji, zwłaszcza:

- rynnny i leje
- wszelkie operacje związane z łamaniem, kruszeniem, mieleniem oraz przesiewaniem surowców, paliw,
- klinkieru i cementu
- wentylatory wyciągowe
- dmuchawy
- wibracje przewodów.

Zakłady są zobowiązane do przestrzegania norm redukcji zgodnie z ustawodawstwem krajowym, oraz przeprowadza się i ocenia badania hałasu. W celu ograniczenia emisji hałasu w przemyśle cementowym wykorzystuje się naturalne bariery hałasu, takie jak budynki, ściany, drzewa oraz krzewy. W przypadku, gdy w pobliżu zakładu znajdują się tereny mieszkalne, planowanie nowych budynków na terenie zakładu związane jest z koniecznością redukcji emisji hałasu [45, Schorcht, 2006], [81, Castle Cement, Wielka Brytania, 2006]

1.3.8 Zapachy

Emisje zapachów są bardzo rzadkim problemem w dobrze prowadzonych zakładach. Jeśli surowce zawierają składniki palne (kerogeny), które nie spalają się, gdy są ogrzewane w podgrzewaczu, ale jedynie pyrolizują, mogą wystąpić emisje węglowodorów. Te emisje węglowodoru są widoczne nad kominem w formie "niebieskiej mgły" lub pióropuszu i przy niekorzystnych warunkach pogodowych, mogą powodować powstawanie zapachów dookoła zakładu cementowego.

Spalanie paliw zawierających siarkę oraz/lub wykorzystanie surowców zawierających siarkę może prowadzić do emisji zapachów (problem najczęściej spotykany w piecach szybowych).

Ponadto, wykorzystywanie odpadów, jako surowców lub paliw może powodować emisje zapachu, zwłaszcza podczas różnych etapów procesu, takich jak przygotowanie i przechowywanie. W wypadkach, gdy stosuje się amoniak w redukcji NO_x, również może dochodzić do emisji zapachów podczas różnych etapów procesu, jeśli nie są one przeprowadzone prawidłowo.

1.3.9 Monitoring

1.3.9.1 Monitorowanie parametrów i emisji

Do regulowania procesów pieca, zaleca się stosowanie stałych pomiarów następujących parametrów:

- ciśnienie
- temperatura
- zawartość O₂
- NO_x
- CO, i ewentualnie w przypadku wysokiego stężenia SO_x
- SO₂ (jest to rozwijająca się technika optymalizacji CO z NO_x oraz SO₂).

W celu dokładnego określenia emisji, zaleca się stałe pomiary następujących parametrów (może zaistnieć konieczność wykonania ponownego pomiaru, jeśli ich poziomy mogą ulec

Rozdział 1

zmianie od momentu, kiedy zostały zmierzone w celach kontrolnych):

- objętość gazów odlotowych (może być obliczona, choć niektórzy uważają to za skomplikowane)
- wilgotność (może być obliczona, choć niektórzy uważają to za skomplikowane)
- temperatura
- pył
- O₂
- NO_x
- SO₂, oraz
- CO.

Regularne okresowe monitorowanie jest odpowiednio prowadzone dla następujących substancji:

- metale i ich związki
- TOC
- HCl
- HF
- NH₃, oraz
- PCDD/F.

Jednakże, możliwe jest również stałe mierzenie i monitorowanie TOC, NH₃, HCl, oraz HF, a także stałe sprawdzane PCDD/F oraz PCB w celu analizowania od 1 do 30 dni. Ponadto, poziom Hg jest stale mierzony w dwóch krajach członkowskich UE-27.

Pomiary następujących substancji mogą być od czasu do czasu wymagane w przypadku specjalnych warunków operacyjnych:

- BTX (benzen, toluen, ksylen)
- PAH (poliaromatyczne węglowodory), i
- inne zanieczyszczenia organiczne (na przykład chlorobenzeny, PCB (polichlorowane bifenyle), łącznie z kopalnymi kongenerami, chloronaftalenami, itd.).

Szczególnie ważne jest wykonywanie pomiarów metali, kiedy odpady zawierające metale o zwiększonej lotności są wykorzystywane jako surowce lub paliwa. Ponadto, w zależności od wykorzystanego paliwa, warunków procesowych i wagi tych emisji, wykonanie dodatkowych pomiarów może być konieczne.

Wymagania obowiązujących europejskich i krajowych regulacji muszą być wzięte pod uwagę, np. należy zauważyć, że współspalanie odpadów musi spełniać Dyrektywę dotyczącą spalania odpadów (WID, 2000/76/WE) [59, Unia Europejska, 2000]. Jeśli odpady są stosowane w piecach cementowych, często emisje TOC i rtęci, zwłaszcza w przypadku wykorzystywania osadów ściekowych, są monitorowane w gazie odlotowym pieców cementowych (w niektórych przypadkach stale), oprócz stałych regularnych pomiarów emisji pyłów, NO_x, SO₂ oraz CO.

Dalsze informacje dotyczące stałych pomiarów rtęci w niemieckich cementowniach można znaleźć w sekcji wniosków i zaleceń dla przemysłu cementowego (patrz rozdział 1.7). Zależnie od sposobu podawania i typu stosowanego paliwa, warunków procesowych oraz wagi emisji, przy HCl, HF, metalach ciężkich, benzo-a-pirenie, benzenie oraz polichlorowanych dibenzodioksynach (PCDD) i polichlorowanych dibenzofuranach (PCDF), stosuje się odpowiednie dodatkowe środki. Ponadto, przy korzystaniu z odpadów, często przeprowadzane są pomiary, np. raz do roku [76, Niemcy, 2006].

Wskazane jest, aby wszystkie te substancje zostały zmierzone przynajmniej raz, w celu dostarczenia danych przy ubieganiu się przez zakład o pierwsze pozwolenie IPPC.

Rozdział 1

Dodatkowe przydatne informacje można znaleźć w dokumencie referencyjnym dotyczącym ogólnych zasad monitorowania [151, Komisja Europejska, 2003].

1.4 Techniki uwzględniane przy doborze najlepszych dostępnych technik BAT

Niniejszy rozdział określa środki/techniki, które powszechnie są uznawane za sprzyjające osiągnięciu wysokiego poziomu ochrony środowiska w przemyśle w zakresie niniejszego dokumentu. Systemy zarządzania, środki/techniki zintegrowane z procesem oraz środki/techniki typu „końca rury” (*end-of-pipe*) zostały uwzględnione, jednak w przypadku poszukiwania optymalnych wyników, wyżej wymienione trzy rodzaje nakładają się na siebie.

Procedury prewencji, kontroli, minimalizacji i recyklingu są także traktowane jako ponowne wykorzystanie materiałów i energii.

Środki/techniki mogą być przedstawiane pojedynczo lub w połączeniu, w celu spełnienia wytycznych Dyrektywy IPPC. Załącznik IV do przedmiotowej Dyrektywy wymienia kilka ogólnych uwag, które powinny być uwzględnione przy ustalaniu BAT, a środki/techniki wymienione w niniejszym ustępie będą dotyczyły jednej lub kilku takich uwag. Jeżeli jest to możliwe, wykorzystuje się standardową strukturę w celu przedstawienia każdego środka/techniki w celu umożliwienia porównania środków/technik oraz przeprowadzenia obiektywnego oszacowania w oparciu o definicję BAT wymienioną w Dyrektywie IPPC.

Treść niniejszego ustępu nie zawiera wyczerpującej listy środków/technik, przy czym mogą istnieć lub zostać opracowane inne środki/techniki, które mogą być równie ważne w ramach IPPC i BAT.

Standardowa struktura wykorzystana do przedstawienia każdego środka/techniki została wymieniona w Tabeli 1.30. Jednakże, ponieważ granice pomiędzy elementami wymienionymi poniżej mogą nakładać się na siebie do pewnego stopnia, struktura jest utrzymywana jako elastyczna i odzwierciedla każdy indywidualny przypadek.

Rodzaj uwzględnianych informacji	Rodzaj zawartych informacji
Opis	Opis techniczny środka/techniki (włącznie z rysunkami i schematami, jeżeli jest to konieczne)
Korzyści osiągnięte dla środowiska	Główne korzyści dla środowiska (włącznie z energią, wodą, oszczędzaniem surowców, a także zwiększenie produkcji, wydajności energii itp.), których dotyczy środek/technika
Oddziaływanie na procesy i środowisko	Główne skutki uboczne dla środowiska i negatywne oddziaływanie na inne media, spowodowane wykorzystaniem środka/techniki. Szczegóły wpływu środka/techniki na środowisko w porównaniu z innymi
Dane operacyjne	Dane dotyczące zużycia i emisji poziomów z zakładów operacyjnych wykorzystujących środki/techniki (włącznie z jakimikolwiek odnośnymi warunkami i wykorzystanymi metodami monitoringu). Wszelkie pozostałe istotne informacje dotyczące tego, w jaki sposób używać, utrzymywać i kontrolować środek/technikę
Zastosowanie	Oznaczenie rodzaju zakładów, w których środek/technika może być zastosowany, z uwzględnieniem np. wieku zakładu (nowego lub istniejącego), rozmiaru zakładu (dużego lub małego), zainstalowanych środków oraz rodzaju lub jakości produktu
Kwestie ekonomiczne	Informacja dotycząca kosztów (inwestycyjnych i operacyjnych) oraz wszelkich możliwych oszczędności (np. obniżonego zużycia surowców lub energii, opłat za odpady) lub przychodów, włącznie z danymi na temat tego, w jaki sposób te koszty/oszczędności lub przychody zostały obliczone/oszacowane
Siła sprawcza wdrożenia	Lokalne warunki lub wymogi, które prowadzą do lub mogą stymulować wdrożenie. Informacje dotyczące powodów, innych niż związane ze środowiskiem, wdrożenia (np. zwiększenie wydajności i bezpieczeństwa)

Rozdział 1

Przykładowe zakłady	Odniesienie do zakładów, w których środki/techniki zostały zastosowane oraz z których informacje zostały pobrane i wykorzystane w opracowaniu ustępu
Materiały referencyjne	Literatura lub inne materiały (np. książki, raporty, opracowania, strony internetowe), które zostały wykorzystane do opracowania ustępu i które zawierają szczegółowe dane dotyczące środków/technik

Tabela 1.30: Poszczególne informacje dla każdego środka/techniki wymienionej w niniejszym ustępie

Koszty środków/technik redukujących muszą być oszacowane w odniesieniu do rodzaju wykorzystanego pieca cementowego, rozmiaru instalacji, skuteczności środków/technik oraz okoliczności indywidualnego zastosowania.

W tym kontekście, rozdział 1.4.8 zawiera przykłady danych dotyczących kosztów, np. kosztów inwestycji, konserwacji i kosztów operacyjnych dla różnych rodzajów środków/technik gazów spalinowych, jak w przypadku redukcji pyłu, nieorganicznych związków gazowych i organicznych związków gazowych.

1.4.1 Zużycie surowców

Opis oraz osiągnięte korzyści dla środowiska

Recykling i/lub ponowne wykorzystanie zebranego pyłu w procesie produkcji ogranicza całkowite zużycie surowców. Recykling może odbywać się bezpośrednio w piecu lub podajniku (zawartość metali alkaicznych stanowi czynnik ograniczający) lub poprzez wymieszanie z gotowymi produktami cementowymi.

Zużycie odpowiednich odpadów jako surowców może ograniczyć udział zasobów naturalnych, jednak zawsze powinno odbywać się pod warunkiem zadowalającej kontroli substancji wykorzystanych w piecu.

Skutki w mediach

Ochrona zasobów naturalnych.

Dzięki wykorzystaniu odpowiednich odpadów jako surowców, zależnie od ich charakterystyki, możliwe jest uzyskanie innego rodzaju emisji.

Koszty kontroli jakości odpadów oraz monitoringu mogą się zwiększyć.

Dane operacyjne

Patrz: rozdział 1.2.4.2.

Zastosowanie

Niniejszy środek, w zasadzie, ma zastosowanie w branży produkującej cement odnośnie kontroli jakości, zawartości lotnych substancji organicznych oraz metali ciężkich.

Kwestie ekonomiczne

Koszty surowców mogą zostać ograniczone.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Warunki lokalne.

Względy ekonomiczne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady cementowe w UE-27.

[168, TWG CLM, 2007]

1.4.2 Ograniczenie zużycia energii (wydajność energetyczna)

W tym kontekście, przydatne informacje znajdują się także w Dokumencie Referencyjnym w Zakresie Efektywności Energetycznej (ENE) [181, Komisja Europejska, 2008].

1.4.2.1 Redukcja zużycia energii cieplnej

Zużycie energii cieplnej może być ograniczone przy uwzględnieniu oraz wdrożeniu różnych środków/technik, takich jak wdrożenie środków/technik optymalizacji energii cieplnej w systemie pieców (patrz: rozdział 1.4.2.1.1.). Na zużycie energii w nowoczesnych piecach cementowych ma wpływ kilka czynników, takich jak właściwości surowców, np. zawartość wilgoci, możliwość spalania (patrz: rozdział 1.4.2.1.2.), zużycie paliwa dla określonych właściwości oraz różnych parametrów (patrz: rozdział 1.4.2.1.3.), a także wykorzystanie systemu obejścia dla gazu (patrz: rozdział 1.4.2.1.4.). Środki/techniki mogą być stosowane oddzielnie. Jednakże, wszystkie środki/techniki muszą być uwzględnione we wzajemnym kontekście.

Ponadto, wydajność produkcyjna pieca ma wpływ na zapotrzebowanie energetyczne.

1.4.2.1.1 Systemy pieców

Opis

Systemy pieców z wieloetapowymi (od czterech do sześciu etapów) podgrzewaczami cyklonowymi z integralnym kalcynatorem oraz trzeciorzędowym kanałem powietrznym są traktowane jako standardowa technika dla nowych zakładów i większych modernizacji. W niektórych przypadkach dotyczących surowców z wysoką zawartością wilgoci, wykorzystuje się trzypiętowe zakłady cyklonowe. W optymalnych okolicznościach, taka konfiguracja będzie wykorzystywała 2900-3300 MJ/tonę klinkieru.

Środki/techniki optymalizacji energii cieplnej mogą być wdrożone w różnych jednostkach zakładu, włącznie z:

- chłodnią:
 - instalacja nowoczesnej chłodni klinkierowej, np. stacjonarny ruszt wstępny
 - wykorzystanie płyt rusztu chłodni zapewniających większy opór przepływu w celu ujednoczenia dystrybucji powietrza chłodzącego
 - kontrolowana dostawa powietrza chłodzącego do poszczególnych odcinków rusztu
- piecem:
 - wysoka wydajność utylizacji
 - optymalny stosunek długości do średnicy
 - optymalna budowa pieca w odniesieniu do rodzaju paliwa, które jest wykorzystane
 - optymalne systemy opalania pieca
 - ujednoczone i stabilne warunki obsługi
 - optymalizacja kontroli procesu
 - trzeciorzędowy kanał powietrzny
 - bliskie stechiometrii, jednak utleniające warunki w piecu
 - wykorzystanie mineralizatorów
 - redukcja dostawania się powietrza do środka
- kalcynatorem:
 - spadek niskiego ciśnienia
 - jednolita dystrybucja gorących metali w podnośniku pieca
 - minimalne tworzenie się powłoki dzięki małemu krążeniu substancji zasadowych
 - obszerna wstępna kalcynacja surowej mączki

Rozdział 1

- podgrzewaczem:
 - spadek niskiego ciśnienia oraz wysoki stopień rekuperacji ciepła w cyklonach
 - wysoki stopień pobierania cyklonów
 - ujednoczona dystrybucja mączki w odcinkach krzyżowych przewodów gazowych
 - ujednoczona dystrybucja substancji stałych i strumieni gazu w podgrzewaczu z dwiema sieciami
 - etapy cyklonu (od trzech do sześciu cyklonów łącznie)
- przenoszeniem materiałów:
 - niska zawartość wilgoci surowców i paliw
 - łatwopalne paliwa o wysokiej wartości kalorycznej
 - homogenizowanie i podawanie (dokładne dozowanie) materiału podajnika pieca
 - homogenizowanie i podawanie paliw
- młynami:
 - złożona obsługa młynów

Korzyści osiągnięte dla środowiska

Redukcja zużycia energii cieplnej.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Wykorzystanie wymiany gazu/powietrza lub systemu gaszenia w długich piecach, a także obejścia gazowego w piecach podgrzewacza/kalcynatora zwiększa energię paliwa.

W przypadku wykorzystania chłodzenia płomieni, może być wymagane dodatkowe ciepło w celu odparowania wody, która zmniejsza wydajność energetyczną.

Mniejsza liczba cyklonów powoduje większe straty ciepła w momencie opuszczania podgrzewacza przez gazy spalinowe.

Dane operacyjne

W optymalnych warunkach krótkoterminowego testu wydajności (np. 36-godzinny test wydajności), zużycie energii cieplnej wynosi 2900-3300 MJ/tonę klinkieru. W związku z wydarzeniami stanowiącymi odstępstwo od regularnych warunków użytkowania (np. rozruchy i zakończenie pracy), roczne średnie wartości wynoszą około 160-320 MJ/tonę klinkieru więcej.

Jeżeli zakłady są odpowiednie i zostały stworzone specjalnie na potrzeby wykorzystania określonych rodzajów paliwa z odpadów, zużycie energii cieplnej może nadal wahać się pomiędzy 3120-3400 MJ/t klinkieru. Właściwości wykorzystanych paliw z odpadów, np. wartość kaloryczna, reaktywność, stopień zmielenia, mają wpływ na wydajność energetyczną (patrz: rozdziały 1.2.4.3 i 1.3.3.3) [92, Austria, 2006], [162, A TEC, 2006], [171, A TEC, 2007].

Wartości są obliczane i są ważne dla systemu pieców o wydajności 3000 t/d. Wydajność produkcji ma także wpływ na zapotrzebowanie energetyczne. Spalanie klinkieru w piecach o większej wydajności, np. 5000 t/d, oszczędza około 100 MJ/tonę klinkieru, podczas gdy zużycie energii przez mniejsze piece, np. wytwarzające 1500 t/d, wynosi do 200 MJ/tonę klinkieru więcej. Takie skutki następują głównie z powodu różnej utraty ciepła na ścianach na tonę wyprodukowanego klinkieru. Oszacowanie zużycia energii przez piec musi koniecznie uwzględniać takie skutki [84, CEMBUREAU, 2006].

Im więcej jest etapów podgrzewacza cyklonowego, tym większa będzie wydajność energetyczna procesu pieca. Najniższe zużycie energii można osiągnąć przy pięciu lub sześciu cyklonach (patrz: rozdział 1.3.3.1 oraz Tabela 1.17). Jednakże, liczba etapów cyklonu jest głównie określana przez zawartość wilgoci w surowcach (patrz także: rozdział 1.4.2.1.2).

Rozdział 1

Zastosowanie

Odpowiednia liczba etapów cyklonu jest określana przez przepustowość oraz zawartość wilgoci w surowcach i paliwach, które muszą być osuszone przez pozostałe ciepło z gazów, ponieważ lokalne przepisy dotyczące surowców znacznie różnią się między sobą odnośnie zawartości wilgoci lub zdolności spalania [76, Niemcy, 2006].

Kilka czynników może mieć wpływ na zużycie energii przez nowoczesne zakłady posiadające kalcynatory oraz podgrzewacze cyklonowe, np.:

- właściwości surowców, takie jak zawartość wilgoci lub zdolność spalania (patrz: rozdziały 1.2.2, 1.2.4.2 i 1.4.2.1.2)
- zużycie paliw o różnych właściwościach (patrz: rozdziały 1.2.3, 1.2.4 i 1.4.2.1.3)
- wykorzystanie systemu obejścia dla gazu (patrz: rozdziały 1.2.5.4.1 i 1.4.2.1.4)
- docelowa jakość klinkieru
- rozmiar oraz wydajność pieca.

Kwestie ekonomiczne

Zużycie energii (ciepłej i elektrycznej) zazwyczaj obejmuje 30-40% kosztów produkcji.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Warunki lokalne.

Koszty energii, a także handel emisjami prowadzą do wydajności energetycznej.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady cementowe w UE-27.

[9, CEMBUREAU, listopad 1997], [60, VDI 2094 Niemcy, 2003], [76, Niemcy, 2006], [81, Castle Cement Zjednoczone Królestwo, 2006], [84, CEMBUREAU, 2006], [86, EURITS, 2006], [92, Austria, 2006], [136, Komisja Europejska, 1993], [153, Castle Cement Zjednoczone Królestwo, 2007], [154, CEMEX Zjednoczone Królestwo, 2006], [162, A TEC, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [171, A TEC, 2007], [181, Komisja Europejska, 2008].

1.4.2.1.2 Właściwości surowców

Opis i korzyści osiągnięte dla środowiska

Oczekiwana przepustowość oraz zawartość wilgoci w surowcach mają wpływ na ogólną wydajność energetyczną. Parametry te określają odpowiednią liczbę etapów cyklonu, które mają zostać użyte, ponieważ materiały muszą być osuszone, najlepiej przez ciepło produkowane przez gazy (patrz: rozdziały 1.2.4.2, 1.3.3 i Tabela 1.17). Im wyższa zawartość wilgoci, tym wyższe będzie zapotrzebowanie na energię. Należy zwrócić uwagę na fakt, że wyższa liczba cyklonów powoduje mniejsze straty ciepła, które pozostawiają w podgrzewaczu gazy spalinowe.

Oddziaływanie na procesy i środowisko Niektóre paliwa zawierają dodatkowo mokre minerały wykorzystywane jako surowce, które są suszone w systemie pieca, co skutkuje wzrostem zużycia energii na tonę klinkieru.

Dane operacyjne

W przypadku zasilania pieca surowcami, które zawierają mniej niż 8,5% wilgoci, w nowoczesnym zakładzie cementowym suszenie może być przeprowadzone za pomocą gazu z cztero-, pięcio- lub sześćoetapowego podgrzewacza. Szósty etap cyklonu oszczędzi około 60 MJ/tonę klinkieru w porównaniu z pięcioetapowym podgrzewaczem, jeżeli istnieje zmniejszone zapotrzebowanie na energię osuszania.

Przy obliczeniach wyłącznie dla systemu podgrzewaczy pieca, podgrzewacz cyklonowy czteroetapowy zamiast pięcioetapowego wymaga w przybliżeniu 90 MJ/tonę klinkieru. Przy trzech etapach różnica w

Rozdział 1

zapotrzebowaniu energetycznym wzrasta o dodatkowe 250 MJ/tonę klinkieru. Trzy etapy cyklonu są używane wyłącznie w szczególnych przypadkach przy bardzo mokrych materiałach.

Jednakże, przy zawartości wilgoci w surowcach przekraczającej 8,5% oraz wynoszącej do 10-11%, preferuje się mniej etapów cyklonowych (np. cztery), aby ciepło mogło być wykorzystane w procesie suszenia (młyn surowców).

Zastosowanie

Ma zastosowanie, zasadniczo, w branży cementowej.

Kwestie ekonomiczne

Brak danych.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.
Warunki lokalne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady cementowe w UE-27.

[9, CEMBUREAU, listopad 1997], [60, VDI 2094 Niemcy, 2003], [76, Niemcy, 2006], [84, CEMBUREAU, 2006], [81, Castle Cement Zjednoczone Królestwo, 2006], [86, EURITS, 2006], [92, Austria, 2006], [136, Komisja Europejska, 1993], [137, Klein/Hoenig, 2006], [153, Castle Cement Zjednoczone Królestwo, 2007], [154, CEMEX Zjednoczone Królestwo, 2006], [168, TWG CLM, 2007].

1.4.2.1.3 Właściwości paliw

Opis

Cechy charakterystyczne wykorzystanych paliw, takie jak odpowiednia wartość kaloryczna, niska zawartość wilgoci, odpowiednia zawartość siarki, metali, związków halogenu i substancji lotnych, a także domieszka napowietrzająca mają pozytywny wpływ na określone zużycie energii w piecu.

Przygotowanie paliw kopalnych, takich jak węgiel lub węgiel brunatny częściowo lub całkowicie suszonych poza systemem pieców, nawet poza terenem zakładu cementowego, spowodowało wzrost wydajności energetycznej systemu pieców, ponieważ jest jednym z głównych czynników mających wpływ na zużycie energii. Węgiel brunatny, na przykład, może być pobrany przy zawartości wilgoci przekraczającej 50% oraz musi być suszony przed dostawą do zakładu cementowego. Ponadto, zużycie nadwyżki ciepła do osuszania paliw prowadzi do oszczędności w energii cieplnej. Zastąpienie paliw zawierających wyższe poziomy wilgoci paliwami osuszonymi spowoduje zmniejszenie zużycia energii na tonę klinkieru w systemie pieców.

Korzyści osiągnięte dla środowiska

Zwyczaj obsługiwanego kalcynatora z wykorzystaniem szerokiego zakresu paliw ma wpływ na wydajność energetyczną, począwszy od wysokiego stopnia reakcji, a skończywszy na skrajnie niskim braku reakcji. Wykorzystanie drobno zmielonego, suchego paliwa o odpowiedniej wartości kalorycznej w porównaniu z paliwem o niskiej reakcji lub grubo zmielonym prowadzi do wzrostu wydajności energetycznej.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Niektóre paliwa zawierają część mokrych minerałów wykorzystanych jako surowiec, które są suszone w systemie pieców, skutkując zwiększeniem określonego zużycia energii na tonę klinkieru. Wykorzystując odpady, zależnie od ich właściwości, można uzyskać inny rodzaj emisji.

Rozdział 1

Wysoki odsetek zastępowania paliw z odpadów włącznie z mniej reakcyjnymi lub grubo zmielonymi paliwami będzie miał znaczenie dla zwiększonej ilości paliwa, które będzie potrzebne dla osiągnięcia zapotrzebowania na energię cieplną (patrz: rozdziały 1.3.3, 1.3.3.3, 4.2.2.2 i Tabela 4.21).

Dodatkowa energia może zostać wykorzystana do osuszania paliw poza systemem pieców.

Dane operacyjne

Porównanie pomiędzy identycznymi systemami pieców opalonymi węglem kamiennym z jednej strony i węglem brunatnym z drugiej strony, przy czym oba stosują paliwa kopalne, wykazuje różnicę blisko 100 MJ/tonę klinkieru z powodu różnych wartości paliw.

Wykorzystanie drobno zmielonego węgla w porównaniu z wykorzystywaniem słabo reakcyjnego lub grubo zmielonego paliwa może obniżyć zapotrzebowanie energetyczne, np. o ponad 300 MJ/tonę klinkieru. Niskie zapotrzebowanie energetyczne może zostać osiągnięte (także w przypadku mniejszych zakładów) przy wykorzystaniu łatwopalnych paliw z niską zawartością wilgoci.

Jeżeli zakłady są odpowiednie i zostały stworzone specjalnie na potrzeby wykorzystania określonych rodzajów paliwa z odpadów, zużycie energii cieplnej może nadal wahać się pomiędzy 3120-3400 MJ/t klinkieru. Parametry i właściwości wykorzystanych paliw z odpadów, np. odpowiednia wartość kaloryczna, reakcyjność, stopień zmielenia, mają wpływ na wydajność energetyczną (patrz: rozdziały 1.2.4.3 i 1.3.3.3) [92, Austria, 2006], [162, A TEC, 2006], [171, A TEC, 2007]. Ponadto, zużycie energii o wartości 3473 kJ/kg zostało odnotowane dla pięcioetapowego pieca z kalcynatorem [81, Castle Cement Zjednoczone Królestwo, 2006], [168, TWG CLM, 2007].

Zastosowanie

Ma zastosowanie, zasadniczo, do wszystkich rodzajów pieców cementowych.

W przypadku określania mieszanki paliwowej, głównymi uwzględnianymi parametrami są lokalna dostępność paliw, możliwości techniczne oraz długoterminowa gwarancja dostawy.

Wykorzystując paliwa odpadowe, należy brać pod uwagę wartość kaloryczną takich paliw. Należy zwrócić uwagę, że wykorzystując paliwa o mniejszej wartości kalorycznej, spalana ilość paliw odpadowych musi być większa w porównaniu z paliwami kopalnymi w celu osiągnięcia zapotrzebowania na energię cieplną.

Kwestie ekonomiczne

Koszty różnych rodzajów paliw kopalnych i/lub paliw odpadowych oraz ich przygotowanie różnią się w znacznym stopniu.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Względy ekonomiczne.

Warunki lokalne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady cementowe w UE-27, w szczególności w Austrii i Zjednoczonym Królestwie.

[9, CEMBUREAU, listopad 1997], [60, VDI 2094 Niemcy, 2003], [76, Niemcy, 2006], [81, Castle Cement Zjednoczone Królestwo, 2006], [84, CEMBUREAU, 2006], [86, EURITS, 2006], [92, Austria, 2006], [136, Komisja Europejska, 1993], [153, Castle Cement Zjednoczone Królestwo, 2007], [154, CEMEX Zjednoczone Królestwo, 2006], [162, A TEC, 2006], [163, Castle Cement Zjednoczone Królestwo, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [171, A TEC, 2007].

1.4.2.1.4 System obejścia dla gazu

Opis i korzyści osiągnięte dla środowiska

Rozdział 1

Surowce i paliwa zawierające niskie stężenie chloru, siarki i substancji zasadowych mogą zminimalizować cykl wzbogacenia wynikający z wewnętrznego obiegu pomiędzy piecem a podgrzewaczem. Ponadto, tworzenie się osadu w okolicy wlotu pieca, kalcynatora oraz na dwóch początkowych odcinkach może zostać zminimalizowane z powodu wyższego stężenia. Ponieważ ujednolicona obsługa pieca z minimalną ilością zakłóceń stanowi podstawę do wydajnej pod względem energetycznym produkcji klinkieru, należy unikać zamknięcia produkcji wynikającego z gromadzenia się osadu. Wolny obieg zasad, chloru oraz, w mniejszym stopniu, siarki, może ograniczyć wykorzystanie obejścia dla gazu w okolicy wlotu pieca. Przy usuwaniu części gazu z procesu, uwalniany jest nie tylko chlor, siarka i zasady, ale także pozostałe substancje (patrz: rozdział 1.2.5.4.1).

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Usunięcie gorącego surowca i gorącego gazu prowadzi do wyższego określonego zużycia energii w wysokości około 6-12 MJ/tonę klinkieru w odniesieniu do odsetka gazu usuniętego z wylotu pieca. Dlatego zminimalizowanie zużycia obejścia dla gazu ma pozytywny wpływ na określone zużycie energii.

Dane operacyjne

Patrz: rozdział 1.3.3 dotyczący zużycia energii.

Zastosowanie

Ma zastosowanie, zasadniczo, w branży cementowej.

Kwestie ekonomiczne

Brak danych.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi techniki procesu.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady cementowe w UE-27.

[9, CEMBUREAU, listopad 1997], [60, VDI 2094 Niemcy, 2003], [76, Niemcy, 2006], [84, CEMBUREAU, 2006], [86, EURITS, 2006], [81, Castle Cement Zjednoczone Królestwo, 2006], [92, Austria, 2006], [136, Komisja Europejska, 1993], [153, Castle Cement Zjednoczone Królestwo, 2007], [154, CEMEX Zjednoczone Królestwo, 2006].

1.4.2.1.5 Redukcja zawartości klinkieru w produktach cementowych

Opis

Technika mająca na celu zredukowanie zużycia energii oraz poziomu emisji w branży cementowej, wyrażona w jednostkach masy produktu cementowego, obniża zawartość klinkieru w produktach cementowych. Może to być osiągnięte poprzez dodanie wypełniaczy i dodatków, na przykład piasku, żużlu, wapienia, popiołu lotnego i puzzolany na etapie mielenia.

Korzyści osiągnięte dla środowiska

Ograniczenie zużycia energii.

Ograniczenie emisji spalin.

Ochrona zasobów naturalnych.

Uniknięcie tworzenia składowisk odpadów.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Dodawanie wypełniaczy i dodatków do końcowego produktu w zakładach cementowych zapewnia kontrolę składowania i przenoszenia materiałów, a także kontrolę wymogów jakości w odniesieniu do gotowego cementu.

Rozdział 1

Dane operacyjne

W Europie, przeciętna zawartość klinkieru w cemencie wynosi 80-85%. Wielu producentów cementu pracuje nad technikami mającymi na celu dalsze obniżenie jego zawartości. Zgodnie z jedną ze zgłoszonych technik, 50% klinkieru zostaje wymienione przy utrzymaniu jakości/wydajności produktu oraz bez powiększania kosztów produkcji. Standardy cementu definiują niektóre rodzaje cementu jako posiadające mniej niż 20% klinkieru, przy czym jest to równoważone żużłem wielkopieczowym. Jednakże, rodzaje cementu z niską zawartością klinkieru nadają się wyłącznie do specjalnego użytku.

Zastosowanie

Ma zastosowanie, zasadniczo, w branży cementowej.

Kwestie ekonomiczne

Brak danych.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Względy ekonomiczne.

Dostępność odpowiednich odpadów.

Wymogi dotyczące specyfikacji technicznej oraz wydajności węgla.

Wymogi zgodne ze standardami dotyczącymi cementu.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady cementowe w UE-27.

[9, CEMBUREAU, listopad 1997], [168, TWG CLM, 2007].

1.4.2.2 Ograniczenie zużycia energii elektrycznej

Opis

Zużycie energii elektrycznej może być zminimalizowane poprzez zainstalowanie systemów zarządzających zasilaniem oraz użytkowanie wydajnego energetycznie sprzętu, takiego jak wysokociśnieniowe wały mielące do rozdrabniania klinkieru i napędy do wiatraków o różnej prędkości, a także, w niektórych przypadkach, poprzez wymianę starych młynów surowców na nowe (patrz: rozdział 1.3.3.2). Poprzez wykorzystanie udoskonalonych systemów monitorowania i ograniczenie nieszczelności powietrza w systemie, można także zoptymalizować elektryczność. Niektóre z technik redukcji wymienione w kolejnych ustępach będą także miały pozytywny wpływ na zużycie energii, na przykład, optymalizację kontroli procesu.

Korzyści osiągnięte dla środowiska

Redukcja i zminimalizowanie zużycia energii elektrycznej.

Ochrona zasobów naturalnych i ograniczenie emisji odpadów.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Brak kwestii.

Dane operacyjne

Porównanie najważniejszych cech charakterystycznych odnośnie techniki mielenia znajduje się w rozdziale 1.3.3 i Tabeli 1.19. W niektórych przypadkach, wykorzystanie energii elektrycznej zostało zminimalizowane poprzez zastąpienie starych młynów surowca nowymi alternatywami.

Zastosowanie

Ma zastosowanie, zasadniczo, we wszystkich piecach cementowych.

Kwestie ekonomiczne

W 2006 r., zużycie energii elektrycznej stanowiło 15-25% łącznych kosztów produkcji cementu (patrz: rozdział 1.3.3.2).

Rozdział 1

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Względy ekonomiczne, oszczędność kosztów.

Warunki lokalne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady cementowe w UE-27.

[76, Niemcy, 2006], [81, Castle Cement Zjednoczone Królestwo, 2006], [168, TWG CLM, 2007],

[181, Komisja Europejska, 2008], [182, TWG CLM, 2008].

1.4.2.3 Wybór procesu

Opis

Wybrany proces będzie miał wpływ na emisję wszystkich zanieczyszczeń, a także znaczący wpływ na zużycie energii, co wynika także z opracowania dotyczącego technologii energii w sektorze cementowym, przedstawionego przez Komisję Europejską w 1993. Zidentyfikowano serię usprawnień technicznych lub modyfikacji, włącznie z odpowiednimi potencjałami oszczędzającymi energię, np. modyfikacje procesu, usprawnienia procesu mielenia oraz przygotowania surowca, a także rozwój systemów zarządzających energią [136, Komisja Europejska, 1993].

Energia cieplna wymagana do osuszenia surowca oraz wstępnego podgrzania zależy głównie od zawartości wilgoci w surowcu, zgodnie z przykładami w rozdziale 1.3.3.1 oraz Tabeli 1.17. Im niższa zawartość wilgoci, tym mniejsze będzie zapotrzebowanie na energię.

W przypadku nowych zakładów oraz większych modernizacji, piec z procesem suchym z wieloetapowym podgrzewaczem oraz kalcynatorem jest uważany za nowoczesne rozwiązanie. Piece z procesem mokrym, używane w Europie, a także piece z procesami półsuchymi i pół-mokrymi, powinny zaadaptować suchy proces przy modernizacji [12, Holandia, 1997].

Korzyści osiągnięte dla środowiska

Redukcja zużycia energii.

Ochrona zasobów naturalnych i ograniczenie emisji odpadów.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Brak kwestii.

Dane operacyjne

W nowoczesnych zakładach cementowych, jeżeli wkład surowca posiada mniej niż 8,5% wilgoci, suszenie może zostać przeprowadzone za pomocą gazów z cztero- lub pięcioetapowego podgrzewacza i bez dodatkowego ciepła. Na przykład, strategia posiadania najbardziej wydajnego zakładu wymagała zamknięcia zakładów, które zużywały surowce bazujące na kredzie z wysoką zawartością wilgoci; kreda zawiera ponad 20% wilgoci.

W Zjednoczonym Królestwie (Zakłady Padeswood), dwa piece z mokrym procesem z łącznym wymaganiem ciepła w wysokości 5649 MJ/t klinkieru zostały zastąpione pojedynczym kalcynatorem. W porównaniu do tych dwóch pieców z mokrym procesem, w 2006 r. nowy suchy piec z kalcynatorem miał łączny wymóg ciepła o wartości 3473 MJ/t klinkieru, co dotyczy poprawy o około 2176 MJ/t klinkieru oraz ograniczenia w zapotrzebowaniu na energię o około 36%. Jednakże, taki wymóg dotyczący ciepła jest wyższy, niż można by oczekiwać od pieca pięcioetapowego z kalcynatorem, ponieważ węgiel organiczny, który jest obecny w odpadach wykorzystywanych jako surowce, pali się w górnych etapach cyklonu w wieży podgrzewacza, powodując wzrost temperatur w wieży. W ramach opracowania procesu, temperatury w wieży zostaną ograniczone, co zmniejszy ogólne zużycie ciepła do około 3150 MJ/t. Piec może zużywać do 100% paliwa z odpadów, jednak w

Rozdział 1

2008, wydajność wynosiła około 30% [81, Castle Cement Zjednoczone Królestwo, 2006], [163, Castle Cement Zjednoczone Królestwo, 2006], [182, TWG CLM, 2008].

Zastosowanie

Ma zastosowanie, zasadniczo, w branży cementowej w nowych instalacjach i większych modernizacjach.

Kwestie ekonomiczne

Zmiana procesów z mokrych na suche jest bardzo kosztowna i może wynieść do 100 milionów EUR.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.
Warunki lokalne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady Padeswood, Castle Cement Zjednoczone Królestwo.
[12, Holandia, 1997], [81, Castle Cement Zjednoczone Królestwo, 2006], [136, Komisja Europejska, 1993], [163, Castle Cement Zjednoczone Królestwo, 2007], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008].

1.4.2.4 Odzysk energii z pieców i chłodziń/kogeneracja

Opis

Zakłady kogeneracyjne wykorzystywane dla pary i elektryczności lub elektrownie są, na ogół, wykorzystywane w produkcji cementu. Jest to spowodowane jednoczesnym zapotrzebowaniem na ciepło i energię elektryczną, którego poszukiwano od dawna (patrz: rozdział 1.2.5.8). Obieg Rankine'a (ORC) oraz konwencjonalne procesy cyklu parowego są w użyciu. Ponadto, nadwyżka ciepła jest pozyskiwana z chłodziń klinkierowych lub gazów z pieca dla ogrzewania miejscowego.

Najważniejszą cechą zakładu kogeneracyjnego jest silnik napędzający; jednakże, wytwarzanie mocy z gazów o niskiej temperaturze jest stosowane w dwóch zakładach cementowych. Najbardziej powszechnym jest odzyskiwanie nadwyżki ciepła z chłodziń klinkieru oraz, w mniejszym stopniu, z gazów z pieca.

Korzyści osiągnięte dla środowiska

Odzyskanie nadwyżki ciepła z procesu oraz kogeneracja pary i energii elektrycznej włącznie ze zwiększoną niezależnością od kosztów energii i emisji CO₂.

Ochrona zasobów naturalnych i ograniczenie emisji.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Brak kwestii.

Dane operacyjne

Konwencjonalny proces cyklu parowego i Obieg Rankine'a (ORC)

W zakładzie cementowym Slite w Szwecji wykorzystuje się konwencjonalny proces cyklu parowego. Odzyskane ciepło wysyłane jest do istniejącej elektrowni przylegającej do zakładu cementowego, obsługiwanej przez osoby trzecie, która wykorzystuje turbinę parową, aby wytwarzać elektryczność. Para wytwarzana jest w dwuetapowym systemie kotłów odzyskujących ciepło, z których jeden znajduje się w chłodziń klinkieru, a drugi w dolnym przewodzie pieca. Zakład dostarcza energię o wartości 6 MW. Biorąc pod uwagę dane z 1999, koszty inwestycji wynosiły 8 milionów EUR dla systemu kotłów i dystrybucji pary, z czego 25% uzyskało dofinansowanie. Ponownie wykorzystana istniejąca turbina parowa miała znaczący wkład w ekonomię instalacji; jednakże, nie zarejestrowano żadnych kosztów. Roczna produkcja energii elektrycznej wynosi około 50 GWh, co równa się ¼ całkowitego zapotrzebowania zakładu. Szczegółowy opis znajduje się w rozdziale 4.2.3.1.

Rozdział 1

Obieg Rankine'a (ORC) jest wykorzystywany w zakładzie w Lengfurt w Niemczech w celu odzyskiwania ciepła z odpadów o niskiej temperaturze z chłodni klinkieru w celu wytwarzania ciepła. Technika ta jest w zasadzie oparta na wykorzystaniu środka organicznego (pentanu). Zgodnie z wynikami, w tym trybie można wyprodukować 1,1 MW energii elektrycznej. Osiągnięta dostępność wynosiła 97% czasu operacji pieca cementowego. Chłodnia klinkieru wytwarza ciepło z odpadów, odprowadzając powietrze, o wartości 14 MW oraz temperaturę gazu o wartości 300-350°C, z czego uzyskuje się średnio 9 MW. Technika ORC jest z powodzeniem stosowana w zakładzie cementowym w Lengfurt od 10 lat. Szczegółowy opis znajduje się w rozdziale 4.2.3.2.

Odzyskiwanie ciepła z chłodni klinkieru i gazów pieca na potrzeby ogrzewania

Nadwyżka ciepła może być także odzyskana z chłodni klinkieru na potrzeby zasilania w wodę. W większości przypadków, kocioł znajduje się po czystej stronie gazowej filtra, a pochłaniaczem pyłu musi być w takich przypadkach ESP. W innym przypadku, mocny i odporny na zarysowania kocioł grzewczy na odpady będzie potrzebny, jeżeli w kotłowni zostanie zainstalowany filtr materiałowy jako urządzenie pochłaniające pył. Zakłady posiadające systemy z gorącą wodą odzyskujące ciepło obejmują między innymi Burglengenfeld w Niemczech i Büyükkçekmece oraz Canakkale, oba w Turcji.

Szwedzki zakład cementowy w Skövde posiada kocioł odzyskujący ciepło, umieszczony w dolnym przewodzie gazowym pieca. Podobnie jak w zakładzie cementowym w Slite, odzyskanie ciepła jest mniejsze niż zakładano i wynosi 1,2 MW zamiast spodziewanego 2,5 MW. Sytuacja jest podobna do tej w Slite: właściwości typowego pyłu w wieży podgrzewacza uniemożliwiają skuteczną wymianę ciepła. Stanowi to problem i wyzwanie w odniesieniu do wykorzystania gazów z podgrzewacza jako źródła ciepła, w zakresie technicznym i ekonomicznym.

Zastosowanie

Ma zastosowanie, zasadniczo, we wszystkich piecach cementowych, jeżeli dostępna jest wystarczająca nadwyżka ciepła i mogą zostać spełnione odpowiednie parametry procesu. Należy rozważyć lokalne warunki i aspekty kosztów.

Kwestie ekonomiczne

Duża elektrownia kosztuje średnio w przybliżeniu od 0,8 miliona EUR do 1,2 miliona na MW zainstalowanej wytwarzanej mocy. Zakład Lengfurt w Niemczech (Obieg Rankine'a (ORC)) posiada czynnik większy od tego o około 3,3. Zakład ORC w Lengfurt z 1 MW jest mały; jednakże, jest ekonomicznie samowystarczalny ze względu na częściowe dofinansowanie od rządu niemieckiego.

Sytuacja wygląda podobnie w zakładzie cementowym w Slite (konwencjonalny proces cyklu parowego), gdzie generator turbiny parowej posiada 25% dofinansowania, a niezbędny i drogi sprzęt jest dostępny. Biorąc pod uwagę tylko dochody z operacji, uzasadnienie pełnej inwestycji w kocioł parowy i system zasilania jest trudne.

Dzięki nowym skutecznym wieżom podgrzewacza oraz wykorzystaniu chłodni klinkieru, niewykorzystana nadwyżka ciepła zostanie ograniczona, a skala ekonomii dotyczącej kogeneracji może być niekorzystna, zwłaszcza jeżeli do procesu suszenia materiału potrzebna jest większość ciepła. Odzyskiwanie nadwyżki ciepła z pieca i chłodni klinkieru dla wytwarzania mocy może być analizowane zależnie od przypadku. Opłacalność ekonomiczna zależy także od lokalnych cen energii elektrycznej oraz rozmiaru zakładu.

Oprócz odzyskiwania ciepła dla ogrzewania, zwłaszcza z pieca i chłodni klinkieru, odzyskiwanie ciepła stanie się wykonalne, jeżeli:

- określona ilość nadwyżki ciepła będzie dostępna
- odzyskane ciepło będzie zatrzymane dzięki ogrzewaniu
- ogrzewanie istnieje lub jest finansowane i obsługiwane przez partnera

Rozdział 1

- generator wytwarza prąd, który może być zużyty w zakładzie lub zasilać miejscową sieć

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne, np. Dyrektywa Kogeneracyjna [94, Unia Europejska, 2004].

Redukcja kosztów.

Ochrona zasobów naturalnych.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Oprócz dwóch zakładów kogeneracyjnych wytwarzających ciepło z odpadów wymienionych powyżej (zakłady cementowe w Szwecji i w Niemczech), istnieją także inne zakłady, takie jak Alpena (40 MW) w Michigan w USA, Halla (10,6 MW) w Korei, Tagada i Kanda w Japonii [133, CEMBUREAU/Federhen, 2007].

[76, Niemcy, 2006], [78, E. Baatz + G. Heidt, 2000], [79, Niemcy, 2001], [94, Unia Europejska, 2004], [168, TWG CLM, 2007], [181, Komisja Europejska, 2008].

1.4.3 Techniki ogólne

1.4.3.1 Optymalizacja kontroli procesu

Opis

Optymalizacja procesu spalania klinkieru ma zazwyczaj na celu ograniczenie zużycia ciepła, poprawienie jakości klinkieru oraz zwiększenie żywotności wyposażenia (na przykład powierzchni w fabryce) poprzez stabilizację parametrów procesu. Redukcja emisji, takich jak NO_x i SO_2 oraz pyłu, to efekty uboczne takiej optymalizacji. Łatwa i stabilna obsługa pieca, bliska założeniom projektowym dla parametrów procesu jest korzystna dla wszystkich emisji pieców. Optymalizacja obejmuje takie środki/techniki jak homogenizacja surowców, zapewnienie jednolitego dozowania węgla oraz usprawnienie działania chłodni. Aby zagwarantować, że prędkość zasilania paliwem stałym jest stała z minimalnymi szczytami, konieczne jest posiadanie dobrych projektów zsyków, pasów transmisyjnych oraz podajników, takich jak nowoczesny grawimetryczny system zasilania paliwem stałym.

Redukcja NO_x jest spowodowana ograniczeniem temperatury płomieni i spalania oraz ograniczonym zużyciem paliwa, a także strefami ograniczającymi atmosferę w systemie pieców (patrz także: rozdział 1.4.5.1.6). Kontrola zawartości tlenu (zbędne powietrze) jest najważniejsza dla kontroli NO_x . Ogólnie rzecz biorąc, im niższa zawartość tlenu (zbędne powietrze) na przykład w tylnej części pieca cementowego, tym mniej NO_x powstaje. Jednakże, należy to zrównoważyć względem wzrostu CO i SO_2 przy niższym poziomie tlenu [37, Zjednoczone Królestwo, 1996].

Efekt optymalizacji procesów dotyczących emisji SO_2 jest znaczący dla długich mokrych i suchych pieców oraz marginalny dla pieców z podgrzewaczem. Redukcja SO_2 jest spowodowana CaO powstającym w procesie kalcynowania, zmniejszeniem lotności SO_2 przy niższych temperaturach płomieni i spalania oraz nasyceniem tlenem atmosfery w piecu, włącznie ze stabilną obsługą pieca [9, CEMBUREAU, listopad 1997].

Unikanie rozstrojenia pieca i wydostania się CO przy zastosowaniu ESP obniża emisję pyłu, a tym samym redukuje emisję jakichkolwiek substancji wchłanianych przez pył, na przykład metali. Nowoczesne systemy kontroli posiadające szybsze sprzęty pomiarowe i kontrolne pozwalają na wyższe kryteria wyłączenia i tym samym ograniczają przypadki wydostania się CO (patrz także: rozdziały 1.3.4.1.1, 1.4.5.3 i 4.2.6).

Kilku dostawców sprzętu do cementu opracowało automatyczne systemy kontroli oparte zazwyczaj o kontrolę spalania dzięki monitorowaniu poziomów NO_x [37, Zjednoczone Królestwo, 1996].

Monitorowanie i pomiar parametrów procesu i emisji stanowią nieodłączną część optymalizacji kontroli procesu oraz osiągania stabilizacji procesów pieca.

Rozdział 1

Korzyści osiągnięte dla środowiska

Redukcja temperatury płomieni i spalania powoduje redukcję emisji NO_x. Ponadto, można obniżyć zużycie paliwa. Emisja pyłu jest ograniczana poprzez unikanie rozstrojenia pieca i wydostania się CO przy zastosowaniu ESP.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Redukcja emisji i zużycia paliwa

Dane operacyjne

Zależnie od początkowych poziomów emisji NO_x, redukcja NO_x do 30% i SO₂ do 50% jest znacząca dla długich mokrych i suchych pieców oraz marginalna dla pieców z podgrzewaczem [9, CEMBUREAU, listopad 1997].

Zastosowanie

Optymalizacja kontroli procesu ma zastosowanie we wszystkich piecach i może obejmować wiele elementów, począwszy od instrukcji/szkolenia operatorów pieców, a skończywszy na instalacji nowego sprzętu, takiego jak systemy dozowania, silos homogenizacyjny, podstawy mieszające czy nowe chłodnie klinkieru. Efekt optymalizacji kontroli procesu emisji SO₂ jest znaczący dla długich mokrych i suchych pieców oraz marginalny dla pieców z podgrzewaczem.

Dzięki ESP, zarządzanie wydostawaniem się CO ma zastosowanie w branży cementowej (patrz: rozdział 1.4.5.3).

Kwestie ekonomiczne

Koszty środków/technik optymalizacji kontroli procesu znacząco się różnią i mogą wynosić do 5 milionów EUR.

Inwestycja wymagana dla opracowanych automatycznych systemów kontroli opartych zwykle na kontrolowaniu spalania i monitorowaniu poziomów NO_x, tzn. obejmująca skomputeryzowany system kontroli najwyższego poziomu, wynosi około 300.000 EUR, przy czym może być konieczna dodatkowa inwestycja w celu zainstalowania w zakładzie wymaganych systemów pomiaru i dozowania.

Podstawowym celem optymalizacji pieca jest obniżenie kosztów obsługi, zwiększenie wydajności i poprawa jakości produktu. Koszt operacyjny zoptymalizowanego pieca jest zazwyczaj obniżony w porównaniu ze stanem nieoptymalizowanym. Oszczędności wynikają z obniżonego zużycia paliwa i materiałów ogniotrwałych, niższych kosztów utrzymania i między innymi wyższej wydajności.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.
Warunki lokalne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady cementowe w UE-27.
[9, CEMBUREAU, listopad 1997], [37, Zjednoczone Królestwo, 1996], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008].

1.4.3.2 Wybór paliwa i surowców

Opis

Uważny wybór i kontrola substancji dostarczanych do pieca może obniżyć poziom emisji. Na przykład, ograniczenie zawartości siarki zarówno surowców, jak i paliw, może obniżyć emisję SO₂. Powyższe jest także ważne dla surowców i paliw zawierających inne substancje, na przykład wodór, metale, związki organiczne, HCl, HF. Istnieje jednakże kilka różnic pomiędzy różnymi systemami pieców i stanowiskami podajnika. Na przykład, siarka jako paliwo nie stanowi problemu dla suchego

Rozdział 1

podgrzewacza i systemów pieca kalcynatora, a wszystkie związki organiczne w paliwach dostarczanych przez główny palnik zostaną całkowicie zniszczone.

Ograniczenie zawartości chloru dostarczanych materiałów zmniejsza tworzenie się chlorków zasadowych (oraz pozostałych chlorków metali), które mogą doprowadzić do tworzenia osadu i zaburzenia warunków pieca i w związku z tym zmniejszy wydajność odpylaczy elektrostatycznych, co z kolei spowoduje zwiększenie emisji pyłu. Materiały z wysoką zawartością substancji zasadowych mogą także wymagać odprowadzenia części pyłu zamiast przetworzenia go w systemie pieców, w celu uniknięcia zawartości substancji zasadowych w produkcie końcowym. W takim przypadku, wykorzystanie materiałów o niskiej zawartości substancji zasadowych może umożliwić przywrócenie pyłu do procesu, tym samym obniżając odpady wytworzone w procesie.

Różne rodzaje odpadów mogą zastąpić konwencjonalne paliwa i surowce. Jednakże, uważna kontrola jakości określonych cech charakterystycznych i parametrów takich odpadów jest konieczna (patrz: rozdziały 1.2.4 i 1.2.4.3.2). Odpady wykorzystane w charakterze paliwa i wybrane pod względem odpowiedniej wartości kalorycznej oraz reakcyjności, a także niskiej zawartości wilgoci i zanieczyszczeń mogą przyczynić się do ochrony paliw kopalnych (patrz: rozdziały 1.3.3 i 1.4.3.3). Odpady wykorzystywane w charakterze surowców, które zawierają VOC, związki chlorowcoorganiczne oraz rtęć mogą być w szczególności problematyczne w odniesieniu do emisji. Należy unikać dostarczania do systemu pieca materiałów zawierających dużą ilość metali lotnych (patrz: rozdziały 1.3.4.7, 1.3.4.7.1 i 1.4.7). Zawartość rtęci w materiałach powinna być ograniczona do minimum, przy czym konieczne może być ograniczenie dostarczania rtęci do systemu pieców (patrz: rozdział 1.3.4.13). W tym kontekście, rozdział 4.2.2.1.1 zawiera także przykłady zakresu stężenia dla substancji w odpadach. Odpady zawierające VOC/związki chlorowcoorganiczne mogą być wykorzystane tylko jeżeli komponenty lotne mogą być rozłożone w wysokiej temperaturze łącznie z wystarczającym czasem pobytu. W przypadku wykorzystania odpadów wymagane jest systematyczne monitorowanie.

Korzyści osiągnięte dla środowiska

Uważny dobór paliw oraz surowców może ograniczyć dodawanie substancji, które mogą powodować emisje. Wykorzystanie paliw z odpadów pomaga chronić paliwa kopalne, co dodatkowo ogranicza tworzenie wysypisk odpadów.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Wszelkie rodzaje paliw i surowców, łącznie z odpadami, mogą mieć wpływ na emisje (zwłaszcza powstające z metali lotnych, takich jak rtęć).

Dane operacyjne

Brak danych.

Zastosowanie

Środki/techniki mogą, zasadniczo, być zastosowane w przemyśle cementowym. Wykorzystanie odpowiednich odpadów ma zastosowanie w przypadku całkowitego spalania materii organicznej, a kontrola dodawania odpadów i kontrola emisji gwarantuje niski poziom emisji, np. metali i dioksyn.

Kwestie ekonomiczne

Brak danych.

Sila sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.
Warunki lokalne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady cementowe w UE-27.
[74, CEMBUREAU, 2006], [76, Niemcy, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008].

1.4.3.3 Wykorzystanie odpadów w charakterze paliwa

Opis

Wybrane odpady o odpowiedniej wartości kalorycznej (netto) (patrz: rozdział 1.3.3.3 i Tabela 1.20) mogą być wykorzystane jako paliwo w piecach cementowych, zastępując konwencjonalne paliwa kopalne, takie jak węgiel, jeżeli będą spełniać określone specyfikacje oraz cechy (patrz: rozdziały 1.2.4.1 i 1.2.4.3). Często mogą być wykorzystane tylko po określonej obróbce wstępnej w celu stworzenia paliw dostosowanych do procesu spalania klinkieru (patrz: rozdział 1.2.4.3.2). Różne kryteria odgrywają decydującą rolę w wyborze paliw z odpadów, ponieważ mają one wpływ na obsługę pieca i emisje, a są to:

- kryteria fizyczne, np. wnikanie powietrza
- kryteria chemiczne, np. zawartość chloru, siarki, zasad i fosforanów, reakcyjność oraz zawartość metali lotnych.

Aby zagwarantować cechy charakterystyczne paliw z odpadów, wymagany jest system zapewnienia jakości. W szczególności, obejmuje to postanowienia dotyczące pobierania i przygotowania próbek, analizy oraz monitorowania zewnętrznego. Szczegółowe informacje znajdują się w specyfikacji technicznej Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego, takich jak CEN/TC 343 „Paliwa wytwarzane z odpadów”. W tym kontekście, rozdział 4.2.2.1.1 zawiera także przykłady zakresów stężeń substancji w odpadach.

Zależnie od rodzaju wykorzystanych odpadów oraz ich cech, należy rozważyć moment, w którym odpady dodawane są do pieca (patrz: rozdział 1.2.5.1), ponieważ sposób dodawania odpadów do pieca może mieć wpływ na emisję. Ogólnie, wyższe temperatury spalania zachodzą przy paliwach dodawanych do głównego palnika. Dla wszystkich momentów podawania, temperatury oraz czas osadzania zależą od budowy i obsługi pieca (patrz: rozdział 1.2.4.1). W celu spełnienia wymogów Dyrektywy w sprawie spalania odpadów (WID), gazy procesu muszą utrzymywać temperaturę 850°C przez dwie sekundy (patrz: rozdziały 1.2.4.3.2 i 1.3.4.5). W przypadku wykorzystywania odpadów o zawartości chloru przekraczającej 1%, warunki obsługi muszą wynosić 1100°C przez dwie sekundy osadzania.

W celu kontrolowania emisji, można zainstalować dodatkowy sprzęt ochrony środowiska. Aby zachować normy dotyczące środowiska, bezpieczeństwa i jakości, potrzebne są specjalne środki/techniki kontroli i procesów.

W przypadku użycia odpadów niebezpiecznych (odpadów płynnych), należy uwzględnić zarządzanie bezpieczeństwem w przypadku obsługi, np. składowania i podawania (patrz: rozdział 1.2.4.3.3). Ponadto, zarządzanie bezpieczeństwem w przypadku materiałów z potencjalnym samozapłonem powinno być uwzględnione w przypadku wykorzystania odpadów pozyskiwanych z odpadów poddanych wstępnej obróbce i sortowanych.

Korzyści osiągnięte dla środowiska

Wybór paliw z odpadów jest podyktowany wieloma powiązaniem ze sobą względami, włącznie z przestrzeganiem głównych punktów:

- redukcją emisji, np. paliw kopalnych CO₂ i NO_x
- redukcją wykorzystania zasobów naturalnych, np. paliw kopalnych i surowców

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Cechy charakterystyczne oraz różne rodzaje paliw z odpadów, takie jak wilgoć, wartość kaloryczna, mogą mieć wpływ na określone zużycie energii na tonę klinkieru, np. niska wartość kaloryczna (netto) oraz wysoka zawartość wilgoci mogą spowodować zwiększenie zużycia energii na tonę klinkieru. Aby

Rozdział 1

osiągnąć takie samo zapotrzebowanie na energię, ilość wykorzystanych paliw z odpadów o mniejszej wartości kalorycznej będzie większa w porównaniu z konwencjonalnymi paliwami.

Zależnie od cech charakterystycznych, np. wysokiego stężenia metali lotnych, paliwa z odpadów mogą mieć wpływ na emisje. Można to kontrolować i zmniejszyć w drodze odpowiedniej kontroli wsadu.

Dane operacyjne

Przy zmianie używanej mieszanki paliw, określone zużycie energii na tonę klinkieru może różnić się z wielu powodów, zależnie od rodzaju paliwa oraz wartości kalorycznej wykorzystanych paliw. Zgodnie z bibliografią, (średnia) wartość kaloryczna (netto) paliw kopalnych wynosi np. 26-30 MJ/kg dla typowego węgla, 40-42 MJ/kg dla typowego oleju napędowego, a tworzywo sztuczne posiada wartość kaloryczną od 17 do 40 MJ/kg. Należy zauważyć, że w przypadku tych paliw wartość kaloryczna znacząco się różni i wynosi do 40 MJ/kg. Wartość kaloryczna mączki zwierzęcej (mączki z padliny) wykorzystana w piecach cementowych waha się od 14 do 22 MJ/kg.

Zastosowanie

Środki/techniki mogą, zasadniczo, być zastosowane w przemyśle cementowym, pod warunkiem, że spalanie materii organicznej jest całkowite. Kontrola dodawania odpadów, a także kontrola emisji gwarantuje niski poziom emisji, np. metali i PCDD/F.

Kwestie ekonomiczne

W porównaniu z wykorzystaniem paliw kopalnych, wykorzystanie paliw odpadowych może zmniejszyć koszty obsługi. Zużycie energii stanowi zazwyczaj 30-40% kosztów produkcji. Koszty paliwa, w związku z tym, stanowią istotną część kosztów wytwarzania cementu. Paliwa z odpadów mogą być tańsze niż konwencjonalne paliwa kopalne, jednak koszty mogą się różnić w zależności od rodzaju paliwa z odpadów i warunków lokalnych. Jednakże, paliwa z odpadów mogą być często poddane wstępnej obróbce i być wystarczająco homogeniczne do wykorzystania w piecu cementowym, co może powodować dodatkowe koszty. Ponadto, mogą wystąpić dodatkowe koszty monitorowania i analizy.

Siła sprawcza wdrożenia

Względy ekonomiczne.
Redukcja kosztów paliwa.
Warunki lokalne.
Dostępność zasobów.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady cementowe w UE-27.

[59, Unia Europejska, 2000], [60, VDI 2094 Niemcy, 2003], [74, CEMBUREAU, 2006], [76, Niemcy, 2006], [92, Austria, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008].

1.4.4 Emisje pyłu (cząstek stałych)

W niniejszym rozdziale opisane zostały środki/techniki zapobiegające kanałowemu (patrz: rozdziały 1.3.4.1.1 i 1.3.4.1.2) oraz rozproszonym (patrz: rozdział 1.3.4.1.3) emisjom pyłu. W tym kontekście, dodatkowe informacje znajdują się także w BREF dot. emisji ze składowania i w BREF dot. systemów oczyszczania/zarządzania ściekami i odpadami gazowymi w sektorze chemicznym [95, Szwecja, 2006], [96, Komisja Europejska, 2006].

1.4.4.1 Środki/techniki operacji wytwarzających pył

Opis

Źródła emisji pyłu powstają głównie w związku ze składowaniem i przenoszeniem surowców, paliw i klinkieru, a także w związku z ruchem pojazdów używanych w zakładzie. Prosty i liniowy układ

Rozdział 1

zakładu zminimalizuje możliwe źródła rozprzestrzeniania się pyłu. Właściwe i kompletne utrzymanie instalacji zawsze ma bezpośredni wpływ na ograniczenie rozproszonego pyłu poprzez zmniejszenie wydostawania się powietrza i przecieków. Wykorzystanie automatycznych urządzeń oraz systemów kontroli także pomaga ograniczyć rozproszony pył, a także zapewnia ciągłą pracę bez problemów.

W niniejszym rozdziale wymieniono kilka różnych środków/technik, które mogą być stosowane pojedynczo lub w połączeniu (patrz: 1.3.4.1) i mają na celu redukcję rozproszonego pyłu:

- zamykanie/otaczanie działań pyłących, takich jak mielenie, odsiewanie i mieszanie
- przykrywanie przenośników lub dźwigów, które zostały zbudowane jako systemy zamknięte, jeżeli istnieje prawdopodobieństwo wydostania się rozproszonego pyłu z materiału pyłącego
- ograniczenie nieszczelności i miejsc wycieków, kompletność instalacji
- używanie automatycznych urządzeń i systemów kontroli
- zapewnienie bezproblemowej pracy
- przenośne i stacjonarne odkurzanie w celu właściwego i kompletnego utrzymania instalacji:
 - w trakcie konserwacji lub w przypadkach problemów z systemami przenośników, może wystąpić rozlanie materiału. Aby zapobiec tworzeniu się rozproszonego pyłu w trakcie działań usuwania, należy użyć systemu odkurzaczy. Nowe budynki można łatwo wyposażyć w stacjonarne systemy odkurzaczy, a istniejące budynki są zazwyczaj lepiej wyposażone w systemy przenośne i elastyczne połączenia
 - w określonych przypadkach, proces obiegu można zastąpić pneumatycznymi systemami przenoszenia
- wentylacja i gromadzenie się w filtrach materiałowych:
 - jeżeli jest to możliwe, przenoszenie materiałów powinno być przeprowadzane w systemach zamkniętych o ciśnieniu ujemnym. Powietrze odprowadzane w tym celu jest następnie oczyszczane z pyłu za pomocą filtrów materiałowych przed jego emisją do atmosfery
- używanie zamkniętych magazynów z automatycznym systemem przenoszenia:
 - silosy z klinkierem oraz zamknięte w pełni zautomatyzowane miejsca składowania surowców są uważane za najskuteczniejsze rozwiązanie kwestii rozproszonego pyłu wytwarzanego przez składy o dużej objętości. Takie rodzaje magazynów są wyposażone w jeden lub kilka filtrów materiałowych w celu zapobiegania tworzeniu się pyłu podczas załadunku i rozładunku
 - wykorzystywanie silosów o odpowiedniej pojemności, wskaźników poziomu z odciętymi wyłącznikami i filtrami w celu kontrolowania zapyłonego powietrza podczas napełniania
- używanie elastycznych rur do napełniania w procesach wysyłki i ładowania, wyposażonych w system odprowadzania pyłu do ładowania cementu, które są skierowane na podłogę ciężarówki.

Korzyści osiągnięte dla środowiska

Redukcja emisji rozproszonego pyłu.

Możliwa jest także redukcja hałasu dzięki odgradzeniu urządzeń.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Wzrost zużycia energii spowodowany wykorzystaniem systemów odkurzania.

W przypadku wykonywania przeglądów mogą tworzyć się dodatkowe odpady.

Dane operacyjne

Zależnie od danego środka/techniki związanej z pojedynczym przypadkiem.

Zastosowanie

Środki/techniki mogą, zasadniczo, być zastosowane w przemyśle cementowym.

Rozdział 1

Kwestie ekonomiczne

Zależnie od danego środka/techniki związanej z pojedynczym przypadkiem.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Warunki lokalne.

Wymogi BHP miejsca pracy.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady cementowe w UE-27.

[76, Niemcy, 2007], [168, TWG CLM, 2007].

1.4.4.2 Środki/techniki obszarów masowego składowania i zapasów

Opis i korzyści osiągnięte dla środowiska

W celu ograniczenia emisji do atmosfery rozproszonego pyłu w powierzchniach magazynowych pylących surowców mineralnych lub paliw, takie zapasy lub obszary masowego składowania mogą zostać przykryte lub otoczone siatką, ścianami lub ogrodzeniem składającym się z pionowej zieleni (sztucznych lub naturalnych barier dla wiatru w celu ochrony odsłoniętych zapasów przed wiatrem).

Niektóre środki/techniki ograniczające rozproszony pył są następujące:

- ochrona odsłoniętego stosu przed wiatrem:
 - należy unikać tworzenia stosów materiałów pylących na zewnątrz, jednak jeżeli takie już istnieją, możliwe jest ograniczenie rozproszonego pyłu przez wykorzystanie właściwie zaprojektowanych barier dla wiatru
- strumień wody i substancje chemiczne tłumiące zapylenie:
 - jeżeli źródło rozproszonego pyłu zostanie właściwie zlokalizowane, można zainstalować system natryskowy. Nawilżanie cząsteczek pyłu sprzyja jego scalaniu i umożliwia jego osiadanie. Dostępny jest także szeroki wybór środków mających na celu poprawę ogólnej skuteczności strumienia wody.
- brukowanie, moczenie nawierzchni i gospodarowanie:
 - obszary wykorzystywane przez ciężarówki powinny być wybrukowane, jeżeli jest to możliwe, a powierzchnia powinna być utrzymywana w czystości. Moczenie nawierzchni może ograniczyć emisję rozproszonego pyłu, zwłaszcza przy suchej pogodzie. Mogą być one także czyszczone przez zmiatarki drogowe. Dobre praktyki gospodarowania powinny być stosowane w celu ograniczania emisji rozproszonego pyłu do minimum.
- nawilżanie zapasów:
 - można ograniczyć emisję rozproszonego pyłu ze stosów, wykorzystując wystarczające nawilżanie punktów ładowania i rozładowania oraz pasy transmisyjne z dostosowaną wysokością.

Jeżeli nie można uniknąć emisji rozproszonego pyłu w punktach ładowania i rozładowania powierzchni magazynowych, można je ograniczyć, dopasowując wysokość rozładowania do różnej wysokości stosu, jeżeli to możliwe, automatycznie, lub ograniczając prędkość wyładowania.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Zwiększa się zużycie wody podczas utrzymywania nawilżania miejsc.

Zwiększa się zużycie energii spowodowane korzystaniem z systemów odkurzaczy oraz systemów natryskowych.

W przypadku wykonywania przeglądów mogą tworzyć się dodatkowe odpady.

Dane operacyjne

Zależnie od danego środka/techniki związanej z pojedynczym przypadkiem.

Rozdział 1

Zastosowanie

Środki/techniki mogą, zasadniczo, być zastosowane w przemyśle cementowym.

Kwestie ekonomiczne

Zależnie od danego środka/techniki związanej z pojedynczym przypadkiem.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Warunki lokalne.

Wymogi BHP miejsca pracy.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady cementowe w UE-27, zakład Gador w Hiszpanii.

[9, CEMBUREAU, listopad 1997], [45, Schorcht, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008].

1.4.4.3 Redukcja skanalizowanych emisji pyłu

Istnieją różne źródła emisji pyłu w zakładach cementowych. Są to systemy pieców, chłodnie klinkieru oraz młyny surowców, cementu i węgla, a także procesy uzupełniające. Większa część drobnego pyłu (PM_{10} , $PM_{2,5}$) może być ograniczona poprzez zmniejszenie łącznej ilości pyłu oraz wykorzystanie wysoko wydajnych systemów odpylających. W tym celu w zakładach wykorzystywano w przeszłości różne urządzenia odpylające, jednak w 2007 r. główne suche systemy filtrujące gazy spalinowe wykorzystywane do ograniczenia pyłu składają się z filtrów materiałowych, odpylaczy elektrostatycznych (ESP) lub połączenia tych dwóch, tak zwanych filtrów hybrydowych. W niektórych przypadkach, odnotowano wykorzystanie filtrów lamelowych; jednakże, nie w przypadku pieców cementowych. Przykłady rodzajów systemów ESP, filtrów materiałowych oraz ilości pyłu w filtrach i odprowadzania pyłu znajdują się w Tabeli 1.24. Emisje rozproszonego pyłu powstałe przy przenoszeniu i składowaniu materiałów, a także przy rozdrabnianiu i mieleniu surowców i paliw mają także znaczenie (patrz: rozdziały 1.4.4.1 i 1.4.4.2). Tabela 1.31 zawiera podsumowanie danych operacyjnych, które zostały wymienione w treści niniejszego rozdziału. Tabela zawiera przegląd danych i powinna być czytana w połączeniu z odpowiednimi rozdziałami oraz paragrafami poniżej.

ESP i filtry materiałowe posiadają zalety i wady. Oba są bardzo skuteczne w usuwaniu pyłu podczas zwykłej pracy. W szczególnych warunkach, takich jak wysokie stężenie CO, rozruch i zamknięcie pieca lub przełączenie się z pracy złożonej (włączony młyn surowców) na pracę bezpośrednią (wyłączony młyn surowców), skuteczność ESP może być znacznie ograniczona, podczas gdy wydajność filtrów materiałowych mniej. Jednakże, przy wykorzystaniu ESP, skutki uwalniania się CO mogą być ograniczone zgodnie z rozdziałem 4.2.6. ESP oraz filtry materiałowe posiadają ogólną wydajność zatrzymywania cząstek przekraczającą 99%, zależnie od rodzaju cząstek. Oba rodzaje systemów filtrów muszą być właściwie (okresowo) konserwowane w celu utrzymania odpowiedniej wydajności. Zależnie od temperatury gazów, należy używać różnych rodzajów filtrów. Wadą filtrów materiałowych jest fakt, że zużyte torebki filtrów stanowią odpady i muszą zostać zutylizowane zgodnie z przepisami krajowymi [9, CEMBUREAU, listopad 1997], [103, CEMBUREAU, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008].

Środek/technika	Zastosowanie	Dane emisji ⁵⁾		Koszt ³⁾	
		mg/Nm ³ ¹⁾	kg/tonę ²⁾	Inwestycji W mln EUR	Operacji EUR/t klinkieru
Odpylacze elektrostatyczne	Wszystkie systemy pieców, chłodnie klinkieru, młyny cementu	<10-<20	0,02-0,05	2,1-6,0	0,1-0,2
		<10-<20	0,02-0,05	0,8-1,2	0,09-0,18
		<10	0,02	0,8-1,2	0,09-0,18
Filtry materiałowe	Wszystkie systemy	<5	0,01	2,1-6,0 ⁴⁾	0,15-0,35

Rozdział 1

	pieców, chłodnie klinkieru, młyny (surowca, cementu, węgla)	<5 <10	0,01 0,02	1,0-1,4 ⁴⁾ 0,3-0,5 ⁴⁾	0,1-0,15 0,03-0,04
Filtry hybrydowe	Wszystkie systemy pieców, chłodnie klinkieru, młyny cementu	<10-20	0,02-0,05		
Redukcja rozproszonego pyłu	Wszystkie zakłady	-	-	-	-

¹⁾ Dla systemów pieców zwykle dotyczące średnich dziennych, suchy gaz, 273 K, 101,3 kPa i 10% O₂
²⁾ kg/tonę klinkieru: w oparciu o 2300 m³/tonę klinkieru
³⁾ Koszt ograniczenia emisji do 10-30 mg/Nm³, zazwyczaj dotyczy wydajności pieca w wysokości 3000 ton klinkieru dziennie oraz początkowej emisji do 500 g pyłu/Nm³
⁴⁾ Zależnie od rodzaju wykorzystanego filtra, patrz: Tabela 1.32, przy wydajności oddzielania przekraczającej 99,9%
⁵⁾ Dane emisji znajdują się w odpowiednim paragrafie niniejszego rozdziału

Tabela 1.31: Przegląd środków/technik mających na celu kontrolę pyłu w procesie produkcji cementu

Dodatkowe przykłady rodzajów systemów ESP i filtrów materiałowych włącznie z ilością pyłu w filtrach i odprowadzaniem pyłu znajdują się w rozdziale 1.3.4.1.1 i Tabeli 1.24. Wartości te odzwierciedlają typowy zakres oraz umożliwiają oszacowanie ilości pyłu w filtrach i odprowadzania pyłu, jeżeli ma to zastosowanie [76, Niemcy, 2006].

1.4.4.3.1 Odpylacze elektrostatyczne (ESP)

Opis i korzyści osiągnięte dla środowiska

Odpylacze elektrostatyczne (ESP) wytwarzają pole elektrostatyczne w ścieżce materii cząsteczek w strumieniu powietrza. Cząsteczki stają się ujemnie naładowane i przemieszczają się w kierunku dodatnio naładowanych płytek zbierających. Płytki zbierające są okresowo obstukiwane lub poddawane wibracjom, uwalniając materiał, który gromadzi się w zsepach poniżej. Ważne jest, aby cykle obstukiwania ESP były zoptymalizowane, aby zminimalizować ponowne wejście cząsteczek i tym samym zminimalizować widoczne smugi. ESP charakteryzuje zdolność do działania w warunkach wysokich temperatur (do około 400°C) oraz wysokiej wilgotności.

Wydajność ESP zależy od różnych parametrów użytkowania, takich jak:

- zawartość wilgoci w gazie
- chemia gazów spalinowych
- tempo przepływu gazów spalinowych
- rozmiar dystrybucji cząsteczek i skład chemiczny
- opór elektryczny cząsteczek
- tempo ładowania cząsteczek
- temperatura gazu
- obsługa rozruchu i zatrzymania
- siła pola elektrycznego
- powierzchnia i rozmiar elektrod
- stężenie SO₂
- zawartość wilgoci
- etapy przejścia do innych warunków obsługi

W szczególności, wydajność może zostać zaburzona przez gromadzenie się materiału tworzącego szczelną warstwę na elektrodach i tym samym zmniejszającą pole elektryczne. Może do tego dojść, jeżeli w procesie pieca znajdują się duże ilości chloru i siarki, tworzące chlorki i fosforany metali alkaicznych. Chlorki metali alkaicznych mogą tworzyć pył mikronowy (0,1-1 µm) i posiadają

Rozdział 1

określoną oporność pyłu (pomiędzy 10^{12} a 10^{13} Ω/cm), tworząc szczelne warstwy na elektrodach i tym samym powodując problemy z usunięciem pyłu.

Problem wysokiej oporności pyłu może być częściowo rozwiązany przez natryski w chłodniach odparowania. Innym sposobem na rozwiązanie tego problemu jest użycie filtrów materiałowych.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Mogą tworzyć się chlorki metali alkalicznych oraz siarczany z mikronowymi cząstkami pyłu.

Przy wysokich stężeniach CO pojawia się ryzyko eksplozji (patrz: rozdział 1.4.5.3).

Zwiększa się zużycie energii elektrycznej wraz ze zwiększoną skutecznością usuwania.

W przypadku wykonywania przeglądów mogą pojawić się dodatkowe odpady.

Pył może być wykorzystany ponownie.

Dane operacyjne

ESP o wystarczających wymiarach, włącznie z wystarczającą klimatyzacją oraz zoptymalizowanym harmonogramem czyszczenia ESP, mogą obniżyć poziomy o 5-15 mg/Nm^3 średnio w miesiącu (suchy gaz, 273 K, 10% O_2). Zaprojektowana skuteczność gromadzenia cząsteczek przekracza 99,99%, w związku z czym występuje emisja na poziomie jedynie kilku mg/Nm^3 . ESP to bardzo wydajne urządzenia służące do zbierania najmniejszych cząsteczek ($< 0,5 \mu\text{m}$), pod warunkiem, że cząsteczki posiadają zdolność do gromadzenia się. ESP posiadają wytrzymałą konstrukcję, dzięki czemu mają szerokie zastosowanie i są względnie odporne na zakłócenia w procesie. Istniejące instalacje ESP mogą często być modernizowane bez konieczności całkowitej ich wymiany, co tym samym ograniczy koszty. Może to być uzyskane drogą zainstalowania nowoczesnych elektrod lub automatycznej kontroli napięcia w starszych instalacjach. Ponadto, możliwe jest usprawnienie przepływu gazu przez ESP lub dodanie uzupełniających etapów. W 2006 r., wiele dobrze zaprojektowanych i dobrze utrzymanych ESP osiągnęło poziom emisji pyłu w wysokości $< 10 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ (średnia wartość dzienna). ESP o emisji nieprzekraczającej $10 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ mogą być zbudowane z zastosowaniem najnowocześniejszej kontroli procesu, optymalnej dostawy wysokiego napięcia, odpowiednich wymiarów oraz odpowiedniej ilości pól elektrycznych.

Oprócz pyłu, ESP usuwa także substancje, które pochłaniają cząstki pyłu, takie jak dioksyny i metale, jeżeli są one obecne.

Rozmiar oraz zużycie energii elektrycznej ESP wzrasta wykładniczo wraz z ograniczeniem zawartości pyłu czystego gazu. Optymalne działanie ESP zależy od zdefiniowanych warunków surowego gazu, takich jak temperatura i wilgotność. Cykl życiowy ESP może wynosić kilka dekad, pod warunkiem, że wszystkie zalecane przeglądy zostaną poprawnie wykonane. Niektóre części, takie jak młoty i łożyska, potrzebują regularnej wymiany po kilku latach użytkowania w ramach rutynowego przeglądu.

Zastosowanie

Z powodu wysokiej wydajności, małej utraty ciśnienia, dużej dostępności i wydajności energetycznej, odpyłacze elektrostatyczne są z powodzeniem wykorzystywane do zbierania pyłu z gazów spalinowych pieca obrotowego i gazów spalinowych chłodni klinkieru. ESP mogą być wykorzystywane w prawie każdym rozwiązaniu pieca cementowego do gromadzenia pyłu z gazów spalinowych pieca, pyłu z obejścia gazów lub powietrza wydostającego się przez ruszt chłodni.

Zgodnie z dostępną literaturą, nie istnieją żadne ograniczenia dotyczące zastosowania ESP w różnych rodzajach procesów wykorzystywanych w przemyśle cementowym. ESP są jednakże niezbyt często wybierane w przypadku odpylania młynów cementowych z powodu kosztów inwestycji oraz skuteczności (względnie wysokie emisje) w okresie rozruchu i zamknięcia.

ESP charakteryzują się zdolnością do działania w warunkach wysokich temperatur (do około 400°C) i wysokiej wilgotności. Główne wady tego środka/techniki to jego zmniejszona skuteczność z warstwą uszczelniającą oraz nagromadzenie materiału, który może tworzyć się z osadów chloru i siarki. W

Rozdział 1

przypadku ogólnej wydajności ESP, ważne jest, aby unikać wydostawania się CO (patrz: rozdziały 1.2.5.6.1, 1.4.5.3 i 4.2.6).

W niektórych przypadkach, ESP będą musiały być zamknięte z powodu zwiększonych poziomów CO w gazach spalinowych ze względów bezpieczeństwa (wydostanie się CO) (patrz także: rozdziały 1.3.4.1.1, 1.4.3.1, 1.4.5.3 i 4.2.6).

Kwestie ekonomiczne

W 2000 r., koszt inwestycji nowego ESP dla pieca o wydajności 3000 ton klinkieru dziennie, początkowym poziomie emisji w wysokości do 500g/Nm³ oraz zawartości pyłu czystego gazu w wysokości 10-50 mg/Nm³ wynosił około 1,5-3,8 miliona EUR oraz dodatkowo 0,6-0,8 miliona EUR, jeżeli wymagane były wieża chłodząca i wiatrak z filtrem. Koszt użytkowania dla takiego samego ESP pieca wynosił około 0,1-0,2 EUR na tonę klinkieru. Dla chłodni klinkieru przy wydajności pieca o wydajności 3000 ton klinkieru dziennie, początkowym poziomie emisji w wysokości do 20g/Nm³ oraz zawartości pyłu czystego gazu w wysokości 10-50 mg/Nm³ oraz młyna kulowego cementu o wydajności 160 ton cementu/godzinę, początkowym poziomie emisji w wysokości do 300g/Nm³ oraz zawartości pyłu czystego gazu w wysokości 10-50 mg/Nm³, koszt inwestycji dla ESP wynosił około 0,8-1,2 miliona EUR, a koszt użytkowania wynosił 0,09-0,18 EUR na tonę klinkieru.

W 2006 r. odnotowano, że koszty inwestycji wynoszą w granicach od 4,5 miliona EUR do 6 milionów dla odpylania gazów spalinowych pieca (piec: 3000 t/d). Szeroki zakres zależy od lokalnych kosztów produkcji, kosztów budowy (które mogą znacząco się różnić) i rozmiarów pieca i ESP (które stanowią funkcję wydajności). Koszty użytkowania i koszty utrzymania są zazwyczaj niskie. Różnica zależy, w dużym stopniu, od lokalnej oceny zużycia energii i kosztów utrzymania (patrz także: rozdział 1.3.4.1.1, Tabela 1.24) [76, Niemcy, 2006].

W rozdziale 1.4.8.1 oraz Tabeli 1.39 znajdują się dane przykładowych kosztów technik redukcji pyłu.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.
Wymogi BHP miejsca pracy.
Warunki lokalne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady cementowe w UE-27.
[3, Austria, 1997], [9, CEMBUREAU, listopad 1997], [10, Cementa AB/Hagström, 1994], [12, Holandia, 1997], [27, Uniwersytet w Karlsruhe, 1996], 76, Niemcy, 2006], [86, EURITS, 2006], [103, CEMBUREAU, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008].

1.4.4.3.2 Filtry tkaninowe

Opis i korzyści osiągnięte dla środowiska

Filtry tkaninowe to wydajne pochłaniacze pyłu. Podstawowa zasada działania filtrów tkaninowych polega na wykorzystaniu membrany materiałowej, która przepuszcza gaz, ale zatrzymuje pył. Na ogół, filtr jest ułożony geometrycznie; jednakże, wyróżnia się cylindryczne worki filtra (wiszące pionowo) jak na Rysunku 1.60 oraz kieszenie filtra, które zazwyczaj są zainstalowane poziomo. Z początku, pył osadza się zarówno na włóknach powierzchni, jak i wewnątrz materiału, jednak w miarę gromadzenia się warstwy powierzchniowej, pył staje się dominującą składową filtra. Gaz odlotowy może przepływać z wnętrza worka na zewnątrz lub w drugą stronę. W trakcie narastania warstwy pyłu, zwiększa się odporność na przepływ gazu. W związku z tym, konieczne jest okresowe czyszczenie filtrów w celu kontrolowania spadku ciśnienia gazu w filtrach. Zależnie od rodzaju czyszczenia, najczęściej stosowane metody obejmują pulsowanie powietrza pod ciśnieniem (filtry pulsującego strumienia), odwrócony przepływ powietrza, mechaniczne stukanie lub trzęsienie i wibracje. Filtry tkaninowe powinny posiadać wiele przedziałów, które mogą być indywidualnie odizolowane w przypadku awarii worka i powinna ich być wystarczająca ilość w celu utrzymania odpowiedniej

Rozdział 1

wydajności w przypadku zdemontowania ich części. Każdy przedział powinien posiadać „detektory pękniętych worków” w celu informowania o potrzebie przeglądu, jeżeli będzie to miało miejsce.

Worki filtrów dostępne są w szerokim zakresie tkanych i innych materiałów. Warunki wysokich temperatur będą skutkowały zapotrzebowaniem na bardziej nietypowe rodzaje materiałów niż te, które są zazwyczaj dostarczane. Jednakże, jest ich wystarczająco dużo. Nowoczesne tkaniny syntetyczne mogą działać w wysokich temperaturach, sięgających nawet 280°C. Główne cechy charakterystyczne filtrów tkaninowych wraz z kosztami znajdują się w Tabeli 1.32.



Rysunek 1.60: Przykład filtra tkaninowego i materiału filtrującego wykorzystanego w zakładzie cementowym w Zjednoczonym Królestwie [82, CEMEX Rugby Zjednoczone Królestwo, 2006]

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Zwiększone zużycie energii elektrycznej przy zwiększonej wydajności usuwania.

Zwiększone zużycie powietrza pod ciśnieniem w cyklu czyszczenia.

W przypadku wykonywania przeglądów mogą tworzyć się dodatkowe odpady.

Przy wykorzystaniu filtrów lamelowych mogą pojawić się emisje hałasu.

Dane operacyjne

Nowoczesne tkaniny syntetyczne obejmują materiały, które mogą być użytkowane w wysokich temperaturach dochodzących nawet do 280°C. Typowe wartości filtrów mieszczą się w zakresie od 0,5 do 2,0 m/min. Wydajność oddzielania może przekroczyć 99,9%, w związku z czym można osiągnąć emisje nieprzekraczające 5 mg/Nm³ dzięki dobrze zaprojektowanym i właściwie konserwowanym filtrom tkaninowym (suchy gaz, 273 K, 10% O₂). Oprócz pyłu, filtry tkaninowe usuwają także substancje, które adsorbują cząsteczki pyłu, takie jak dioksyny i metale, jeżeli są one obecne.

Najważniejsze cechy charakterystyczne różnych filtrów tkaninowych włącznie z kosztami znajdują się w Tabeli 1.32:

Rozdział 1

Techniczne zastosowanie włókien w procesach produkcji cementu i zakładach cementowych											
Rodzaje włókien (bez oznaczenia marki)	Temperatura (°C)		Odporność na kwasy	Odporność na zasady (większość)	Hydroлиза/gorąca wilgoć	Utlenianie/tlen >13%	Odporność na otarcia dla zastosowania w zakładzie cementowym	Skuteczność filtrowania bez uzdatniania powierzchni	Chemiczne lub mechaniczne uzdatnianie powierzchni – poprawa filtrowania i ekonomii	Koszty względne na powierzchnię zainstalowanej jednostki	
	Znamionowa	Szczytowa	Odporność może ulec zmianie z powodu temperatur oraz wybranych połączeń								
Bawełna		80	80	Slaba	Dobra			Dobra	Bardzo dobra		Niskie
Polipropylen	PP	90	100	Znakomita	Znakomita	Znakomita	Znakomite	Znakomita	Dobra	ści dla zastosowań	Niskie
Wełna				Dostateczna	Slaba				Bardzo dobra		Niskie
Poliester	PES	150	160	Niska	Dostateczna	Slaba	Znakomite	Znakomita	Dobra	Tak dla procesów, nie dla silosów kolektorów rozproszonego pyłu	Niskie
Kopolimer poliakrylonitrylu	PAN	110	120	Dobra	Dostateczna	Znakomita	Znakomite	Dobra	Dobra		Niskie
Homopolimer poliakrylonitrylu		125	135						Dobra		Niskie
Nylon			205	do dostatecznej	Znakomita			Znakomita	Znakomita		
(meta) Aramidy/poliamid aromatyczny	AR/PA	180	200	Dostateczna	Dobra	Dostateczna	Znakomite	Dobra	Dobra	Tak dla procesów obróbki gazu	Średnie
Polisiaczek fenylenu	PPS	180	200	Znakomita	Znakomita	Dobra	Slabe	Dobra	Dobra		Średnie
Poliimidy	PI	180	240	Dostateczna	Dostateczna	Dostateczna	Dobre	Dobra	Znakomita	Niekoniecznie z powodu struktury włókien	Wysokie
Tkane włókno szklane	GF	280	280	z wyjątkiem HF	Znakomita	Znakomita	Znakomite	Slaba	Dostateczna	ana niska prędkość filtrowania	Średnie
Włókno szklane z membraną ePTFE (rozszerzone)	GF+Mem.	260	280					Dostateczna	wyższej jakości	powodu membrany	Wysokie
Politetrafluoroetylen	PTFE	250	260	wyższej jakości	wyższej jakości	Najwyższej jakości	Najwyższej jakości	Dostateczna	Slaba	Zalecany	Bardzo wysokie
Tabela zawiera średnie koszty dla zakupów średnich lub dużych, typowe dla zakładów cementowych. Koszty będą różniły się w zależności od energii i materiału filtra.											
Rozkład kosztów	Niskie	do 10 EUR na m ² materiału filtrującego, z zakładu, pakowane, nieinstalowane									
	Średnie	od 10 do 20 EUR na m ² materiału filtrującego, z zakładu, pakowane, nieinstalowane									
	Wysokie	od 20 do 40 EUR na m ² materiału filtrującego, z zakładu, pakowane, nieinstalowane									
	duzo wysokie	powyżej 40 EUR na m ² materiału filtrującego, z zakładu, pakowane, nieinstalowane									

Z komentarzem [YUN1]: ?

Z komentarzem [YUN2]: ?

Tabela 1.32: Najważniejsze cechy charakterystyczne różnych filtrów włącznie z kosztami [86, EURITS, 2006], [81, Castle Cement Zjednoczone Królestwo, 2006], [134, CEMBUREAU/Federhen, 2007]

Zastosowanie

Wyżej wymienione środki/techniki mogą, zasadniczo, być zastosowane w przemyśle cementowym oraz w prawie każdym piecu cementowym dla zbierania pyłu z gazów spalinowych, pyłu gazów z obejścia lub powietrza uchodzącego z rusztu chłodni. Zgodnie z dostępną literaturą, nie istnieją ograniczenia dotyczące zastosowania filtrów z materiału w różnych rodzajach procesów wykorzystanych w przemyśle cementowym. Jednakże, należy wziąć pod uwagę wilgoć i temperaturę.

Na wydajność filtrów tkaninowych mają głównie wpływ różne parametry, takie jak kompatybilność materiału filtrującego z cechami charakterystycznymi gazu spalinowego oraz pyłu, odpowiednie właściwości odporności termalnej, fizycznej i chemicznej, dotyczące hydrolizy, kwasów, zasad, utleniania i temperatury procesu. Ważne cechy charakterystyczne filtra to rozmiar powierzchni filtrującej, skuteczność oddzielania oraz odporność na filtrowanie, tak zwana „różnica ciśnień filtra”. Wartość ta jest zależna od właściwości materiału filtra i pyłu. Podstawowym parametrem projektu filtra jest objętość przepływu. W związku z tym, należy ocenić wartość filtra, a to zależy od rodzaju, ilości oraz właściwości pyłu i gazu.

Na okres eksploatacyjny oraz wymogi dotyczące energii i konserwacji filtrów tkaninowych ma wpływ naprężenie cieplne i mechaniczne. Prędkość przepływu gazu, grubość osadu pyłu, porowatość oraz cykl czyszczenia mogą mieć wpływ na skuteczność usuwania. Usprawnienia, takie jak ograniczenie spadku ciśnienia w filtrze, szybkie wykrywanie potencjalnego ryzyka przy nieustannym monitorowaniu oraz za pomocą detektorów oraz systemów czyszczących powodują wydłużenie okresu eksploatacyjnego filtra oraz obniżenie kosztów. Ponadto, cykle oraz sposoby czyszczenia materiału filtra mogą mieć wpływ na wydajność systemu czyszczącego. Zgodnie z przeprowadzonymi testami, np. poprzez wykorzystanie systemu czyszczącego pulsującym strumieniem powietrza o niskim ciśnieniu skuteczność może zostać zwiększona, jednocześnie minimalizując zużycie mocy oraz zapewniając korzyści w odniesieniu do emisji hałasu. System ten może być wykorzystany do odpylania gazu spalinowego z pieców obrotowych, ale także do odpylania obejścia zasad, chłodni klinkieru, młynów i klasyfikatorów.

W połączeniu z filtrami tkaninowymi, cyklony mają zastosowanie do systemów chłodni klinkieru. W separatorze cyklonowym/odśrodkowym cząsteczki pyłu, które mają być wyeliminowane ze strumienia gazu odlotowego, są kierowane na ścianę zewnętrzną jednostki działaniem odśrodkowym, a następnie usuwane przez szczelinę na spodzie jednostki. Siła odśrodkowa może zostać wytworzona poprzez skierowanie przepływu gazu ruchem spiralnym w dół poprzez naczynie cylindryczne (separatory cyklonowe) lub przez obracanie wirnika zamontowanego w jednostce (mechaniczne separatory odśrodkowe). W przemyśle cementowym, cyklony są połączone z wymianą ciepłego powietrza dla obniżenia temperatury oraz systemem filtrów tkaninowych (filtrów workowych) dla usuwania pyłu z np. gazów spalinowych chłodzenia. Cyklon może ograniczyć stężenie pyłu o 70%. W połączeniu z wymianą ciepłego powietrza oraz filtrem workowym, osiągnięta jest wysoka skuteczność czyszczenia do 99,99% włącznie z niskimi wartościami emisji w wysokości 5-7 mg/Nm³. Jednakże, taka konstrukcja wymaga wystarczającej ilości przestrzeni z powodu dużych rozmiarów cyklonu (np. 25 m długości, 6,4 m wysokości i 6,4 m średnicy) oraz podłączonej wymiany powietrza. Ponadto, zużywana jest dodatkowa energia elektryczna, a zbieranie i odzyskiwanie oddzielonego pyłu może prowadzić do zmniejszonego zużycia surowców [148, Reitemeier, 2005].

Zgrzewane filtry lamelowe są czasami wykorzystywane jako środki filtrujące; jednakże nie w przypadku pieców cementowych. Praktyczne doświadczenia wykazały, że z powodu ich zgrzewania i formy kompaktowej oraz specjalnej powłoki PTFE, zgrzewane filtry lamelowe są bardzo mocne i mają minimalne wymagania dotyczące konserwacji. Główne korzyści tych nowoczesnych środków filtrujących obejmują bardzo wysoką skuteczność odpylania gazów odlotowych w połączeniu ze spadkiem niskiego ciśnienia, a także odporność na zarysowania. Geometria filtrów zapewnia wysoce kompaktową strukturę, a filtr może być zainstalowany w bardzo ograniczonych warunkach. Emisja hałasu może być ograniczona poprzez wykorzystanie kompaktowej osłony chroniącej przed hałasem [144, Adlhoch, 1996].

Kwestie ekonomiczne

Inwestycja wymagana dla zamontowania nowego filtra tkaninowego dla pieca o wydajności 3000 ton klinkieru dziennie, początkowych poziomów emisji w wysokości do 500g/Nm³ oraz zawartości pyłu czystego gazu w wysokości 10-50 mg/Nm³ wynosi około 1,5-6 milionów EUR oraz dodatkowo 0,6-0,8 miliona EUR, jeżeli wymagane były wieża chłodząca i wiatrak z filtrem. Dla wydajności odpylania gazów spalinowych pieca przekraczającej 99,9%, koszt inwestycji dla zakładów posiadających filtry tkaninowe (filtry workowe) wynosi pomiędzy 4 a 8 milionów EUR zależnie od rodzaju oraz liczby użytych worków filtra. Koszty konserwacji wymienione w Tabeli 1.32, które wynoszą do 10 EUR na Nm² worków filtra, wydają się być niskie. Jednakże, filtry pieca mogą zawierać wiele tysięcy worków, więc bardzo duży obszar tkaniny filtrującej będzie odpowiadał wielu tysiącom Nm². Koszty użytkowania i konserwacji zależą, w dużym stopniu, od lokalnej oceny zużycia mocy i kosztów konserwacji (patrz także: rozdział 1.3.4.1.1 oraz Tabela 1.24).

Wieże chłodzące są ogólnie stosowane w celu osiągnięcia odpowiednich temperatur dla użytkowania filtrów materiałowych. Koszty użytkowania dla wyżej wymienionego filtra tkaninowego pieca wynoszą około 0,10-0,35 EUR na tonę klinkieru. Filtr tkaninowy z pulsującym strumieniem powietrza z wymianą gorącego powietrza i wiatrak filtrujący ruszt chłodni klinkieru dla pieca o wydajności 3000 ton klinkieru dziennie i początkowych poziomów emisji w wysokości do 20g/Nm³ oraz zawartości pyłu czystego gazu w wysokości 10-50 mg/Nm³ kosztuje około 1,0-1,4 miliona EUR, przy czym koszt użytkowania wynosi około 0,10-0,15 EUR na tonę klinkieru. Dla młyna kulowego cementu o wydajności 160 ton cementu/godzinę, początkowych poziomów emisji w wysokości do 300g/Nm³ oraz zawartości pyłu czystego gazu w wysokości 10-50 mg/Nm³, koszt inwestycji dla filtru tkaninowego z pulsującym strumieniem powietrza będzie wynosił około 0,3-0,5 miliona EUR włącznie z wiatrakiem filtra, a koszt użytkowania będzie wynosił 0,03-0,04 EUR na tonę klinkieru [9, CEMBUREAU, listopad 1997].

Aby zoptymalizować koszty użytkowania, różne zakłady cementowe zainstalowały systemy czyszczące wykorzystujące pulsujący strumień powietrza pod ciśnieniem. Obciążenie filtrowanego obszaru, różnica ciśnień filtrów oraz system czyszczący to trzy główne ważne czynniki mające wpływ na ograniczenie kosztów filtrów tkaninowych. Z powodu wzajemnego oddziaływania pomiędzy tymi parametrami, celem jest osiągnięcie jak najlepszego stosunku powietrza do tkaniny, najniższej różnicy ciśnień oraz najniższego ciśnienia czyszczenia. Całkowita zarejestrowana redukcja kosztów (inwestycji i kosztów użytkowania) wynosi od 12 do 25%.

Najważniejsze cechy charakterystyczne różnych filtrów tkaninowych włącznie z kosztami znajdują się w Tabeli 1.32. Ponadto, rozdział 1.4.8.1 oraz Tabela 1.39 zawierają dane kosztów dotyczących technik redukcji pyłu.

Sila sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Warunki lokalne.

Wymogi BHP miejsca pracy.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

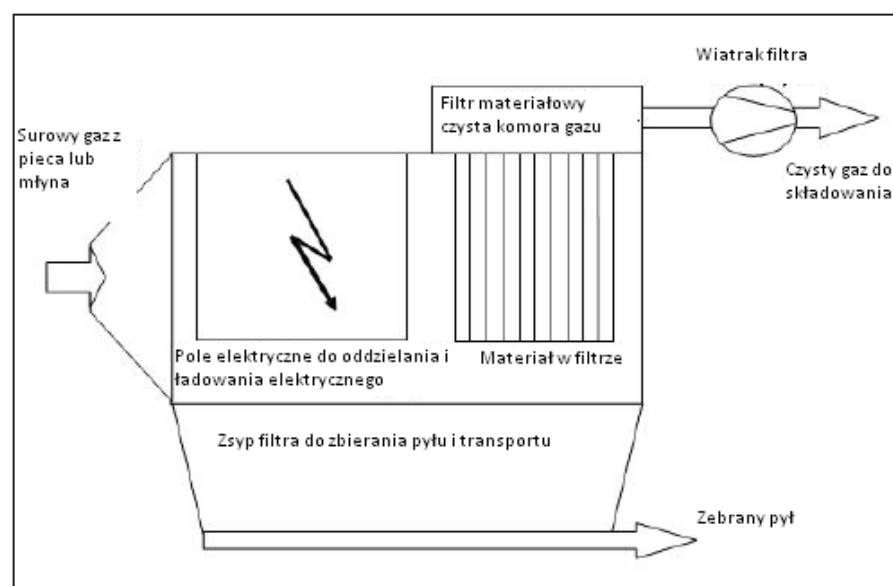
Zakłady cementowe w UE-27; zakład cementowy w Dudfield w Afryce Południowej (wykorzystanie cyklonu w połączeniu z wymianą ciepłego powietrza oraz filtrami materiałowymi (filtrami workowymi), zakład cementowy w Niemczech (zastosowanie zgrzewanych filtrów lamelowych).

[3, Austria, 1997], [9, CEMBUREAU, listopad 1997], [12, Holandia, 1997], [76, Niemcy, 2006], [81, Castle Cement Zjednoczone Królestwo, 2006], [86, EURITS, 2006], [103, CEMBUREAU, 2006], [134, CEMBUREAU/Federhen, 2007], [144, Adlhoch, 1996], [145, Leibinger/Köberl, 2001], [146, Leibinger/Neumann, 2003], [147 Marmor/Petzold, 2006], [148, Reitemeier, 2005], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008].

1.4.4.3 Filtry hybrydowe

Opis i korzyści osiągnięte dla środowiska

Filtry hybrydowe to połączenie ESP oraz filtrów materiałowych w tym samym urządzeniu. Ogólnie powstają z konwersji istniejących ESP. Pozwalają na częściowe ponowne wykorzystanie starego sprzętu. Budowa filtra hybrydowego pokazana została na Rysunku 1.61.



Rysunek 1.61: Filtr hybrydowy zbierający pył
[134, CEMBUREAU/Federhen, 2007]

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Przy wysokich stężeniach CO pojawia się ryzyko eksplozji (uwalnianie się CO).
W przypadku wykonywania przeglądów mogą pojawić się dodatkowe odpady.
Zmniejszone zużycie wody w porównaniu z ESP.
Zmniejszona ilość strat w procesie/odpadów w porównaniu z filtrami materiałowymi.

Dane operacyjne

Odnotowano, że emisje pyłu z filtrów hybrydowych zainstalowanych w piecach wahają się od <10 do 20 mg/Nm³ średnio dziennie (patrz: rozdział 1.3.4.1.1). Jednakże, emisje pyłu wynoszące mniej niż 10 mg/Nm³ występują w przypadku dobrze utrzymanych filtrów materiałowych (patrz: rozdział 1.4.4.3.2).

Zastosowanie

Wyżej wymienione środki/techniki mogą, zasadniczo, być zastosowane w przemyśle cementowym.

Kwestie ekonomiczne

W rozdziale 1.4.8.1 oraz Tabeli 1.39 znajdują się dane przykładowych kosztów technik redukcji pyłu.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.
Warunki lokalne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady Sagunto i Gador w Hiszpanii, zakłady cementowe w UE-27.
[86, EURITS, 2006], [103, CEMBUREAU, 2006], [134, CEMBUREAU/Federhen, 2007], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008].

1.4.5 Związki gazowe

1.4.5.1 Redukcja emisji NO_x

W przypadku redukcji lub kontrolowania emisji NO_x, odpowiedni będzie jeden środek/technika lub połączenie podstawowych i/lub zintegrowanych z procesem i podrzędnych środków/technik. Podstawowe środki/techniki obejmują:

- chłodzenie płomieni, np. wysoka zawartość wody, odpady ciekłe/stałe
- palniki niskiego NO_x
- opalanie środka pieca
- dodawanie mineralizatorów w celu poprawy zdolności spalania surowców (zmineralizowany klinkier)
- spalanie składające się z etapów (paliw konwencjonalnych lub paliw z odpadów) także w połączeniu z kalcynatorem oraz użyciem zoptymalizowanej mieszanki paliw
- optymalizację procesu

Ponadto, do redukcji NO_x można wykorzystać podrzędne środki/techniki, takie jak:

- technikę SNCR oraz wysoko wydajną technikę SNCR
- technikę SCR

Z przyczyn dotyczących środowiska/bezpieczeństwa i z przyczyn ekonomicznych, proces redukcji NO_x powinien w miarę możliwości rozpocząć się od wdrożenia ogólnych podstawowych środków/technik, takich jak środki/techniki kontrolne i zintegrowane z procesem, spalanie składające się z etapów i chłodzenie płomieni, ulepszona technika opalania, zoptymalizowane połączenia chłodni oraz wybór paliwa, które także ograniczają emisję NO_x (np. wykorzystanie wybranego paliwa). Niektóre zadowalająco zoptymalizowane systemy pieców z podgrzewaczami oraz systemy pieców z podgrzewaczami/kalcynatorami osiągają mniej niż 500 mg NO_x/Nm³ wyłącznie przy podstawowych środkach/technikach lub w połączeniu ze spalaniem składającym się z odpadów, a także w połączeniu z wykorzystaniem mieszanki paliw i środków/technik zintegrowanych z procesem. Właściwości surowca, np. spalanie mieszanek surowców, a także mieszanek paliw oraz budowa systemu pieców, znajdują się wśród powodów, które nie pozwalają osiągnąć tego poziomu. Jednakże, w wielu zakładach cementowych w UE-27 (42% w 2008), technika SNCR jest wykorzystywana w połączeniu z podstawowymi środkami/technikami redukcji NO_x, zgodnie z Tabelą 1.33 [76, Niemcy, 2006], [85, CEMBUROU, 2006]. Ponadto, dwa zakłady cementowe wykorzystują technikę SCR (duża ilość pyłu).

Tabela 1.33 wymienia liczbę pełnowymiarowych instalacji znanych w krajach UE-27 oraz UE-23+ (patrz: Glosariusz), wykorzystujących środki/techniki obniżenia w celu redukcji emisji NO_x.

Środki/techniki ograniczające/kontrolujące emisję NO _x						
Kraj		Chłodzenie płomieni	Klinkier zmineralizowany	Spalanie składające się z etapów	SNCR	SCR
Belgia	BE	2		2		
Bułgaria	BG					
Czechy	CZ				2 ³⁾	
Dania	DK		2		1	
Niemcy	DE			7	33	1 ¹⁾
Estonia	EE					
Grecja	EL			1		
Hiszpania	ES		4	2	3+5 (etap pilotażowy)	
Francja	FR	2		7	14+4 ⁶⁾	
Irlandia	IE			1	2 ⁵⁾	
Włochy	IT	2		7	16 ¹⁾	1 ²⁾
Cypr	CY					
Łotwa	LV					
Litwa	LT					
Luksemburg ¹⁾	LU					
Węgry	HU				3	
Malta	MT					
Holandia	NL				1	
Austria	AT	3		2	8 ³⁾	
Polska	PL			9		
Portugalia	PT	6			4	
Rumunia	RO					
Słowenia	SI					
Słowacja	SK					
Finlandia	FI				2	
Szwecja	SE				3	
Zjednoczone Królestwo	UK			1	9 ⁴⁾	
Szwajcaria	CH	2	1	1	4	
Norwegia	NO					
Turcja	TR	1	1	2		

¹⁾ W użyciu, jednak nadal brakuje raportów
²⁾ działa od połowy 2006, drugi od 2007
³⁾ Planowane na 2008
⁴⁾ Wdrożone w 2007
⁵⁾ Planowane zlecenie w 2007
⁶⁾ Planowane na 2008

Tabela 1.33: Środki/techniki redukcji emisji NO_x wykorzystane w przemyśle cementowym w krajach UE-27 oraz UE-23+ [85, CEMBUREAU, 2006]

Tabela 1.34 zawiera opis środków/technik, które mają pozytywny (ale niekoniecznie skumulowany) wpływ na, tzn. ograniczają, emisje NO_x powstałe w procesie produkcji cementu. Niniejsza tabela stanowi podsumowanie danych dotyczących użytkowania, które zostały wymienione w treści niniejszego rozdziału i powinny być odczytywane w połączeniu z odpowiednimi paragrafami kolejnych rozdziałów.

Środek/technika	Zastosowanie systemów pieców	Skuteczność redukcji (%)	Dane dotyczące emisji ¹⁵⁾		Dane dotyczące kosztów ³⁾	
			mg/Nm ³ 1)	kg/t ²⁾	(w milionach EUR)	Działalność EUR/t klinkieru
Chłodzenie płomieni ⁵⁾	Wszystkie	0-35	Podstawowe zredukowane do <500-1000 ⁹⁾	1,15-2,3	Do 0,2	Do 0,5
Palnik niskiego NO _x	Wszystkie	0-35	500-1000	1,15-2,3	Do 0,45	0,07
Podstawowe środki/techniki EGTEI 2003 ⁴⁾	Wszystkie	25	1400 zredukowane do 1050	2,4	0,25	0,056
Dodatkowe opalanie wewnątrz pieca	Długie	20-40	Brak informacji	-	0,8-1,7	Brak informacji
Klinkier zmineralizowany	Wszystkie	10-15	Brak informacji	-	Brak informacji	Brak informacji
Spalanie składające się z etapów	Kalcynator	10-50	<450-1000 ⁹⁾	1,04-2,3	0,1-2	Brak informacji
	Podgrzewacz				1-4	
SNCR ^{4) 5) 6) 12)}	wacz i kalcynator	30 do 90 ¹⁰⁾	<200 ^{10, 11)} – 500 ¹⁴⁾	0,4-1,15	0,5-1,2	0,1-1,7
	zewacz rusztowy	35	<500 ¹⁶⁾ – 800 ^{5, 6)}	1,15-1,84	0,5	0,84
SCR ⁷⁾	W miarę możliwości wszystkie, podgrzewacz i kalcynator	43 ¹³⁾ – 95	<200 ⁸⁾ – 500	0,23-1,15	2,2-4,5	0,33-3,0

- ¹⁾ Zazwyczaj dotyczy dziennej średniej, suchego gazu, 273 K, 101,3 kPa i 10% O₂
- ²⁾ kg/tonę klinkieru: w oparciu o 2300m³/tonę klinkieru
- ³⁾ Zazwyczaj dotyczy wydajności pieca w wysokości 3000 ton klinkieru dziennie oraz początkowej emisji do 2000 mg NO_x/Nm³
- ⁴⁾ Oszacowanie kosztów EGTEI dla wydajności pieca w wysokości 1100 t/d w 2000
- ⁵⁾ Eksperyment we Francji we współpracy z Ministerstwem Środowiska, ADEME i ATILH w 2000 (wydanie z 2003)
- ⁶⁾ Wkład CEMBUREAU w ograniczenie NO_x w 2006, średnie wartości roczne, patrz: rozdział 1.3.4.2 i Rysunek 1.29
- ⁷⁾ Niemcy i Włochy, patrz także: Tabela 1.35 i 4.26, dane kosztów w oparciu o wydajność pieca w wysokości 1500 m³/tonę klinkieru
- ⁸⁾ Wyniki testów pilotowych w Niemczech, Włoszech i Szwecji oraz wyniki testów w 2007 (200 mg/Nm³) z włoskiego zakładu cementowego wykorzystującego SCR; w 1997 dwóch dostawców w Europie zaoferowało SCR w pełnym wymiarze przemysłowi cementowemu z gwarantowanymi poziomami wydajności w wysokości 100-200 mg/Nm³
- ⁹⁾ Wyniki testów z francuskiego zakładu cementowego (projekt 10), pieca z kalcynatorem, początkowy poziom NO_x w wysokości 1000 mg/Nm³; osiągnięty poziom NO_x w wysokości 800 mg/Nm³
- ¹⁰⁾ Szwedzkie zakłady cementowe, średnia roczna wartość, początkowy poziom NO_x w wysokości 800-1000 mg/Nm³; pozostałość amoniaku 5-20 mg/Nm³ (patrz: rozdział 4.2.4.1); wysoka wydajność SNCR, należy uwzględnić pozostałość amoniaku
- ¹¹⁾ Niemcy: 200-350 mg/Nm³ jako średnia wartość dzienna, należy uwzględnić pozostałość amoniaku
- ¹²⁾ Niższe emisje NO_x mogą wynikać z wyższych emisji NH₃ (pozostałość amoniaku), zależnie od poziomu NO_x w strumieniu surowego gazu
- ¹³⁾ Wyniki testu pilotażowego oraz długoterminowego działania zakładu demonstracyjnego, patrz: Tabela 1.35
- ¹⁴⁾ W połączeniu ze środkami/technikami zintegrowanymi z procesem: początkowy poziom NO_x 1200 mg/Nm³; Przewodnik francuskiego przemysłu cementowego dotyczący środków/technik redukcji emisji NO_x, Francja/ADEME/MEDD
- ¹⁵⁾ Dane dotyczące emisji wymienione zostały w odpowiednim paragrafie niniejszego rozdziału
- ¹⁶⁾ [92, Austria, 2006], [185, Hackl und Mauschitz, 2003], patrz także: BAT 17

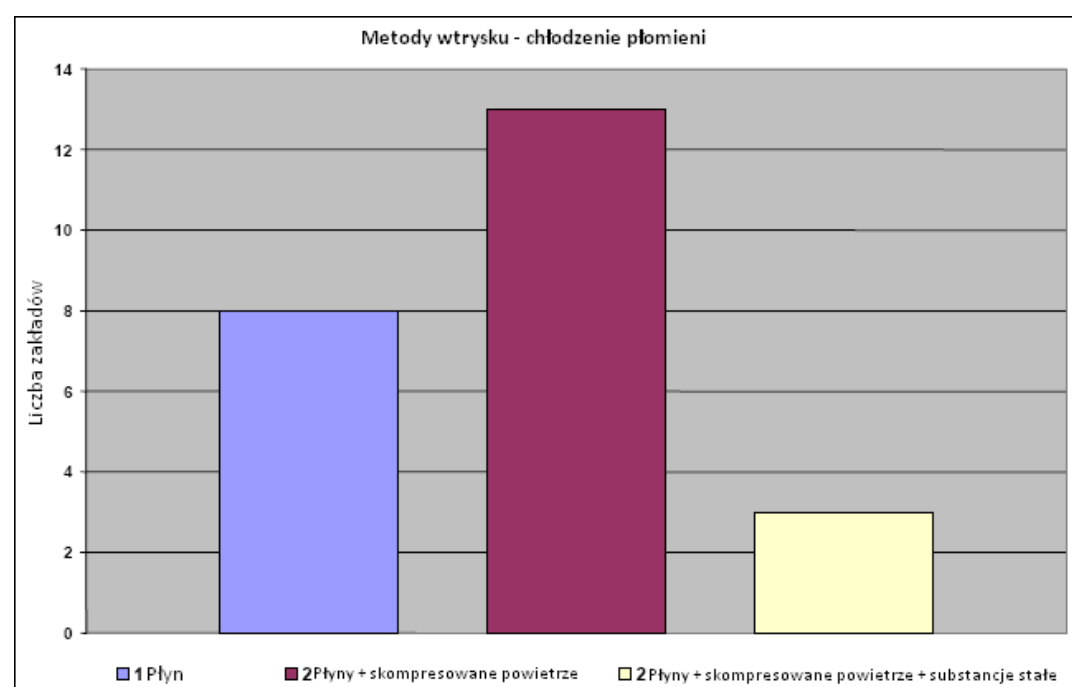
Tabela 1.34: Środki/techniki redukcji emisji NO_x występujące w procesie produkcji cementu

[12, Holandia, 1997], [76, Niemcy, 2006], [85, CEMBUREAU, 2006], [92, Austria, 2006], [101, Francja/ADEME/MEDD, 2002], [114, Szwecja, 2006], [140, Włochy, 2007], [141, Leibacher/Bellin/Linero, 2007], [173, Niemcy, 2007], [182, TWG CLM, 2008], [185, Hackl und Mauschitz, 2003].

1.4.5.1.1 Chłodzenie płomienia

Opis

Dodawanie wody do paliwa lub bezpośrednio do płomieni z wykorzystaniem różnych metod wtrysku, zgodnie z Rysunkiem 1.62, takich jak wtryskiwanie jednego płynu lub dwóch (płyn i skompresowane powietrze lub substancje stałe) lub wykorzystanie odpadów płynnych/stałych o wysokiej zawartości wody zmniejsza temperaturę i zwiększa stężenie grup hydroksylowych. Może to mieć pozytywny wpływ na redukcję NO_x w strefie spalania.



Rysunek 1.62: Metody wtrysku używane do chłodzenia płomieni w produkcji cementu w krajach UE 23+ [85, CEMBUREAU, 2006]

Korzyści osiągnięte dla środowiska

Redukcja NO_x w strefie spalania.
Redukcja emisji NO_x.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

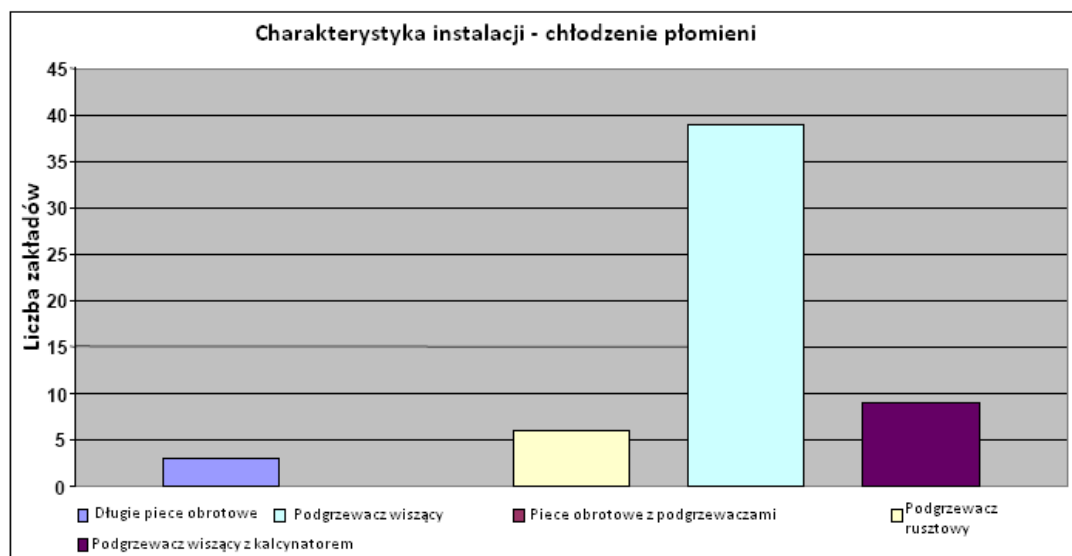
Może potrzebne być dodatkowe ciepło w celu odparowania wody, co spowoduje nieznaczne zwiększenie emisji CO₂ (około 0,1-1,5%) w porównaniu z całkowitą emisją CO₂ pieca.
Zmniejsza się wydajność energetyczna opalania pieca.
Wtrysk wody może powodować problemy z obsługą pieca, takie jak zmniejszony uzysk klinkieru oraz może mieć wpływ na jakość klinkieru.

Dane operacyjne

Zarejestrowano tempo/wydajność redukcji od 10-35%. Zarejestrowano zakresy emisji w wysokości <500-1000 mg/Nm³ (roczne średnie wartości) (patrz: rozdział 1.3.4.2, Rysunek 1.27 oraz 1.28).

Zastosowanie

Chłodzenie płomieni ma zastosowanie we wszystkich rodzajach pieców wykorzystywanych do produkcji cementu. Zgodnie z Rysunkiem 1.63, blisko 40 pieców wiszących z podgrzewaczem jest wyposażonych w chłodzenie płomieni.



Rysunek 1.63: Charakterystyka instalacji wykorzystujących chłodzenie płomieni w krajach UE-23+ [85, CEMBUREAU, 2006]

Kwestie ekonomiczne

Dla wydajności pieca wynoszącej 3000 t/d, koszty inwestycji oceniane są na 0,2 miliona EUR, a koszty użytkowania do 0,25 EUR na tonę klinkieru. Ponadto, zgodnie z Tabelą 1.34, dla wydajności redukcji emisji NO_x do 35%, zarejestrowano koszty inwestycji do 0,2 miliona EUR, a koszty użytkowania do 0,5 EUR/t klinkieru.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.
Warunki lokalne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady cementowe w UE-27.

[8, CEMBUREAU, 2001], [9, CEMBUREAU, listopad 1997], [76, Niemcy, 2006], [85, CEMBUREAU, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008].

1.4.5.1.2 Palniki o niskiej emisji NO_x

Opis i korzyści osiągnięte dla środowiska

Projekty niskiej emisji NO_x (opalenie pośrednie) różnią się szczegółami, jednak zasadniczo wykorzystują paliwo i powietrze wtryskiwane do pieca przez koncentryczne rury. Podstawowa proporcja powietrza została zredukowana do około 6-10% proporcji wymaganej przy spalaniu stechiometrycznym (zazwyczaj 10-15% w tradycyjnych palnikach). Powietrze wprowadzane jest w momencie wysokiego pędu w kanale zewnętrznym. Węgiel może być wdmuchiwany przez rurę centralną lub kanał środkowy. Trzeci kanał wykorzystuje się dla wirów powietrza, które wytwarzane są przez łopatki lub ujście przewodu zapłonu.

Efektom netto tego projektu palnika jest wytwarzanie jak najwcześniejszego zapłonu, zwłaszcza związków lotnych w paliwie, w atmosferze ubogiej w tlen, co będzie prowadziło do zmniejszenia tworzenia się NO_x.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Brak danych.

Dane operacyjne

Redukcja NO_x do 35% jest osiągalna w przypadku pomyślnych instalacji i poziomów emisji wynoszących około 500-1000 mg/Nm³ (średnia wartość dzienna).

Zastosowanie

Palniki niskiego NO_x mają zastosowanie we wszystkich piecach obrotowych, w piecu głównym, a także w kalcynatorze. Jednakże, z zastosowaniem palników niskiego NO_x nie zawsze wiąże się redukcja emisji NO_x.

Ustawienie palnika musi być zoptymalizowane. Jeżeli początkowy palnik wykorzystuje niski odsetek podstawowego powietrza, palnik niskiego NO_x będzie miał marginalny skutek.

Kwestie ekonomiczne

Koszt inwestycji dla nowego palnika niskiego NO_x wynosi około 150.000 do 450.000 EUR dla pieca o wydajności 3000 ton klinkieru na dzień. Jednakże, zastępując palnik palnikiem niskiego NO_x, koszty inwestycji mogą wzrosnąć do 600.000 EUR i będzie to wymagało dodatkowych działań dotyczących modyfikacji składowania i odmierzenia mialu węglowego. Jeżeli istniejący system wykorzystuje bezpośrednie opalanie, powinien on zostać zmieniony na system opalania pośredniego umożliwiający spalanie przy niskim przepływie powietrza; będzie to oznaczało dodatkowy koszt inwestycji w wysokości około 600.000 do 800.000 EUR dla pieca o wydajności 3000 ton klinkieru dziennie.

Tabela 1.34 i 1.40 (rozdział 1.4.8.2) zawiera przykładowe koszty.

Sila sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.
Warunki lokalne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady cementowe w UE-27.

[9, CEMBUREAU, listopad 1997], [12, Holandia, 1997], [20, Rother, styczeń 1996], [76, Niemcy, 2006], [85, CEMBUREAU, 2006], [101, Francja/ADEME/MEDD, 2002], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008].

1.4.5.1.3 Spalanie składające się z etapów**Opis i korzyści osiągnięte dla środowiska**

Spalanie składające się z etapów stosowane jest w piecach cementowych ze specjalnie zaprojektowanym kalcynatorem. Pierwszy etap spalania ma miejsce w piecu obrotowym w optymalnych warunkach dla procesu spalania klinkieru. Drugi etap spalania zachodzi w palniku we wlocie pieca, który produkuje atmosferę redukującą, która rozkłada część tlenków azotu tworzonych w strefie spiekania. Wysoka temperatura w tej strefie jest w szczególności korzystna dla reakcji, które przekształcają NO_x w elementarny azot. W trzecim etapie spalania, paliwo kalcynowania jest podawane do kalcynatora wraz z ilością trzeciorzędowego powietrza, także wytwarzając tam atmosferę redukującą. System ten ogranicza powstawanie NO_x z paliwa, a także zmniejsza NO_x pochodzące z pieca. W czwartym i ostatnim etapie spalania, pozostałe trzeciorzędowe powietrze jest podawane do systemu jako „powietrze górne” dla spalania resztek.

Kalcynatory różnią się między sobą zasadniczo w kwestii zasilania paliwem, sposobem dystrybucji paliwa, zasilania pieca i trzeciorzędowego powietrza oraz układem geometrycznym.

Technika spalania składającego się z etapów może, ogólnie, być wykorzystana jedynie w piecach z kalcynatorem. Konieczne są znaczne modyfikacje zakładów w zakresie systemów podgrzewacza

cyklonowego bez kalcynatora. Jeżeli nie może być to połączone ze wzrostem wydajności produkcji, producenci oferują rozwiązanie z tak zwanym „małym” kanałem powietrza trzeciorzędowego oraz kalcynatorem. W takim przypadku, jedynie niewielka część wynosząca około 10-25% całkowitego ciepła potrzebnego z pieca przechodzi przez kalcynator, jednak wystarczy to do wytworzenia strefy redukującej, rozkładającej tlenki azotu. Z drugiej strony, doświadczenia związane z piecami wykorzystującymi 10% spalania we wlocie pieca wykazują, że wytworzenie odpowiedniej strefy redukującej nie zawsze jest wystarczające.

Spalanie wykorzystujące paliwo z odpadów przemysłowych (na przykład opon) stanowi możliwy wariant techniki spalania składającego się z etapów, ponieważ strefa redukująca powstaje podczas spalania odpadów przemysłowych. W piecach z podgrzewaczem/kalcynatorem, paliwo z odpadów przemysłowych może być wprowadzane do wlotu pieca lub do kalcynatora. Ustalono, że opalanie paliwem z odpadów przemysłowych wywiera pozytywny wpływ na redukcję NO_x (do 20-30% redukcji) [76, Niemcy, 2006]. Jednakże, w warunkach opalania paliwem z odpadów przemysłowych trudno jest uzyskać kontrolowaną atmosferę redukującą [9, CEMBUREAU, listopad 1997].

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Emisje CO i SO₂ mogą zwiększyć się, jeżeli proces spalania nie zostanie zakończony w kalcynatorze, a przy próbie uzyskania wysokiej wydajności zgłoszone zostaną problemy z CO i zapchaniem.

Dane operacyjne

Niektóre nowoczesne, zadowolająco zoptymalizowane zakłady osiągają poziomy emisji poniżej 450 mg NO_x/Nm³ (dzienna średnia wartość) przy spalaniu składającym się z wielu etapów oraz wykorzystując odpowiednią mieszankę paliw, takich jak wysoko reakcyjne paliwa, przy czym przy niskim reakcyjnych paliwach można osiągnąć 800-1000 mg/Nm³ (dzienna średnia wartość), jak na przykład w przypadku Hiszpanii. Zbliżona redukcja NO_x została odnotowana w przypadku wykorzystania paliw wtórnych.

Podczas testów we Francji w 2002 (np. kalcynator wykorzystujący spalanie składające się z etapów i stosujący w 100% siarkowany koks ponafkowy jako paliwo), osiągnięto redukcję NO_x w wysokości około 200 mg/Nm³ przy początkowych poziomach NO_x wynoszących 1000 mg/Nm³. Jednakże, wynik taki uzyskano wyłącznie w krótkim okresie testów oraz przy wykorzystaniu optymalnej surowej mączki do spalania. Bardziej ekstremalne warunki użytkowania mogą umożliwić osiągnięcie niższych poziomów emisji NO_x. Jednakże, często takie warunki użytkowania prowadzą do takich problemów z użytkowaniem, jak zwiększenie osadów w piecach i kalcynatorach. Zaobserwowano zwiększenie emisji CO wyłącznie w nielicznych zakładach przy względnie krótkim czasie pobytu lub w przypadku braku odpowiedniego zoptymalizowania spalania.

W niektórych przypadkach, możliwe redukcje NO_x o 50% zostały określone przez dostawców różnych systemów spalania składającego się z etapów. Jednakże, trudno jest utrzymać gwarantowane wartości dla takiego poziomu ograniczania NO_x przy jednoczesnym ograniczeniu emisji CO.

Zastosowanie

Technika spalania składającego się z etapów może, ogólnie, być stosowana w piecach wyposażonych w kalcynator. Konieczne są znaczne modyfikacje zakładów w zakresie systemów podgrzewacza cyklonowego bez kalcynatora.

Piece z kalcynatorem umożliwiają niezależne ustawienie poziomów utleniania/redukcji w piecu cementowym oraz w piecu z kalcynatorem. Wtrysk części paliwa może prowadzić do zmniejszenia emisji NO_x.

Dodawanie paliwa do rusztu *pieca typu Lepol* może prowadzić do znacznej redukcji NO_x, jednak może też spowodować/zwiększyć pozostałe emisje.

Piece cyklonowe z podgrzewaczem i bez kalcynatora umożliwiają redukcję emisji NO_x; jednakże emisja SO₂ i VOC może wzrosnąć z powodu lokalnej strefy redukującej. Takie emisje powinny być monitorowane w sposób ciągły.

W Zjednoczonym Królestwie, *długie piece z dodatkowym spalaniem wewnątrz pieca składającym się z etapów* są używane już od kilku lat.

Kwestie ekonomiczne

Koszty inwestycji dotyczącej zainstalowania spalania składającego się z etapów w piecu z kalcynatorem wynoszą od 0,1 do 2,0 miliona EUR, zależnie od projektu istniejącego kalcynatora. Koszty inwestycji dla kalcynatora oraz trzeciorzędowego kanału dla pieca z podgrzewaczem o wydajności 3000 t/d z chłodnią z rusztem przekształconego w piec z kalcynatorem wynoszą od 1 do 4 milionów EUR. Koszty inwestycji dotyczące przekształcenia pieca z podgrzewaczem o wydajności 3000 t/d z chłodnią obiegową w piec z kalcynatorem z chłodnią z rusztem wynoszą około 15 do 20 milionów EUR.

Tabela 1.34 i 1.40 (rozdział 1.4.8.2) zawiera przykładowe koszty.

Sila sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Warunki lokalne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady cementowe w UE-27.

[9, CEMBUREAU, listopad 1997], [12, Holandia, 1997], [42, Billhardt/Kuhlmann/Ruhland/Schneider/Xeller, październik 1996], [76, Niemcy, 2006], [85, CEMBUREAU, 2006], [92, Austria, 2006], [101, Francja/ADEME/MEDD, 2002], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008], [185, Hackl und Mauschitz, 2003].

1.4.5.1.4 Dodatkowe opalanie wewnątrz pieca

Opis i korzyści osiągnięte dla środowiska

W długich mokrych i suchych piecach, stworzenie strefy redukującej poprzez spalanie paliw z odpadów przemysłowych może ograniczyć emisje NO_x. Ponieważ długie piece nie mają zazwyczaj dostępu do strefy o temperaturze około 900-1000°C, w niektórych zakładach zainstalowano systemy dodatkowego opalania wewnątrz pieca w celu wykorzystania paliw z odpadów, które nie mogą przejść przez palnik główny (na przykład opon) [9, CEMBUREAU, listopad 1997].

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Prędkość spalania paliw z odpadów może skutkować wypaleniem łańcuchów lub może mieć wpływ na jakość produktu.

Dane operacyjne

Istnieje kilka takich instalacji i w niektórych przypadkach odnotowano redukcje NO_x o 20-40%.

Zastosowanie

Dodatkowe opalanie wewnątrz pieca może, zasadniczo, mieć zastosowanie w piecach obrotowych.

Prędkość spalania paliw może mieć decydujące znaczenie. Jeżeli jest zbyt wolna, warunki redukujące mogą wystąpić w strefie spalania, co może mieć znaczny wpływ na jakość produktu. Jeżeli jest zbyt wysoka, odcinek łańcucha pieca może przegrzać się, co spowoduje wypalenie łańcucha.

Ze względu na budowę mechaniczną, paliwo może być wtryskiwane jedynie nieregularnie, raz na jeden obrót pieca. Aby utrzymać ciągłość dostarczania ciepła, można wykorzystać stałe, wolno spalające się paliwa, takie jak opony lub inne paliwa z odpadów w pojemnikach.

Zakres temperatur nieprzekraczający 1100°C wyklucza wykorzystanie odpadów niebezpiecznych o zawartości chloru przekraczającej 1%.

Kwestie ekonomiczne

Koszty inwestycyjne mogą mieścić się w granicach 0,8 – 1,7 miliona EUR w odniesieniu do przekształcenia pieca i sprzętu doprowadzającego paliwo, a roczne koszty związane z robocizną i konserwacją mogą być w podobnym zakresie.

Sila sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.
Warunki lokalne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady cementowe w UE-27.
[9, CEMBUREAU, listopad 1997], [21, BCA, październik 1997], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008].

1.4.5.1.5 Klinkier zmineralizowany

Opis i korzyści osiągnięte dla środowiska

Dodawanie mineralizatorów, takich jak fluor, do surowca, jest techniką mającą na celu dostosowanie jakości klinkieru oraz umożliwienie zredukowania temperatury w strefie spiekania. Poprzez zredukowanie/obniżenie temperatury spalania, tworzenie się NO_x także podlega redukcji.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Duże ilości domieszek fluorku wapnia mogą spowodować zwiększenie emisji HF.
Ograniczone zapotrzebowanie na energię.
Dodatki mogą mieć wpływ na ostateczną jakość produktu.

Dane operacyjne

Redukcja NO_x może wynosić pomiędzy 10 a 15%, jednak zarejestrowano też redukcje do 50%.

Zastosowanie

Ten środek/technika może, zasadniczo, być zastosowany w piecach obrotowych.

Kwestie ekonomiczne

Zależnie od ceny mineralizatorów.

Sila sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.
Warunki lokalne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady cementowe w UE-27.
[10, Cementa AB/Hagström, 1994], [103, CEMBUREAU, 2006], [168, TWG CLM, 2007].

1.4.5.1.6 Optymalizacja procesu (NO_x)

Opis i korzyści osiągnięte dla środowiska

Optymalizacja procesu, taka jak ułatwienie i zoptymalizowanie działania pieca oraz warunków opalania, optymalizacja kontroli działania pieca i/lub homogenizacja dostarczania paliwa, może mieć zastosowanie w redukcji emisji NO_x. Zostały zastosowane główne podstawowe środki/techniki optymalizacji, takie jak środki/techniki kontroli procesu, usprawniona technika opalania pośredniego, zoptymalizowane warunki chłodzenia, wybór paliwa oraz zoptymalizowane poziomy

tleny. Do 2007, zaobserwowano postęp odnośnie redukcji emisji NO_x dzięki wykorzystaniu środków/technik zintegrowanych z procesem.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Zmniejszone zapotrzebowanie na energię.

Dane operacyjne

Zakres emisji NO_x, dzięki zastosowaniu środków/technik optymalizacji kontroli procesu, mieści się pomiędzy 50 a 100 mg/Nm³. W niektórych nowoczesnych i dobrze zoptymalizowanych systemach pieców z podgrzewaczami oraz systemach pieców z podgrzewaczem/kalcynatorem poziomy emisji NO_x są mniejsze niż 500 mg/Nm³ dzięki stosowaniu środków/technik zintegrowanych z procesem.

Zastosowanie

Powody, które uniemożliwiają osiągnięcie wyżej wymienionych poziomów, obejmują jakość surowców (właściwości spalania mieszanki surowców), dostępność wysoko lotnych paliw oraz budowę systemu pieców.

Kwestie ekonomiczne

Optymalizacja procesu ma na celu obniżenie kosztów.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Warunki lokalne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady cementowe w UE-27.

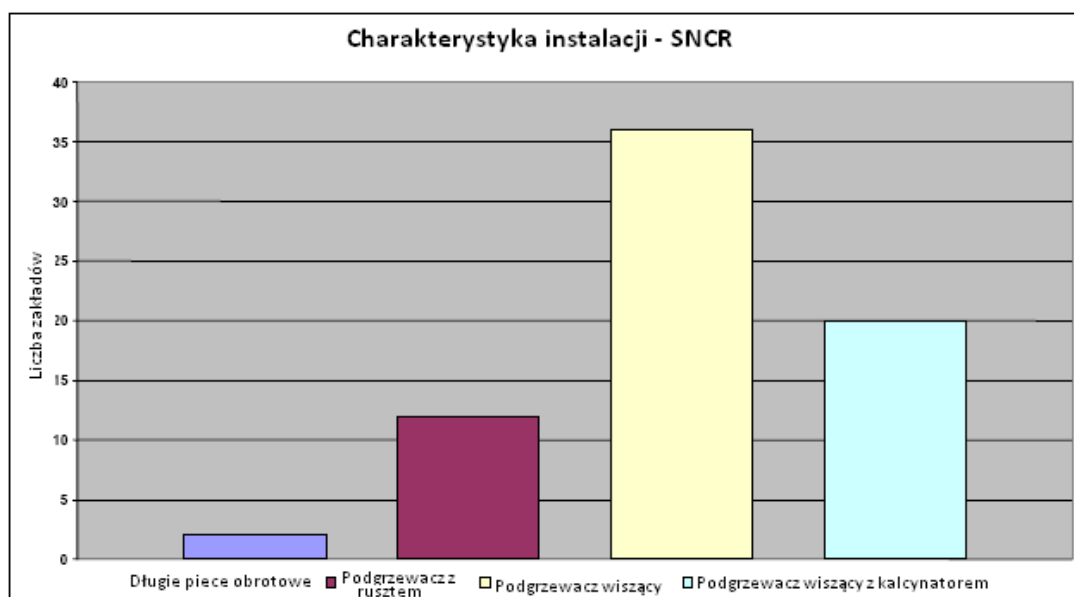
[76, Niemcy, 2006], [101, Francja ADEME/MEDD, 2002], [103, CEMBUREAU, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008].

1.4.5.1.7 Selektywna redukcja niekatalityczna (SNCR)

Opis i korzyści osiągnięte dla środowiska

W 2008, istniało około 100 pełnowymiarowych instalacji SNCR działających w krajach UE-27 i UE-23+ (patrz: Glosariusz). Selektowna redukcja niekatalityczna (SNCR) obejmuje wtryskiwanie wody amoniakalnej (do 25% NH₃), związku amoniaku lub roztwór mocznika do gazu spalinowego w celu redukcji NO do N₂. Reakcja ma optymalny efekt w zakresie temperatur od około 830 do 1050°C, przy czym należy zapewnić wystarczającą ilość czasu, aby wtryskiwane środki weszły w reakcję z NO.

Należy przeprowadzić doświadczenia laboratoryjne, a także pełnowymiarowe próby w celu ustalenia optymalnego zakresu temperatur dla mocznika i wody amoniakalnej. Odpowiedni zakres temperatur można zazwyczaj uzyskać w piecach wiszących z podgrzewaczem, piecach z kalcynatorem i piecach typu Lepol. Jednakże, także w zakładach wykorzystujących długie piece obrotowe zastosowano SNCR w celu zredukowania emisji NO_x. Rysunek 1.64 zawiera informacje dotyczące charakterystyki zakładów cementowych, w których zastosowano SNCR.



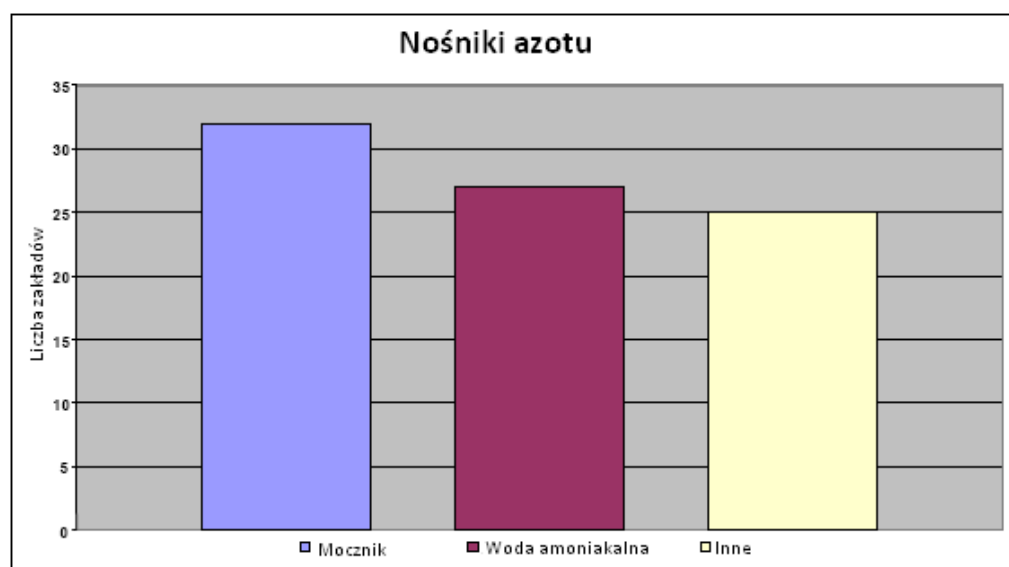
Rysunek 1.64: Charakterystyka zakładu cementowego stosującego SNCR w krajach UE-23+ [85, CEMBUREAU, 2006]

Najbardziej powszechnym środkiem $\text{NH}_2\text{-X}$ jest mocznik do 32% oraz woda amoniakalna do 27%, zgodnie z rysunkiem 1.65 [85, CEMBUREAU, 2006]. Roztwory odpadów z innych procesów produkcji mogą także być wykorzystane jako nośniki amoniaku [76, Niemcy, 2006]. Inne środki redukujące, które można stosować w przemyśle, obejmują gaz amoniakalny, roztwory soli amoniakalnych, suszony mocznik (tabletki), roztwory mocznika, cyjanamid wapnia lub cyjanamid oraz inne podobne substancje [20, Rother, styczeń 1996]. Zakłady zajmujące się magazynowaniem i transportem muszą być zbudowane zgodnie z właściwościami fizyko-chemicznymi odpowiedniego środka i wymagają dodatkowych środków/technik bezpieczeństwa. W oparciu o doświadczenia, w przypadku większości zastosowań woda amoniakalna jest najlepszym środkiem dla SNCR w systemach pieców z podgrzewaczem i kalcynatorem [9, CEMBUREAU, listopad 1997]. Korzystna stechiometryczna dystrybucja amoniaku jest ważna dla osiągnięcia jak najwyższej skuteczności redukcji NO_x oraz redukcji pozostałości amoniaku. Aby osiągnąć optymalną utylizację wtryskiwanego reagenta redukcji – wody amoniakalnej lub roztworu mocznika – oraz zagwarantować wysoką skuteczność redukcji NO_x , należy uwzględnić następujące punkty w odniesieniu do projektowania i stosowania SNCR. Takie kwestie umożliwią optymalne techniczne i ekonomiczne użytkowanie systemu SNCR:

- dostarczyć środek przy odpowiednim zakresie temperatur wynoszącym od 830 do 1050°C; unikać wytworzenia pozostałości amoniaku lub zapalenia się amoniaku – to ostatnie jest potencjalnym źródłem dodatkowego NO_x
- jeżeli zakres temperatur zmieni się, dostosować położenie dyszy wtryskujących; prawdopodobnie do rozwiązania tej kwestii potrzeba wielu warstw dyszy wtryskujących; w miarę możliwości opracować profil temperatury wtrysku i nieprzerwanie go monitorować aby sprostać takiemu zapotrzebowaniu
- dostosować kąt strumienia i głębokość penetracji wtryskiwanego roztworu wodnego, rozróżniając:
 - zawartość wody w roztworze
 - poziom ciśnienia rozpylanego powietrza
 - położenie dyszy oraz
 - kierunek wtryskiwanego amoniaku
- dysze na poziomach chwilowo nieużywane – najlepiej schłodzić powietrzem w celu uniknięcia zużycia na skutek przegrzania; w przypadku dysz używanych od czasu do czasu odprowadzić wodę aby uniknąć niepotrzebnego zużycia powietrza

- upewnić się, że obszar wtrysku jest właściwie objęty odpowiednią ilością roztworu amoniaku w celu uniknięcia nadmiernego lub niewystarczającego wtrysku stechiometrycznego. Dzięki temu można uniknąć niepotrzebnych pozostałości amoniaku lub niezutylizowanego NO w obejściu SNCR
- w razie konieczności, mierzyć poziom NO_x w każdym odcinku cyklonowym jeżeli ma to zastosowanie (tzn. podwójne kanały podnośnika) oraz odpowiednio dostosować wtrysk
- sprawdzić stechiometrię poprzez masowe zbilansowanie zmniejszonego NO_x we wtryskiwanym amoniaku, aby nie wtryskiwać jego nadmiernej ilości. W ten sposób można zmniejszyć pozostałości amoniaku. Ponadto, im bardziej stechiometria jest bliższa równowagi, tym lepsza będzie ekonomia.

Rysunek 1.65 zawiera różne nośniki azotu/czynniki NH₂-X wykorzystane przy redukcji NO_x w SNCR w kilku zakładach cementowych w krajach UE-23+.



Rysunek 1.65: Nośniki azotu/czynniki NH₂-X wykorzystane w SNCR w krajach UE-23+ [85, CEMBUREAU, 2006]

Dalszy rozwój wykorzystania techniki SNCR jest niezbędny, jeżeli zakład jest już wyposażony w system spalania składający się z etapów. Jednoczesne wykorzystanie takich technik wymaga dostosowania temperatur, czasu osadzania oraz atmosfery gazu w odcinku reakcji względem siebie. Aby zebrać doświadczenia dotyczące jednoczesnego zastosowania tych dwóch technik redukcji, przeprowadzono próby działania w kilku zakładach z piecami wyposażonymi w kalcynatory. Próby wykazały, że możliwe jest, zasadniczo, połączenie takich dwóch technik. Redukcję emisji NO_x można uzyskać poprzez dostarczenie czynnika redukującego do strefy utleniania, a także do strefy redukcji kalcynatora etapowego. Dostarczenie czynnika do strefy utleniania jest korzystne, ponieważ prawdopodobieństwo zwiększenia emisji jest niższe niż gdyby czynnik został dostarczony do strefy redukowania. Z powodu różnych technik kalcynowania, projekt i kontrola instalacji SNCR musi być dostosowana i zoptymalizowana względem odpowiedniej techniki. Jeżeli czynnik redukujący zostanie dostarczony tuż przed dolnym etapem cyklonu, czas zatrzymania reagujących czynników w zakresie odpowiednich temperatur nie będzie już wystarczający do osiągnięcia odpowiedniej redukcji NO_x. W rezultacie, pozostałość amoniaku prawdopodobnie zwiększy się. Z drugiej strony, kilka prób dowiodło, że jeżeli czynnik redukujący zostanie dostarczony przed komorą mieszającą kalcynatora do obszaru, gdzie nadal trwa spalanie paliwa kalcynatora, nastąpi zwiększenie emisji CO.

Wysoko wydajna SNCR

Technika wysoko wydajnej SNCR powstała w drodze rozwoju techniki SNCR, wykorzystywanej w zakładach cementowych. W kontrolowanych warunkach, warstwy dysz (lanc) wtryskują wodę amoniakalną (25% roztworu amoniaku) do podgrzewacza. Układ lanc jest określany przez profil temperatury w kanale podnośnika. Wtryskiwanie wody amoniakalnej jest procesem kontrolowanym przez profil temperatury mierzony w podgrzewaczu w okolicy lanc. Dzięki korzystnej dystrybucji amoniaku, można ograniczyć pozostałości NH_3 oraz zużycie wody amoniakalnej. Wyżej wymieniona technika została zastosowana w 1996/97 w dwóch zakładach Szwedzkich i co najmniej jednym zakładzie niemieckim.

Pozostałość amoniaku

Ważne jest, aby amoniak był wtryskiwany do systemu pieców przy temperaturze w zakresie 830-1050°C. Jeżeli temperatura spadnie poniżej tego poziomu, nastąpi emisja nieprzekształconego amoniaku (tak zwana pozostałość NH_3), a w znacząco wyższych temperaturach amoniak zostanie utleniony do NO_x . Pozostałość NH_3 może wystąpić przy zwiększonych stosunkach molowych $\text{NH}_3:\text{NO}_2$, tzn. od stosunku molowego o wartości 1,0-1,2. W pozostałych sektorach przemysłu, pozostałość NH_3 czasami powodowała tworzenie się aerozoli soli amoniaku, które przechodziły przez filtry i stawały się widoczne jako białe smugi powyżej gazów spalinowych. Badania wykazały, że zakłady cementowe produkują znacząco niższe poziomy aerozoli. Niewykorzystany amoniak może być utleniony i przekształcony w NO_x i wodę w atmosferze, a pozostałości NH_3 mogą spowodować wzbogacenie w amoniak pyłu, który nie będzie mógł być przetworzony w zakładzie cementowym. Przy projektowaniu instalacji SNCR należy uwzględnić możliwe pozostałości NH_3 . Prędkość redukcji NO_x nie może być zwyczajnie zwiększona na życzenie, ponieważ zwiększenie dawki może spowodować wystąpienie pozostałości NH_3 (patrz także: Rysunek 2.50 w rozdziale dot. wapna). Odpowiednia współpraca (odpowiedni system kontroli, zoptymalizowany wtrysk wody NH_3) systemu SNCR nie powoduje żadnego zwiększenia emisji amoniaku niż zazwyczaj.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Wykorzystanie roztworu wody amoniakalnej jako czynnika redukującego może spowodować wystąpienie pozostałości amoniaku i emisję nieprzetworzonego amoniaku. Mogą wystąpić także emisje podtlenku azotu (N_2O); jednakże odgrywają one jedynie marginalną rolę, ponieważ próby punktowe ujawniły stężenie od 1 do 5 mg/Nm^3 , które jest w przybliżeniu równe granicy wykrywalności. Ponadto, zwiększenie emisji tlenku węgla (CO) może nastąpić w momencie wtryskiwania czynnika redukującego przed komorą mieszającą kalcynatora do obszaru, gdzie nadal trwa spalanie paliwa kalcynatora.

Dodatkowe ciepło potrzebne do odparowania wody jest zrównoważone ciepłem uwalnianym podczas reakcji egzotermicznych DeNO_x , powodujących niewielki wzrost emisji CO_2 . Transport oraz składowanie wody amoniakalnej stanowi potencjalne zagrożenie dla środowiska i wymaga dodatkowych środków/technik bezpieczeństwa. Należy wziąć pod uwagę wpływ związany z produkcją amoniaku oraz transport wody w odniesieniu do rozcieńczenia roztworu.

Wykorzystanie mocznika jako czynnika redukującego prowadzi do otrzymania głównych produktów końcowych w postaci amoniaku i dwutlenku węgla. Emisje podtlenku azotu (N_2O), różne stężenia kwasu izocyjanowego (HNCO) oraz tlenku azotu (NO) zostały zarejestrowane przy rozkładzie mocznika. Poziom N_2O z mocznika jest zawsze znacząco wyższy niż z wody amoniakalnej. Powstawanie tlenku azotu z mocznika jest różne w zależności od temperatury. Badania wykazują, że redukcja wysokiego poziomu NO_x oraz maksymalne tworzenie się N_2O ma miejsce w tym samym zakresie temperatur. Większość kwasu izocyjanowego będzie podlegała hydrolizie do amoniaku i dwutlenku węgla; jednakże, zarejestrowano pozostałości kwasu izocyjanowego w instalacjach SNCR. Ponadto, zgodnie z pewnym badaniem, oprócz podtlenku azotu (N_2O) oraz kwasu izocyjanowego (HNCO), obszar wtrysku będzie także wytwarzał jony cyjanku (NCO). Produkt taki nie powstaje, jeżeli amoniak jest używany w warunkach SNCR. Należy zwrócić uwagę, że wykorzystanie mocznika będzie tworzyło wyższe emisje tlenku węgla (CO) niż wykorzystanie amoniaku.

Dane operacyjne

Większość instalacji SNCR działających w 2006 r. była zaprojektowana i użytkowana dla poziomów redukcji NO_x wynoszących 30-50% (przy stosunkach molowych NH₃:NO₂ w wysokości 0,5-0,9) oraz poziomów emisji NO_x pomiędzy <350-800 mg/Nm³ (średnie wartości dzienne), zależnie od początkowego poziomu NO_x.

Instalacje zaprojektowane i wykorzystywane dla wyższych poziomów redukcji będą funkcjonowały lepiej (wysoko wydajne SNCR). Dwa zakłady z instalacjami SNCR dostarczonymi przez dwóch różnych dostawców, oba gwarantujące 80% redukcji, osiągają redukcję na poziomie 80-90% (przy początkowym poziomie NO_x pomiędzy 800 a 1100 mg/Nm³), co odpowiada emisji NO_x mniejszej niż 200 mg/Nm³, mierzonej jako średnia wartość roczna (patrz: rozdział 4.2.4). Ponadto, emisje NO_x na poziomie 190 mg/Nm³ (średnia wartość roczna) zostały zarejestrowane w zakładzie szwedzkim w 2006 r..

W połączeniu ze środkami/technikami zintegrowanymi z procesem oraz wysoko wydajnymi instalacjami SNCR działającymi na poziomie redukcji od 80 do 90%, osiągalne jest średnie dzienne stężenie nieprzekraczające 500 mg/Nm³, także jeżeli początkowy poziom przekracza 2000 mg/Nm³ [43, Wulf-Schnabel/Lohse, 1998].

Wysoko wydajne SNCR i pozostałości amoniaku

Wysoko wydajne SNCR zostało zainstalowane w 1996/97 w dwóch zakładach szwedzkich i co najmniej jednym zakładzie niemieckim. Wyżej wymienione zakłady szwedzkie (razem posiadające trzy piece) używają suchych pieców cyklonowych z podgrzewaczem/prekalcynatorem. Przy stosunku molowym NH₃:NO₂ w wysokości 1,0-1,2 osiągnięto redukcję na poziomie >80% i jak do tej pory zmierzono zwiększenie średniej dziennej wartości NH₃ do 20 mg/Nm³. Nie zarejestrowano żadnego znaczącego zwiększenia emisji N₂O i CO, a w cemencie nie znaleziono żadnych śladów NH₃. W 2001 r. w jednym z zakładów, początkowy stosunek molowy wynosił 1,0-1,2 (mol NH₃ na obecny mol NO_x), co zostało przeliczone na 1,2 do 1,4 dla usuniętego NO_x przy średniej skuteczności usuwania w wysokości 80%, podczas gdy w drugim zakładzie stosunek amoniaku wynosił pomiędzy 1,2 a 1,4 mol/mol (obecnego NO_x do wtryskiwanego NH₃) lub 1,5-1,8 (zredukowanego NO_x do wtryskiwanego NH₃). Zgłoszono poziom emisji NO_x w wysokości 200 mg/Nm³ (średnia wartość roczna). Należy zwrócić uwagę, że taki poziom emisji NO_x wynoszący 200 mg/Nm³ był osiągalny od 1998 r. przez oba zakłady szwedzkie przy obecności początkowego poziomu NO_x w wysokości 800-1000 mg/Nm³, poziomie redukcji wynoszącym 80% i stabilnym procesie użytkowania.

W Niemczech, SNCR (woda amoniakalna jako czynnik redukujący o 25%) było zainstalowane w czteroetapowym piecu cyklonowym z podgrzewaczem o wydajności produkcji w wysokości 3000 t klinkieru dziennie. Rejestrowano początkowe poziomy NO_x w wysokości 500-1200 mg/Nm³ (dziennie). W ciągu kilku lat, długoterminowe doświadczenia wykazały, że poziomy emisji wynoszące 500 mg/Nm³ i mniej (średnia wartość dzienna) mogły być ciągle osiągalne bez jakiegokolwiek znacznej pozostałości amoniaku.

W 2007 r., najnowsze badania długoterminowe (sześciomiesięczne testy na wydajność) wykazały, że wartości emisji NO_x wynoszące 350 mg/Nm³ i 200 mg/Nm³ (średnie dzienne wartości) zostały osiągnięte przez zastosowanie odpowiednich stosunków molowych NH₃:NO₂ 0,7-0,8 i 1,4-1,5. W trakcie takich testów na wydajność, emisje NH₃ były mierzone w sposób ciągły. Pomiary NH₃ spowodowały jednakże powstanie znacznych pozostałości amoniaku przez utrzymanie 200 mg/Nm³ NO_x zwłaszcza w trakcie działania młyna (maksimum 50-200 mg/Nm³). Łącznie, pozostałość amoniaku była dwa razy większa w celu osiągnięcia poziomu emisji w wysokości 200 mg/Nm³ (NH₃: trzymiesięczna średnia wartość 11 mg/Nm³) w porównaniu z poziomem 350 mg/Nm³ (NH₃: trzymiesięczna średnia wartość 21 mg/Nm³). Stosunek zmielenia w tym przypadku wynosił około 10-20%. Odpowiednie wzbogacenie amoniaku w surową mączkę oraz pył ESP nie zostało zaobserwowane w trakcie testu na wydajność. Testy wykazały, że należy uwzględnić emisje amoniaku (patrz także: rozdział 4.2.4.2). Pozostałość amoniaku, która powstaje z powodu wyżej wymienionego procesu, wyznacza granice dodatków stechiometrycznych czynników redukujących [160, Niemcy, 2007], [173, Niemcy, 2007].

W 2004 w Irlandii, badania obejmujące krótkoterminowe próby SNCR wykazały niskie stężenie NH_3 pomiędzy 4 a 26 mg/Nm^3 (10% O_2) w surowym gazie po wstępnym podgrzaniu pieca. Było to spowodowane zoptymalizowaniem konfiguracji wtrysku, powodującym wysoko wydajne reakcje redukcji oraz niewielkie ilości amoniaku niepodlegającego reakcji. Takie stężenia mierzono testując dwie konfiguracje wtrysku (standardowe warunki; stosunek molowy $\text{NH}_3:\text{NO}_x$ o wartości jeden (1) z wartością redukcji NO_x 50%). Pozostałość NH_3 wyznacza granice dodatków czynników redukujących przekraczających stechiometrię [123, Irlandia, 2005].

Szczegółowy opis wysoko wydajnej techniki SNCR wykorzystywanej w UE znajduje się w rozdziale 4.2.4. Emisje amoniaku w przypadku produkcji cementu opisano w rozdziale 1.3.4.9.

Zastosowanie

SNCR oraz wysoko wydajne SNCR mają zastosowanie, zasadniczo, w obrotowych piecach cementowych. Strefy wtrysku różnią się w zależności od rodzaju procesu pieca.

W długich piecach procesów mokrych i suchych bardzo trudno uzyskać odpowiednią temperaturę oraz potrzebny czas zatrzymania. Tylko jeden zakład z długim suchym piecem i jeden zakład (w Danii) z długim mokrym piecem skutecznie zastosował redukcję SNCR i osiągnął skuteczność na poziomie 40 i 50%.

Ryzyko związane z przechowywaniem amoniaku jest zredukowane dzięki przechowywaniu roztworu wody amoniakalnej o stężeniu 25%.

Kwestie ekonomiczne

Dla pieca z podgrzewaczem o wydajności 3000 ton dziennie z początkowym poziomem emisji NO_x do 2000 mg/Nm^3 oraz redukcją NO_x to 85% (tzn. do 300 mg/Nm^3), koszt inwestycji dla SNCR wykorzystującego wodę amoniakalną jako czynnik redukujący wyniósł 0,5-1,2 miliona EUR, przy czym na koszt miały znaczące wpływy przepisy lokalne dotyczące przechowywania wody amoniakalnej. Koszt użytkowania dla takiego samego pieca wynosi 0,3-0,5 EUR na tonę klinkieru, przy czym koszt jest głównie określany przez koszt wtryskiwanego amoniaku [9, CEMBUREAU, listopad 1997], [85, CEMBUREAU, 2006].

SNCR zostało zainstalowane w dwóch zakładach szwedzkich. Dla jednego pieca, koszty inwestycji wyniosły około 1,2 miliona EUR (0,65 miliona EUR dla instalacji SNCR oraz kolejne 0,55 miliona EUR dla składowania wody amoniakalnej), a koszt użytkowania wyniósł około 0,55 EUR na tonę klinkieru. Łączny koszt (inwestycji + użytkowania) nie przekraczał 0,6 EUR na tonę klinkieru. Koszty inwestycji dla drugiego pieca wyniosły około 0,55 miliona EUR, a koszt użytkowania wyniósł 0,3 EUR na tonę klinkieru. Siłą sprawczą dla tych zakładów odnośnie inwestycji w wysoko wydajne instalacje SNCR była szwedzka polityka dotycząca emisji NO_x . Zgodnie z tą polityką, każda inwestycja w redukcję o łącznym koszcie (inwestycji + użytkowania) nieprzekraczającym 4,5 EUR (40 SEK) na kilogram zredukowanego NO_x (jako NO_2) jest dopuszczalna.

Badanie obejmujące 26 zakładów cementowych wykorzystujących technikę SNCR, które zostało przeprowadzone w 2004 r. przez niemiecką branżę cementową, ujawniło, że średnie koszty inwestycji wynoszą pomiędzy 0,5 a 0,75 miliona EUR. Jednakże, Francja zarejestrowała koszty w wysokości do 1 miliona EUR. Budowa magazynu czynnika redukującego wyniosła 50% kosztów inwestycji. Łączne koszty, wynoszące pomiędzy 0,5 a 0,7 EUR na tonę klinkieru, zostały podane dla wykorzystania roztworu amoniaku i środka odnośnie wysokiego ograniczenia NO_x . Szczegółowe obliczenia kosztów dla pieca obrotowego o wydajności klinkieru w wysokości 1500 t/d są związane z określonymi kosztami wynoszącymi pomiędzy 0,4 a 1,2 EUR na tonę klinkieru, zależnie od prędkości redukcji NO_x . Dodatkowe obliczenia dla pieca 3500 t/d oraz redukcji NO_x od 850 do 250 mg/Nm^3 związane są z kosztami inwestycji w wysokości 0,88 miliona EUR oraz kosztami użytkowania w wysokości 0,40 EUR na tonę klinkieru.

Tabela 1.34 i 1.40 (rozdział 1.4.8.2) zawiera przykładowe koszty dotyczące techniki SNCR.

Sila sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Warunki lokalne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady cementowe w UE-27; zakłady z wysoko wydajnym SNCR w Szwecji i Niemczech (Maerker).

Opis przykładowych zakładów szwedzkich i niemieckich znajduje się odpowiednio w rozdziałach 4.2.4.1 i 4.2.4.2.

[8, CEMBUREAU, 2001], [9, CEMBUREAU, listopad 1997], [10, Cementa AB/Hagström, 1994], [20, Rother, styczeń 1996], [24, Junker, 2001], [41, Kupper/Brentrop, 1992], [42, Billhardt/Kuhlmann/Ruhland/Schneider/Xeller, październik 1996], [43, Wulf-Schnabel/Lohse, 1998], [76, Niemcy, 2006], [85, CEMBUREAU, 2006], [101, Francja/ADEME/MEDD, 2002], [105, YARA, 2006], [114, Szwecja, 2006], [123, Irlandia, 2005], [131, YARA, 2007], [160, Niemcy, 2007], [168, TWG CLM, 2007], [173, Niemcy, 2007], [182, TWG CLM, 2008].

1.4.5.1.8 Selektywna redukcja katalityczna (SCR)

Opis

SCR redukuje NO i NO₂ do N₂ przy pomocy NH₃ oraz katalizatora w zakresie temperatur od 300 do 400°C. Taka technika jest szeroko stosowana przy ograniczaniu NO_x w innych branżach (elektrowniach opalanych węglem, spalarniach odpadów). W przemyśle cementowym, brane są pod uwagę dwa systemy: konfiguracja małej ilości pyłu pomiędzy jednostką odpylającą a kominem oraz konfiguracja dużej ilości pyłu pomiędzy podgrzewaczem a jednostką odpylającą. Systemy gazów spalinowych małej ilości pyłu wymagają ponownego podgrzania gazów spalinowych po odpyleniu, co może spowodować dodatkowe koszty energii oraz spadki ciśnienia. Systemy dużej ilości pyłu są preferowane ze względów technicznych i ekonomicznych. Takie systemy nie wymagają ponownego podgrzewania, ponieważ temperatura gazów u ujścia systemu podgrzewaczy jest zazwyczaj odpowiednim zakresem temperatury dla zastosowania SCR.

Duże redukcje emisji NO_x wynoszące 85-95% są potencjalnie możliwe w przypadku systemów SCR dużej ilości pyłu, przy czym do roku 2008 sprawdzono jedynie systemy dużej ilości pyłu w przemyśle cementowym.

W 2008 r. w UE-27 przeprowadzono łącznie dwie pełnowymiarowe produkcje oraz zebrano doświadczenia w celu usunięcia technicznych i ekonomicznych niepewności związanych z poprawą jakości techniki SCR. Główne niepewności dotyczyły dużego stężenia pyłu do 100 g/Nm³ w gazach, środków/technik usuwania pyłu, rodzaju oraz okresu eksploatacji katalizatorów, łącznych kosztów inwestycji i użytkowania. Zgodnie z doświadczeniem, odpowiednia budowa i skład chemiczny katalizatorów są również ważne.

Biorąc pod uwagę wysoki potencjał redukcji, pomyślne testy pilotowe, dwie pełnowymiarowe instalacje SCR oraz fakt, że SCR jest techniką najnowocześniejszą w porównaniu z instalacjami w pozostałych sektorach, SCR jest interesującą techniką dla przemysłu cementowego. W Europie istnieje co najmniej dwóch dostawców, którzy oferują pełnowymiarowe SCR dla przemysłu cementowego o gwarantowanym poziomie wydajności w wysokości 100-200 mg/Nm³. Jednakże, wydatki inwestycyjne są nadal wyższe niż w przypadku SNCR [12, Holandia, 1997].

Korzyści osiągnięte dla środowiska

Redukcja emisji NO_x.

Ponieważ katalizatory usuwają także węglowodory i jeżeli taka technika została stworzona w takim celu, SCR będzie także ogólnie redukowało emisje VOC i PCDD/F.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Zapotrzebowanie na energię elektryczną może wzrosnąć z powodu zastosowania wewnętrznego systemu odpylania reaktora SCR oraz dodatkowego spadku ciśnienia.

Systemy gazów spalinowych z małą ilością pyłu wymagają ponownego podgrzania gazów spalinowych po odpyleniu, co może spowodować dodatkowe koszty energii i spadki ciśnienia.

Katalizatory muszą być przetworzone albo zutylizowane.

Dane operacyjne

W latach 90-tych, wczesne testy pilotażowe w Niemczech, Włoszech i Szwecji dostarczyły obiecujących wyników. Poziomy emisji NO_x wyniosły w przybliżeniu 100-200 mg/Nm^3 i nie nastąpiła żadna strata w aktywności katalizatora. W austriackich zakładach cementowych pomiędzy 1996 a 2000 przeprowadzono trzy testy pilotażowe na niewielkich próbkach (3% gazów spalinowych) przy konfiguracji dużej ilości pyłu. Jeden z nich wykazał skuteczność w redukcji NO_x , jednak nie był kontynuowany. Jednym z problemów była wydajność działania katalizatorów. Dwa testy pilotażowe były nieskuteczne w powodu dezaktywacji katalizatorów po kilku tygodniach, spowodowanej obecnością metali ciężkich i związków metali alkalicznych. W jednym z zakładów znaczne zużycie katalizatora wystąpiło po okresie około 5000 roboczogodzin [18, Göller, 2001], [92, Austria, 2006].

W 2000, pierwszy pełnowymiarowy zakład demonstracyjny wykorzystujący system SCR dużej ilości pyłu został zbudowany w Niemczech przy wsparciu rządowym i działał w latach 2001-2006. Jednakże w 2008, zakład nadal oczekuje na udoskonalone rodzaje katalizatorów. W porównaniu z SNCR, system ten zużywa mniej NH_3 , co wynika z niższych kosztów wykorzystania amoniaku. W górnej części czteroetapowego podgrzewacza, gaz z odpadów ma temperaturę 320-350°C, która jest odpowiednia dla SCR i nie potrzebuje zwiększenia, co jest konieczne w przypadku konfiguracji pomiędzy filtrem materiałowym a kominem, tym samym zmniejszając koszty energii. Skuteczność redukcji NO_x zazwyczaj wynosi 59-67%. Jednakże, jeżeli warunki użytkowania były inne niż zazwyczaj przy stężeniach surowego gazu przekraczających 3000 mg/Nm^3 , zaobserwowano skuteczność ograniczania NO_x przekraczającą 80%. Przy regularnym użytkowaniu, SCR ogranicza emisję NO_x przy początkowym stężeniu surowego gazu wynoszącym 1000-1600 mg/Nm^3 do około 400-550 mg/Nm^3 . Przy stosunku molowym wynoszącym 0,8-0,9, zużycie NH_3 jest znacząco niższe niż przy zastosowaniu SNCR. Należy zwrócić uwagę, że NH_3 z surowców także może być wykorzystane jako czynnik redukujący w reaktorze, dzięki czemu poziom emisji osadzonego NH_3 będzie niski. We wspomnianym zakładzie niemieckim, SCR zazwyczaj obniżało emisję NH_3 poniżej 1 mg/Nm^3 przy osiągnięciu emisji NO_x na poziomie 300 mg/Nm^3 . Takie wyniki dowodzą potencjału techniki, zwłaszcza jeżeli osiągnięto je jedynie przy trzech warstwach katalizatora, a poziom emisji osadzonego NH_3 nadal wynosił 300 mg/Nm^3 . Rozdział 4.2.5 zawiera szczegółowy opis tego zakładu, osiągnięte poziomy emisji oraz koszty.

We Włoszech działa jeden zakład SCR mający na celu redukcję NO_x . Od 2006 funkcjonuje pełnowymiarowy system SCR dużej ilości pyłu ograniczający NO_x w piecu o wydajności 1720 t/d (dozwolona wydajność 2400 t/d). Wymiary komory, w której znajdują się moduły wyposażone w siedem warstw (poziomów) katalizatorów, to 4 m szerokości, 6 m długości i 27 m wysokości, zgodnie z Rysunkiem 1.66.

Objętość zainstalowanych katalizatorów to 21 m^3 na każdy poziom, łącznie 63 m^3 dla trzech poziomów z niezainstalowanym wsparciem 42 m^3 dla dodatkowych dwóch poziomów w celu spełniania wymogów dozwolonej wydajności 2400 t/d. Katalizatory są automatycznie czyszczone przez sprężone powietrze 5 lub 6 barów przy zużyciu 2,5 kWh/t klinkieru dla linii kompresora. Po 7000 godzinach użytkowania, nie stwierdzono żadnego braku aktywności redukcji katalizatorów.



Rysunek 1.66: Przykład instalacji SCR
[140, Włochy, 2007]



Rysunek 1.67: Przykład pojedynczego katalizatora wykorzystanego w technice SCR
[140, Włochy, 2007]



Rysunek 1.68: Przykład pozycji modułu wykorzystanego w technice SCR
[140, Włochy, 2007]

Roztwór amoniaku o stężeniu 25% został użyty jako czynnik redukujący. Przepływ mieści się w granicach od 30 do 300 litrów na godzinę zależnie od warunków pieca oraz rodzaju wykorzystanego paliwa, podczas gdy prędkość przepływu gazu wynosi 110.000 m³/h. Roztwór amoniaku jest wtryskiwany do strumienia gazu poniżej najwyższego cyklonu, gdzie istnieje odpowiedni zakres temperatur od 320 do 350°C. W ciągu pierwszych 10 miesięcy użytkowania, średnie zużycie roztworu amoniaku wynosiło 0,7-1 kg/t klinkieru przy redukcji emisji NO_x do mniej niż 450 mg/Nm³ (10% O₂). Jednakże, raporty i wyniki badań tego włoskiego zakładu wykazują, że projekt tej techniki SCR może ograniczyć emisję NO_x w kominie do <200 mg/Nm³ (przy rzeczywistym % O₂). Zależnie od poziomu NO_x u wejścia oraz prędkości wtryskiwania NH₃, wydajność redukcji NO_x wynosi od 43 do 95%. Korekty do 10% O₂ wykazują jeszcze niższe stężenia NO_x. Przed instalacją techniki SCR, poziom amoniaku w gazach spalinowych wynosił 50-150 mg/Nm³ w odniesieniu do surowców. Taka ilość amoniaku była od tej pory wykorzystywana przez proces SCR, co powodowało poziom emisji NH₃ mniejszy niż 1 mg/Nm³ oraz stosunek molowy (wtryskiwane NH₃:NO₂) o wartości mniej niż jeden. Parametry, emisje i koszty techniki SCR, zarejestrowane przez niemiecki i włoski zakład cementowy wykorzystujący taką technikę SCR znajdują się w Tabeli 1.35.

Środek/technika	Zastosowanie systemów pieców	Skuteczność redukcji (%)	Odnotowane emisje		Odnotowane koszty	
			mg/Nm ³ (średnia wartość dzienna)	klinkieru	(EUR/tonę klinkieru)	Działalność (EUR/tonę klinkieru)
SCR	możliwości wszystkie	- 97	- 500 ¹⁾	- 1,0	5 ²⁾ 3,2 - 4,5 ^{3) 4)}	- 2 ³⁾

¹⁾ Wyniki testów pilotażowych oraz długoterminowego użytkowania w zakładzie demonstracyjnym
²⁾ Koszty oszacowane przez UBA Niemcy dla instalacji pełnowymiarowej (wydajność pieca 1500 t klinkieru/d, początkowy poziom emisji 1200 mg/Nm³ oraz końcowy poziom w wysokości 200, 500 i 800 mg/Nm³) (średnia wartość dzienna)
³⁾ Koszty obliczone przez Stowarzyszenie Niemieckiego Przemysłu Cementowego (VDZ) obejmujące koszty użytkowania plus amortyzację inwestycji pełnowymiarowej instalacji (wydajność pieca 1500 t klinkieru/d, początkowy poziom emisji 1200 mg/Nm³ oraz końcowy poziom w wysokości 200, 500 i 800 mg/Nm³)
⁴⁾ Najwyższa wartość należy do systemu SCR we włoskim zakładzie cementowym, który obejmuje elementy katalizatora na kwotę 0,9 miliona EUR (trzy warstwy modułów na miejscu plus dwa w magazynie)

Tabela 1.35: Parametry, emisje i odnotowane koszty SCR
[85, CEMBUREAU, 2006]

Zastosowanie

SCR zostało sprawdzone tylko w podgrzewaczach i w testach pilotażowych półsuchych systemów pieców (Lepol), jednak, zasadniczo, ma zastosowanie w innych systemach pieców, także zależnie od zakresu temperatur.

Poziom dużej ilości pyłu nakłada wysokie zapotrzebowanie w odniesieniu do trwałości oraz działania katalizatorów, przy czym budowa i skład chemiczny katalizatorów są równie ważne. Katalizatory stworzone dla działania w warunkach małej ilości pyłu w innych branżach mogą być nieodpowiednie dla dużej ilości pyłu w zakładzie cementowym. Duża ilość pyłu w reaktorze SCR wymaga wysokiej trwałości mechanicznej katalizatora, wyższej niż zwykle intensywności działania w warunkach małej ilości pyłu oraz zintegrowanego systemu odpylania w celu uniknięcia zatykania i straty wydajności. Odpowiedni skład chemiczny katalizatora musi być oceniony na podstawie prób gazów spalinowych pieca cementowego w warunkach dużej ilości pyłu. Ponadto, z powodu wymiarów komory mieszczącej moduły oraz ilości wykorzystanych warstw, należy udostępnić odpowiednią ilość miejsca w celu zainstalowania techniki SCR.

Nie istnieją jeszcze standardowe katalizatory, które byłyby odpowiednie dla przemysłu cementowego. Różne typy katalizatorów, które są obecnie wykorzystywane, nadal poddawane są testom.

Kwestie ekonomiczne

Wyniki wykorzystania techniki SCR wykazały poziom kosztów w wysokości 1,25 do 2,00 EUR na tonę, zależnie od rozmiaru zakładu oraz wymaganej skuteczności usuwania NO_x. Technika SCR, w odróżnieniu od techniki SNCR, jest zdominowana przez koszty inwestycji, które są od 4 do 9 razy wyższe niż w przypadku systemu SNCR. Wykorzystanie katalizatorów zwiększa koszty użytkowania. Ponadto, zużycie energii jest w zasadzie spowodowane spadkiem ciśnienia oraz powietrza czyszczącego katalizatora. Określone koszty SCR zmniejszyły się do 1,75 EUR na tonę.

Cementa AB w Slite w Szwecji posiada piec wiszący suchego procesu z podgrzewaczem/prekalcynatorem o wydajności 5800 ton klinkieru dziennie. W 1993 r., zakład stosował przez rok pilotażowy program SCR w warunkach dużej ilości pyłu, jako końcową fazę SNCR i sprawdził, ile kosztowałyby pełnowymiarowe SCR zainstalowane jako końcowa faza SNCR. Oznacza to początkowe poziomy NO_x w SCR nieprzekraczające 200 mg/Nm³. Szacowany koszt inwestycji wyniósł około 11,2 milionów EUR, a koszt użytkowania około 1,3 EUR na tonę klinkieru, co daje łączne koszty 3,2 EUR na tonę klinkieru. Koszt na dodatkowy kilogram ograniczonego NO_x wyniósł 5,5 – 7,3 EUR dla SCR. Takie koszty były zbyt wysokie i w opinii spółki nie miały uzasadnienia.

Koszty inwestycji dla pieca z podgrzewaczem o wydajności 3000 ton klinkieru dziennie szacowano na 3,5-4,5 miliona EUR, przy zastrzeżeniu, że informacje o kosztach inwestycji pochodzą wyłącznie od dostawcy, ale nie obejmują modyfikacji zakładu.

Badania dotyczące możliwości realizacji przeprowadzono w Austrii, Niemczech, Holandii i Szwecji. Szacowane koszty dla techniki SCR w przemyśle cementowym różnią się w znacznej mierze, przy czym koszty produkcji i okres eksploatacji katalizatorów stanowią główne zmienne.

Tabela 1.34 i 1.35 w rozdziale 1.4.5.1, a także Tabela 1.40 w rozdziale 1.4.8.2 zawiera przykładowe koszty.

Sila sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne. Wdrożenie SCR może być odpowiednie w celu osiągnięcia większej skuteczności redukcji NO_x lub jednoczesnej redukcji NO_x i innych zanieczyszczeń, np. amoniaku pochodzącego z surowców.

Przykładowe zakłady

Solnhofer Portland-Zementwerke (Niemcy), zakład cementowy Monselice (Włochy).

Materiały referencyjne

[4, Austria, 1998], [8, CEMBUREAU, 2001], [9, CEMBUREAU, listopad 1997], [12, Holandia, 1997], [18, Göller, 2001], [23, de Jonge, 2001], [24, Junker, 2001], [43, Wulf-Schnabel/Lohse, 1998], [57, Komisja Europejska, 2005], [76, Niemcy, 2006], [80, Alvaro A. Linero, 2006], [85,

CEMBUREAU, 2006], [92, Austria, 2006], [140, Włochy, 2007], [141, Leibacher/Bellin/Linero, 2007], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008].

1.4.5.2 Redukcja emisji SO₂

Pierwszym krokiem dotyczącym kontroli SO₂ jest uwzględnienie środków/technik optymalizacji podstawowego procesu, takich jak optymalizacja procesu spalania klinkieru, włącznie z ułatwieniem obsługi pieca, równomierną dystrybucją gorącej mączki w podnośniku pieca oraz zapobieganiem powstawania warunków redukcji w procesie spalania, a także wyborem surowców i paliw. Ponadto, stężenie tlenu w piecu u wlotu jest najważniejsze w przypadku zatrzymania SO₂ w ładowaniu pieca. Zwiększenie zawartości tlenu w długich piecach zmniejsza poziom SO₂ oraz zwiększa poziom NO_x. Jednakże, aby osiągnąć określoną jakość produktu, proces spalania w piecu będzie wymagał nadmiaru tlenu. Odpowiednio, istnieje zawsze wystarczający zapas tlenu w celu zagwarantowania tworzenia się siarczanów w dolnej części podgrzewacza cyklonowego lub w komorze gorącego gazu podgrzewacza z rusztem, które są uwalniane z systemu pieca przez klinkier. Należy dążyć do równowagi dla środowiska poprzez optymalizację NO_x/SO₂/CO, dostosowując zawartość tlenu w tylnej części. W przypadkach, w których takie środki/techniki są niewystarczające, należy podjąć dodatkowe środki/techniki „końca rury”. Tabela 1.36 i 1.37 zawiera listę środków, technik, które mają pozytywny wpływ, tzn. ograniczają emisje SO₂ powstałe w produkcji cementu, głównie w podgrzewaczu i w procesie obejścia. Tabela 1.36 stanowi podsumowanie danych dotyczących użytkowania, które są dostępne w treści niniejszego rozdziału i powinny być odczytywane w połączeniu z odpowiednimi paragrafami kolejnych rozdziałów (patrz: rozdziały 1.4.5.2.1 – 1.4.5.2.3). W tym kontekście, należy zwrócić uwagę na fakt, że w przypadku dodatkowego spalania odpadów należy spełnić wymogi WID [59, Unia Europejska, 2000].

Środek/technika	Zastosowanie systemów pieców	Skuteczność redukcji (%)	Odnutowane emisje		Odnutowane koszty	
			Nm ³ 1)	one ²⁾	milion EUR)	Działalność (EUR/t)
Dodatek absorbentu	Wszystkie	60-80%	<200-400 ⁵⁾	0,23-0,92	0,2-0,3	0,1-0,4
Mokra płuczka wieżowa	Wszystkie	>90%	<10-300 ⁴⁾	0,02-0,69	5,8-23 ⁶⁾	0,5-2 ⁶⁾
Węgiel aktywowany	Suche	Do 95%	<50	<0,11	15 ³⁾	Brak danych

¹⁾ Zazwyczaj dotyczy średniej dziennej, suchego gazu, 273 K, 101,3 kPa i 10% O₂

²⁾ kg/tonę klinkieru: w oparciu o 2300 m³/tonę klinkieru

³⁾ Koszt ten obejmuje także proces SNCR, dotyczący wydajności pieca o wartości 2000 ton klinkieru dziennie i początkowych emisji w wysokości 50-600 mg SO₂/Nm³, dane z 1997

⁴⁾ Ostateczny osiągnięty poziom emisji zależy od początkowej wartości SO₂ przed instalacją mokrej płuczki wieżowej i może być wyższy

⁵⁾ Dla początkowego poziomu SO_x w wysokości 1200 mg/Nm³ (patrz: rozdział 1.4.5.2.1)

⁶⁾ 2008

Tabela 1.36: Lista technik kontroli i redukcji SO₂

Tabela 1.37 przedstawia liczbę pełnowymiarowych instalacji znanych w krajach UE-27 oraz UE-23+ wykorzystujących środki/techniki obniżenia w celu redukcji emisji SO₂ w 2008.

Środki/techniki redukcji/kontroli emisji SO ₂			
Kraj		Dodatek absorbentu	Mokra płuczka wieżowa
Belgia	BE	2	
Bułgaria	BG		
Czechy	CZ	1	
Dania	DK		2
Niemcy	DE	11	
Estonia	EE		
Grecja	EL		
Hiszpania	ES		
Francja	FR	3	

Irlandia	IE			
Włochy	IT	1		
Cypr	CY			
Łotwa	LV			
Litwa	LT			
Luksemburg ¹⁾	LU			
Węgry	HU			
Malta	MT			
Holandia	NL			
Austria	AT	1	1	
Polska	PL			
Portugalia	PT	3		
Rumunia	RO			
Słowenia	SI		1	
Słowacja	SK			
Finlandia	FI			
Szwecja	SE		1	
Zjednoczone Królestwo	UK		2	
Szwajcaria	CH	1	1	1
Norwegia	NO			
Turcja	TR			
ŁĄCZNIE		23	8	1

Tabela 1.37: Techniki zapobiegania dla redukcji SO₂ wykorzystywane w krajach UE-27 oraz UE-23+ w roku 2008
[73, CEMBUREAU, 2006], [182, TWG CLM, 2008]

W europejskim przemyśle cementowym nie wykorzystuje się pół-mokrych ani suchych płuczek wieżowych. Zasada takich technik polega na neutralizacji SO₂ z gazów spalinowych poprzez wtryskiwanie chemicznych lub fizycznych czynników sorpcji. Produkty reakcji lub suche sole są rozpuszczane, zgodnie z takimi technikami. W Untervaz w Szwajcarii, jedyny zakład w Europie, który zainstalował suchą płuczkę wieżową z obiegiem złoża fluidalnego został zamknięty z powodów ekonomicznych i, w mniejszym stopniu, technicznych.

1.4.5.2.1 Dodawanie absorbentów

Opis i korzyści osiągnięte dla środowiska

Wtórne środki/techniki kontroli emisji wykorzystywane w przemyśle cementowym obejmują dodawanie suchego wapna w tak zwanym „procesie suchych dodatków” (dodawanie sorbentu do surowca) lub „procesie suchej sorpcji” (wtryskiwanie sorbentu do strumienia gazu). Dodawanie suchego wapna oferuje dodatkową zaletę w postaci tego, że dodatek zawierający wapno tworzy produkty reakcji, które mogą być bezpośrednio włączone do procesu spalania klinkieru.

Optymalny zakres temperatur dla dodawania suchego wapna to 350-400°C oraz poniżej 150°C, jeżeli gaz wzbogacony jest wodą. Odpowiednie lokalizacje dla dodawania suchego wapna w systemach cementowych pieców obrotowych obejmują górne odcinki cyklonu lub przewód surowego gazu.

W innym wypadku, suche wapno można dodać do młyna surowców razem ze składnikami surowca lub bezpośrednio do podajnika pieca. Suche wapno lub wapno gaszone (Ca(OH)₂), wapno niegaszone (CaO) lub aktywowany popiół lotny o wysokiej zawartości CaO są wtryskiwane do strumienia gazu spalinowego w temperaturach zbliżonych do punktu rosy, co powoduje bardziej korzystne warunki dla zatrzymania SO₂. W systemach pieców cementowych, taki zakres temperatur powstaje pomiędzy młynem surowców a zbiornikiem pyłu. Suche wapno reaguje z SO₂ w górnych odcinkach cyklonu i jest usuwane z systemu jako pył surowego gazu (zbiornik pyłu), który jest ponownie używany przez dolną jednostkę mielącą i suszącą z surowym gazem. Czynniki ograniczające skuteczność redukcji takiego procesu to krótki okres zatrzymania gazu w górnych

odcinkach cyklonu (minimum dwie sekundy) oraz wysokie poziomy gazu spalinowego CO₂, przekraczające 30%.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Intensywne wtryskiwanie wapna ma wpływ na jakość surowej mączki.

Dane operacyjne

Potencjał redukcji SO₂ poprzez dodanie suchego wapna jest określany przez początkowy poziom SO₂ oraz warunki gazów spalinowych z jednej strony i poziom stężenia cykliów siarki tworzących się w danym zakładzie z drugiej strony. Redukcję SO₂ wynoszącą od 60 do 80% można osiągnąć poprzez wtryskiwanie absorbentu w systemach pieców wiszących z podgrzewaczem. Przy początkowym poziomie nieprzekraczającym 400 mg/Nm³, osiągnięcie poziomu 100 mg/Nm³ jest teoretycznie możliwe. Przy początkowych poziomach SO₂ wynoszących do 1200 mg/Nm³, osiągnięcie redukcji w wysokości 400 mg/Nm³ jest możliwe. Wyższe początkowe poziomy SO₂ przekraczające 1200 mg/Nm³ potrzebują znacznych ilości absorbentu, co może być nieopłacalne. Ponadto, wyższe początkowe stężenie cykliów siarki prowadzi do zachwiania procesów na skutek tworzenia się osadów w obszarze kalcynacji. W związku z tym, istnieje ryzyko wyższej wartości recyrkulacji siarki oraz niestabilności pieca, ponieważ przy zastosowaniu tej techniki do pieca ponownie dostają się większe ilości siarki.

Zastosowanie

Dodawanie absorbentów ma zastosowanie, zasadniczo, we wszystkich systemach pieców, chociaż jest głównie stosowane w podgrzewaczach wiszących. Istnieje co najmniej jeden długi mokry piec cementowy wtryskujący NaHCO₃ do gazów spalinowych przed wykorzystaniem ESP w redukcji szczytowych emisji SO₂. Dodawanie wapna do podajnika pieca obniża jakość granulek/bryłek i powoduje problemy w piecach typu Lepol.

Proces suchej sorpcji (wtryskiwanie absorbentu do strumienia gazu) może być stosowany w formie suchej lub mokrej. Ustalono, że w przypadku pieców z podgrzewaczem, bezpośrednio wtryskiwanie wapna gaszonego do gazów spalinowych jest mniej wydajne niż dodawanie wapna gaszonego do podajnika pieca. SO₂ reaguje z wapnem, tworząc CaSO₃ i CaSO₄, które następnie dostaje się do pieca razem z surowcem i wchodzi w skład klinkieru. Taka technika jest odpowiednia w przypadku czyszczenia strumieni gazu umiarkowanym stężeniem SO₂ i może być stosowana przy temperaturze otoczenia przekraczającej 400°C. Najwyższą wydajność redukcji można osiągnąć przy temperaturze przekraczającej 600°C. Zaleca się wykorzystanie absorbentu opartego na Ca(OH)₂ o dużej powierzchni i wysokim stopniu porowatości. Wapno gaszone nie posiada wysokiego stopnia reakcyjności, w związku z tym należy stosować stosunki molowe Ca(OH)₂/SO₂ o wartości 3 i 6. Strumienie gazu o wysokim stężeniu SO₂ wymagają 6-7-krotnie wyższą ilość stechiometryczną absorbentu, powodując wysokie koszty użytkowania.

Kwestie ekonomiczne

Dodawanie absorbentu jest wykorzystywane w kilku zakładach i ma na celu zagwarantowanie, że przy wartościach szczytowych granice nie zostaną przekroczone. Oznacza to, że, ogólnie, nie jest to stosowane w sposób ciągły, ale tylko jeżeli wymaga tego sytuacja. Przy początkowym stężeniu SO₂ do 3000 mg/Nm³, redukcji do 65% i kosztach wapna gaszonego wynoszących 85 EUR za tonę, koszty inwestycji dla pieca z podgrzewaczem o wydajności 3000 ton klinkieru dziennie wynoszą od około 0,2 miliona do 0,3 miliona EUR, a koszty użytkowania wynoszą 0,1-0,4 EUR na tonę klinkieru.

Tabela 1.36 i rozdział 1.4.8.3 zawierają przykładowe koszty.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Warunki lokalne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady cementowe w UE-27.

[8, CEMBUREAU, 2001], [9, CEMBUREAU, listopad 1997], [12, Holandia, 1997], [30, Marchal, 2001], [76, Niemcy, 2006], [97, CEMBUREAU, 2007], [101, Francja/ADEME/MEDD, 2002], [168, TWG CLM, 2007].

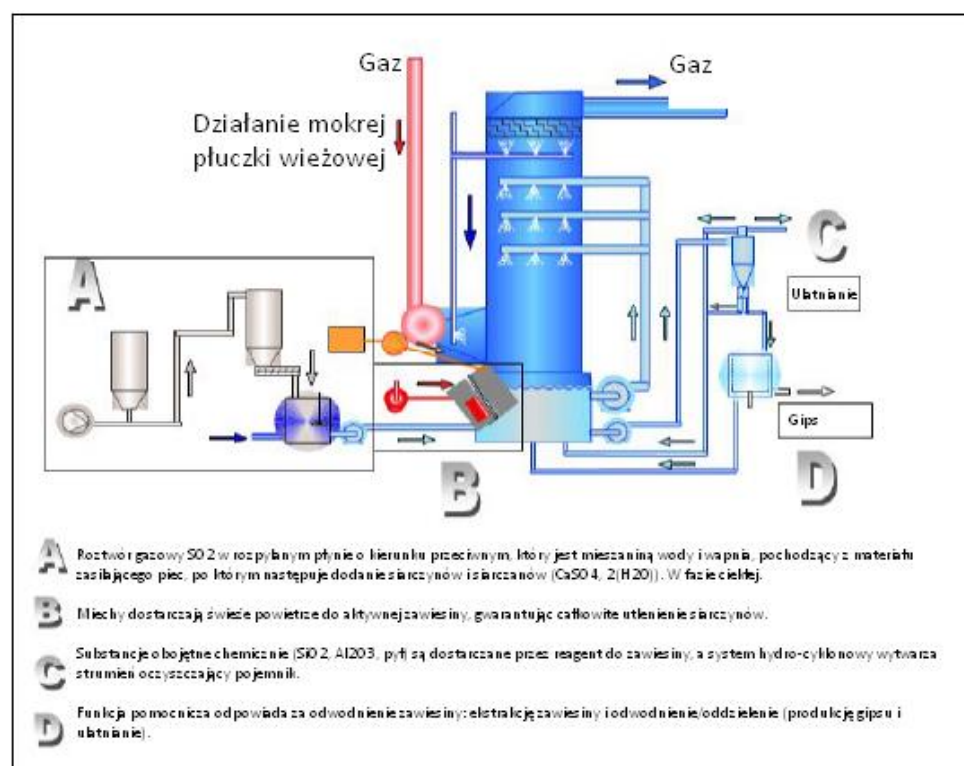
1.4.5.2.2 Mokra płuczka wieżowa

Opis i korzyści osiągnięte dla środowiska

Mokra płuczka wieżowa to najczęściej wykorzystywana technika odsiarczania gazów spalinowych w elektrowniach zasilanych węglem. W przypadku procesów produkcji cementu, mokry proces redukcji SO₂ jest techniką ustaloną. Mokra płuczka wieżowa oparta jest o następującą reakcję chemiczną:



SO_x jest absorbowane przez płyn/zawiesinę, które są rozpylane w wieży rozpylającej. Absorbentem jest węglan wapnia. Systemy mokrych płuczek wieżowych zapewniają najwyższy stopień skuteczności usuwania rozpuszczalnych gazów kwaśnych ze wszystkich metod odsiarczania gazów spalinowych (FGD) przy najniższych czynnikach stechiometrycznych oraz najmniejszym stopniu produkcji odpadów stałych. Jednakże, mokre płuczki wieżowe także w znaczny sposób redukują HCl, osadzony pył oraz, w mniejszym stopniu, metale i emisje NH₃. Podstawowe zasady działania mokrej płuczki wieżowej znajdują się na Rysunku 1.69.



Rysunek 1.69: Podstawowe zasady działania mokrej płuczki wieżowej. [91, CEMBUREAU, 2006]

Obecnie, w 2008 r., w europejskim przemyśle cementowym istnieje siedem mokrych płuczek wieżowych, które są w użyciu, posiadających wieże rozpylające, a planowane jest wykorzystanie jeszcze jednej. Zawiesina jest rozpylana w przeciwnym kierunku do gazu spalinowego i gromadzona w zbiorniku przetwarzającym na dnie płuczki wieżowej, gdzie zgromadzony siarczyn jest utleniany za pomocą powietrza do siarczanów i dihydratu siarczanu wapnia. Dihydrat jest oddzielany i

zależnie od właściwości fizyko-chemicznych gipsu, taki materiał może być wykorzystany w mieleniu cementu, a woda jest odprowadzana do płuczki wieżowej.

W porównaniu z suchą płuczką wieżową, potencjał tworzenia pyłu pieca cementowego (CKD) w procesie mokrym jest o wiele niższy i zachowane są naturalne zasoby gipsu. W Untervaz w Szwajcarii, jedyny zakład w Europie, który zainstalował suchą płuczkę wieżową z obiegiem złoża fluidalnego został zamknięty z powodów ekonomicznych i, w mniejszym stopniu, technicznych. Zazwyczaj, proces produkcji cementu lub zastosowanie płuczki wieżowej dla gazu nie mają na celu tworzenia odpadów w formie pyłu. W procesie mokrego odsiarczania, tworzy się $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, które jest wykorzystywane jako naturalny zamiennik gipsu, a następnie integrowane jako czynnik modulujący cementu. W procesie suchego/półsuchego odsiarczania, powstaje duża ilość $\text{CaSO}_3 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$, mającego negatywny wpływ na jakość cementu, a możliwości integracji w cemencie są ograniczone. Większość produktu suchej płuczki wieżowej jest w związku z tym ładowana z powrotem do pieca lub utylizowana.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Zwiększone zużycie energii.

Zwiększona produkcja odpadów po odsiarczaniu gazów spalinowych (FGD), a w przypadku przeglądów możliwość powstania dodatkowych odpadów.

Zwiększenie emisji CO_2 (patrz: reakcja chemiczna powyżej, w której CO_2 powstaje w procesie mokrej płuczki wieżowej).

Zwiększone zużycie wody.

Emisje do wody oraz zwiększone ryzyko skażenia wody.

Zwiększony koszt użytkowania.

Zastąpienie gipsu naturalnego sztucznym.

Dane operacyjne

Osiągnięta redukcja SO_2 może przekroczyć 95%. Cementa AB w Szwecji jest zakładem o wydajności 5800 ton klinkieru dziennie, posiadającym piec z podgrzewaczem, o początkowym stężeniu SO_2 w gazach spalinowych w wysokości 800-1000 mg/Nm^3 , co daje poziom $<10 \text{ mg}/\text{Nm}^3$. Castle Cement w Zjednoczonym Królestwie jest zakładem o wydajności 2500 ton klinkieru dziennie, posiadającym piec z podgrzewaczem, o początkowym stężeniu SO_2 w gazach spalinowych w wysokości 800-1400 mg/Nm^3 , co daje dzienne szczytowe wartości przekraczające czasami 2000 mg/Nm^3 . Ponadto, odnotowano emisje SO_2 o wartości 207 mg/Nm^3 średnio rocznie w latach 2002-2006, a maksymalne średnie dzienne wartości wynosiły od 248 do 296 mg/Nm^3 z powodu wysokiej zawartości siarki w surowcach.

Zastosowanie

Mokra płuczka wieżowa ma zastosowanie we wszystkich rodzajach pieców cementowych przy odpowiednich (wystarczających) poziomach SO_2 przy produkcji gipsu.

Kwestie ekonomiczne

W 2008 r., wydatki inwestycyjne dla mokrej płuczki wieżowej w zakładach Ribblesdale i Castle Cement w Zjednoczonym Królestwie zostały oszacowane przez dostawcę na około 23 miliony EUR, przy uwzględnieniu inflacji. W 2000 r., koszty inwestycji płuczki wieżowej w Castle Cement (włącznie z modernizacją zakładu) wyniosły 7 milionów EUR, a koszty użytkowania 0,9 EUR na tonę klinkieru. W 1998 w Cementa AB w Szwecji, koszty inwestycji wyniosły około 10 milionów EUR, a koszty użytkowania około 0,5 EUR na tonę klinkieru. Przy początkowym stężeniu SO_2 do 3000 mg/Nm^3 oraz wydajności pieca w wysokości 3000 ton klinkieru dziennie, koszty inwestycji pod koniec lat 90-tych wynosiły 6-10 milionów EUR, a koszty użytkowania 0,5-1 EUR na tonę klinkieru. Ponadto, w 1998 r. w zakładzie cementowym w Austrii, koszty inwestycji dla mokrej płuczki wieżowej (redukcja emisji SO_2 do mniej niż 200 mg/Nm^3) wyniosły 5,8 milionów EUR, a do 2008, roczne koszty użytkowania wyniosły 140.000 EUR. W 2008, w europejskim przemyśle cementowym odnotowano koszty inwestycji pomiędzy 6 a 30 milionów EUR, a koszty użytkowania pomiędzy 1-2 EUR na tonę klinkieru.

Przykładowe koszty oraz zestaw różnych danych obliczonych dla przykładowego zakładu o wydajności 1100 t/d znajdują się w Tabeli 1.41 w rozdziale 1.4.8.3.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.
Warunki lokalne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Cementa AB (Szwecja), Castle Cement (Zjednoczone Królestwo), zakład Retznei (Lafarge, Austria), Dunbar (Zjednoczone Królestwo), Trebovlje (Słowenia), Untervaz (Szwajcaria), [8, CEMBUREAU, 2001], [9, CEMBUREAU, listopad 1997], [10, Cementa AB/Hagström, 1994], [11, Coulburn, 2001], [24, Junker, 2001], [81, Castle Cement Zjednoczone Królestwo, 2006], [86, EURITS, 2006], [92, Austria, 2006], [103, CEMBUREAU, 2006], [114, Szwecja, 2006], [132, CEMBUREAU/Federhen, 2007], [168, TWG CLM, 2007], [175, Lafarge, 2007], [182, TWG CLM, 2008], [183, Szednyj/Schindler, 2005]

1.4.5.2.3 Węgiel aktywowany

Opis i korzyści osiągnięte dla środowiska

Zanieczyszczenia, takie jak SO₂, związki organiczne, metale, związki NH₃, NH₄, HCl, HF i osadzony pył (po ESP i filtrach materiałowych) mogą być usuwane z gazów spalinowych poprzez adsorpcję węgla aktywowanego. Filtr węgla aktywowanego jest wykorzystywany w przypadku techniki wtryskiwania lub jest zbudowany jako złożo posiadające ścianki działowe. Budowa modułowa umożliwia dostosowanie rozmiarów filtrów do różnej przepustowości gazu i wydajności pieca. Wykorzystany koks aktywowany jest okresowo zbierany w oddzielnym silosie i zastępowany świeżym adsorbentem. Poprzez wykorzystanie nasyconego koksu jako paliwa w piecu, uwięzione w nim substancje powracają do systemu i w dużym stopniu stają się trwałą częścią klinkieru cementowego.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Odpady pozostałe po węglu aktywowanym muszą być traktowane jako odpady niebezpieczne.

Dane operacyjne

Jedyny filtr z węgla aktywowanego nadal istniejący w europejskim przemyśle cementowym jest zainstalowany w zakładach cementowych w Siggenthal w Szwajcarii. Piec w Siggenthal jest czterostopniowym piecem cyklonowym z podgrzewaczem o wydajności 2000 ton klinkieru dziennie. Pomiary wykazały wysoką skuteczność usuwania SO₂, metali i PCDD/F. W okresie 100-dniowej próby, stężenie SO₂ u wlotu filtra wahało się pomiędzy 50 a 600 mg/Nm³, a stężenie u wylotu zawsze miało wartość poniżej 50 mg/Nm³. Stężenie pyłu spadło z 30 mg/Nm³ do znaczącej wartości poniżej 10 mg/Nm³.

Zastosowanie

Filtr z węgla aktywowanego może mieć zastosowanie we wszystkich systemach pieców suchych. Odpady, takie jak zużyty węgiel aktywowany z PCDD/F i inne zanieczyszczenia, takie jak rtęć, muszą być traktowane jako odpady niebezpieczne. W takich procesach szczególne ważne są monitorowanie i kontrola temperatury i CO w celu zapobiegania pożarom w filtrach z koksu.

Kwestie ekonomiczne

System w Siggenthal obejmuje także proces SNCR, a w 1999 r. miasto Zurych sfinansowało około 30% całkowitych kosztów inwestycji wynoszących w przybliżeniu 15 milionów EUR. Inwestycja w taki system redukcji miała na celu umożliwienie wykorzystania przez zakłady cementowe przetworzonych odpadów jako paliwa.

Koszty użytkowania mogą wzrosnąć.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.
Warunki lokalne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Siggenthal, Szwajcaria.

[9, CEMBUREAU, listopad 1997], [10, Cementa AB/Hagström, 1994], [12, Holandia, 1997], [86, EURITS, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008].

1.4.5.3 Redukcja emisji tlenków węgla (CO) i pików CO

Opis

Gaz spalinowy pieca/młyna surowców zawiera, oprócz innych składników, takich jak CO₂, N₂, para wodna i tlen oraz, w mniejszym stopniu, NO i SO_x, także w mniejszym stopniu CO.

Wybór, jeżeli taki jest możliwy, surowców o niskiej zawartości materii organicznej, także zmniejsza emisję CO. W przypadku niepełnego spalania, emisja tlenku węgla (CO) stanowi ogólnie utratę wydajności. W związku z tym, operator będzie dążył do ograniczenia emisji CO w swoich piecach. Poprawa spalania, polegająca na optymalizacji i poprawie jakości dostarczanego paliwa, właściwości i konfiguracji palnika, budowy pieca, temperatury spalania oraz okresu rezydencji może ograniczyć emisję CO.

Ponadto, wszelkie środki/techniki ograniczające zużycie energii z paliwa mogą także ograniczyć emisję CO₂. Jeżeli jest to możliwe, wybór surowców o niskiej zawartości materii organicznej oraz paliw o niskim stosunku zawartości węgla do wartości kalorycznej ogranicza emisję CO₂.

Piki CO

Emisje pyłu spowodowane pikami CO mogą mieć miejsce w ESP oraz, w pewnym stopniu, w filtrach hybrydowych. ESP należy zamknąć w przypadku podwyższonych poziomów CO w gazach spalinowych ze względów bezpieczeństwa.

Aby ograniczyć okres przestoju ESP, należy przyjąć systematyczne podejście etapowe:

- wyznaczyć cele i dokonać oceny sytuacji w odniesieniu do głównych czynników mających wpływ na piki CO, takich jak następujące przyczyny pików CO:
 - zaburzenie procesu
 - wysoki poziom CO w tle spowodowany wysoką zawartością substancji organicznych w surowcu
 - zaburzenie systemu dostarczającego paliwo
 - zaburzenie procesu spalania
- porównać i ocenić aktualną i optymalną sytuację, zidentyfikować potencjał optymalizacji i określić priorytety – analiza deficytów
- zoptymalizować proces, system analizy, zapewniając dostępność, rzetelność i prędkość, zoptymalizować środki/techniki reakcji

Ponadto, aby zidentyfikować jakiegokolwiek przyczyny i zareagować na przeciwnie środki/techniki, należy uzyskać następujące informacje:

- informację dotyczącą rzetelności, dostępności i dynamicznego zachowania sprzętu do analizy
- informację dotyczącą statystyk rozwoju CO
- informację dotyczącą wykorzystanych paliw, systemu dostarczającego paliwo i procesu

Systemy dostarczające paliwo, które zostały zaprojektowane w celu zapobiegania wyciekom paliwa do systemu pieca i utrzymania stabilnego działania systemu spalania, mogą zminimalizować piki CO.

W celu kontrolowania poziomu CO w piecach cementowych, wykorzystano automatyczny pomiar CO mający na celu ciągłe monitorowanie CO z gazów spalinowych. Takie środki/techniki muszą zostać zoptymalizowane odnośnie czasu reakcji, a także procedury zamknięcia i muszą być odpowiednio utrzymywane. Idealny system monitorowania CO posiada krótki czas reakcji i powinien znajdować się blisko źródła CO, takiego jak wylot wieży podgrzewacza lub wlot pieca w przypadku zastosowania pieca mokrego. Jednakże, należy przeprowadzić analizę czasu martwego całego systemu – włącznie z czasem wstrzymania związanym z objętością przewodu. W idealnym przypadku, czas martwy, w którym próbka gazu CO przedostaje się z punktu ssania do punktu analizy wynosi około 20-30 sekund (opóźnienie czasu analizy). Dodanie dodatkowych 10-30 sekund czasu opóźnienia, jako czasu reakcji analizy, powinno dać łączny maksymalny czas martwy przed osiągnięciem w przybliżeniu 85% wartości maksymalnej. Łączny czas martwy warunkuje kiedy należy podjąć działania – nie za wcześnie i nie za późno. Jeżeli zostanie przeprowadzona bardziej szczegółowa analiza spadku sygnału CO, można uzyskać dokładniejsze przypuszczenie odnośnie tego, kiedy należy zamknąć system wysokiego napięcia ESP, a kiedy można przywrócić jego pełne działanie – stąd oszacowanie czasu opuszczenia przez CO obszaru krytycznego.

Opóźnienie czasu monitorowania CO może zostać zredukowane przez zwiększenie przepływu próbek, skrócenie odległości pomiędzy punktem pobierania próbek przez urządzenie analizujące, zmniejszeniem objętości systemu analizy oraz szybki sygnał elektroniczny. Dostępne są szybkie systemy in situ z czasem odpowiedzi <3 sekund, jednak mają one ograniczenia w przypadku gazów o wysokim stężeniu pyłu. Ogólnie, konieczna jest dokładna konserwacja i system kalibracji. Jednakże, zakres urządzenia analizującego i komponenty muszą odpowiadać limitom krytycznym do 5% dla CO i 3% dla CH₄.

Jeżeli pików CO nie można ograniczyć, należy w szczególności zwracać uwagę na wszelkie źródła zapłonu, zwłaszcza w odniesieniu do sprzętu wysokiego napięcia ESP. Uwalnianie się gazów ze sprzętu wysokiego napięcia jest, jako takie, ostatecznością i jest niepożądane. Pozostałymi potencjalnymi źródłami zapłonu mogą być ładunki elektrostatyczne spowodowane tarciami pomiędzy substancjami stałymi lub także działaniem wentylatorów, możliwe w każdym systemie zbierającym pył. Ogólnie, limit krytyczny wynosi >8% CO lub CH₄ w obecności >6% O₂. W rzeczywistości, uwalniające się CO szybko przemieszcza się przez przewody gazu i dociera do obszaru krytycznego dla źródła zapłonu zanim system analizujący uruchomi alarm. W związku z tym, poziom działania musi być znacznie niższy niż poziom teorii i zależy dodatkowo od stężenia CH₄ i H₂, w szczególności w przypadku wykorzystania gazu ziemnego jako paliwa.

Zakłócenia mają głównie miejsce podczas etapu rozruchu. Dla zachowania bezpieczeństwa, urządzenia analizujące gaz w celu ochrony ESP muszą być cały czas aktywne w trakcie wszystkich etapów. Okres przestoju zakładu można skrócić poprzez zastosowanie systemu wsparcia, który działa.

Korzyści osiągnięte dla środowiska

Redukcja ryzyka eksplozji, pików CO, emisji CO i pyłu (cząstek stałych).

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Mogą pojawić się emisje pyłu (cząstek stałych) spowodowane pikami CO.

Dane operacyjne

CO znajduje się w gazach spalinowych przy stężeniach do 0,1%, a dodatkowe CO pochodzi z węgla w surowcach.

Emisje CO pomiędzy 200 a 2200 mg/Nm³ (średnia wartość roczna) zostały odnotowane w drodze ciągłych pomiarów (patrz: Rysunek 1.34 w rozdziale 1.3.4.4.2).

Do uwolnienia się CO może dojść w ciągu kilku minut lub nawet sekund, a jego poziom będzie się szybko zbliżał do limitu przerwania pracy (patrz: rozdziały 1.3.4.1.1 i 1.4.4.3.1). Częstotliwość pików CO może zostać zminimalizowana, przy czym zarejestrowano przykłady całkowitych

zakresów trwania wynoszących 1-29 minut rocznie, odpowiednio <0,001-0,009% w odniesieniu do całkowitego użytkowania pieca (patrz: rozdział 1.3.4.1.1) [158, Niemcy, 2007].

Przykłady podstawowych środków/technik, które mogą zostać wykorzystane do zapobiegania pikom CO w ESP zostały wymienione w Tabeli 1.38. Standardowe etapy mogą z początku obejmować ograniczanie dostarczanego paliwa oraz wysoki poziom napięcia. Następnie, całkowite odcięcie paliwa i automatyczne uwolnienie transformatorów wysokiego napięcia. System następnie musi być oczyszczony przez ciągle działające wentylatory. Czas potrzebny na oczyszczenie może być określony w taki sam sposób jak czas opóźnienia.

Podstawowe środki/techniki zapobiegające pikom CO		
Punkt pomiaru	Poziom CO (%)	Pomiar
W wieży podgrzewacza	0,5	Alarm, zamknięcie prekalcyntora/systemu opalania u wlotu pieca
	1,2	Zamknięcie głównego systemu opalania
	2,5	Zamknięcie elektrycznego odpylacza z wysokim napięciem
Za wieżą podgrzewacza	0,5	Alarm, zamknięcie prekalcyntora/systemu opalania u wlotu pieca
	0,8	Zamknięcie głównego systemu opalania
	1,5	Zamknięcie elektrycznego odpylacza z wysokim napięciem
	0,5	Ponowne uruchomienie sprzętu wysokiego napięcia ESP

Tabela 1.38: Przykładowe środki/techniki zapobiegające pikom CO z ESP
[60, VDI 2094 Niemcy, 2003], [83, CEMBUREAU, 2006]

Zastosowanie

Środki/techniki redukujące piki CO mogą być stosowane we wszystkich rodzajach pieców.

Stosując automatyczne urządzenie monitorujące CO do ciągłego monitorowania gazów spalinowych w piecach z opalaniem wtórnym, dodatkowa niezawodność działania filtrów może zostać zagwarantowana poprzez sekwencyjne wyłączenie systemu opalania w przypadku pików CO.

Wykorzystanie różnych paliw, a w szczególności paliw stałych, może prowadzić do niestabilnego działania systemu spalania i powodować powstawanie pików CO. Systemy dostarczające paliwo powinny być zbudowane w taki sposób, aby zapobiegać wyciekom paliwa w systemie pieca w każdym momencie. Właściwości nośne paliw stałych są szczególnie ważnym czynnikiem w tym względzie i muszą być dokładnie kontrolowane, aby zapobiegać wstrzymaniu lub blokadom w procesie przygotowania paliwa i systemach dostarczających paliwo.

Filtry materiałowe

Filtry materiałowe używane w otoczeniach przekraczających normy krytyczne mogą także sprawiać problemy. W związku z tym, poziom CO przy użytkowaniu powinien być jak najniższy. Tak jak w przypadku ESP, dodatkowe łatwopalne składniki gazu, takie jak CH₄ i H₂ będą obniżały poziom krytyczny, tzn. w przypadku obecności około 2% wodoru, poziom krytyczny będzie obniżony do około 5%.

Określonymi potencjalnymi źródłami zapłonu w przypadku filtrów materiałowych mogą być ładunki elektrostatyczne spowodowane tarciem sztucznych włókien lub w przypadku filtrów hybrydowych (połączenia ESP z filtrem materiałowym), ładunki elektrostatyczne nagromadzone na workach filtra. W celu zapobiegania przestojom, w szczególności w młynach węgla, worki posiadają specjalną siatkę z włókien stalowych lub powierzchnię przewodzącą i są uziemione dzięki płytce worka. Podobnie w przypadku hybrydowych kolektorów pyłu, zaleca się uziemienie za pomocą płytki w miejscu mocowania worka. Tak jak w przypadku systemu ESP, CO należy usunąć. Oczyszczanie młynów węgla najlepiej przeprowadzić, wykorzystując gaz obojętny, taki jak gaz pieca, CO₂ lub N₂.

Kwestie ekonomiczne

Brak danych.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.
Warunki lokalne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady cementowe w UE-27.

Wskazówki dotyczące kontroli uwalniania się CO (patrz: rozdział 4.2.6) [83, CEMBUREAU, 2006], [60, VDI 2094 Niemcy, 2003], [158, Niemcy, 2007], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008].

1.4.5.4 Redukcja całkowitych emisji węgla organicznego (TOC)

Opis i korzyści osiągnięte dla środowiska

W zwyczajnych okolicznościach, emisje lotnych związków organicznych (VOC) są niskie, jednak mogą zwiększyć się z powodu zawartości lotnych substancji organicznych w surowcach wykorzystywanych w zakładzie. Materiały naturalne lub materiały z odpadów o wysokiej zawartości lotnych związków organicznych nie powinny, jeżeli istnieje możliwość wyboru, być dostarczane do systemu pieca drogą dostarczania surowców, a paliwa o wysokiej zawartości halogenów nie powinny być stosowane w opalaniu drugorzędym.

W przypadku wystąpienia podwyższonego stężenia VOC, można uwzględnić adsorpcję węgla aktywowanego tak jak w pozostałych sektorach.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Brak danych.

Dane operacyjne

Emisje TOC zarejestrowane w europejskich zakładach cementowych wahają się pomiędzy 1 a 40 mg/Nm³ (średnia wartość roczna) i mogą być wyższe, zależnie od właściwości surowca (patrz: rozdział 1.3.4.5).

W przypadku dodatkowego spalania odpadów, należy spełnić wymogi WID [59, Unia Europejska, 2000].

Zastosowanie

Takie środki/techniki mają zastosowanie, zasadniczo, w piecach cementowych.

Kwestie ekonomiczne

Brak danych.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady cementowe w UE-27.

[9, CEMBUREAU, listopad 1997], [59, Unia Europejska, 2000], [76, Niemcy, 2006], [97, CEMBUREAU, 2007], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008].

1.4.5.5 Redukcja chlorowodorów (HCl) i fluorowodorów (HF)

Opis i korzyści osiągnięte dla środowiska

Wykorzystanie surowców i paliw o niskiej zawartości chloru i fluoru może obniżyć emisje chloru i fluoru (patrz także: rozdziały 1.4.3.2 i 1.4.3.3). Ponadto, wykorzystanie technik wtryskiwania adsorbentów lub płuczki wieżowej może także mieć wpływ na emisje HCl i HF.

Związki chloru gromadzą się w podajniku pieca lub pyle przy temperaturach pomiędzy 700 a 900°C. Wykazują zachowania cykliczne i mogą być wzbogacone w obszarze pomiędzy piecem obrotowym

a podgrzewaczem. Wykorzystanie obejścia u wlotu pieca umożliwia skuteczną redukcję cykli chlorków alkalicznych. Ponadto, niskie poziomy chloru w surowych materiałach oraz w paliwach powodują mały obieg chloru i mogą zmniejszyć cykl wzbogacania wynikający z obiegu wewnętrznego pomiędzy piecem a podgrzewaczem.

90-95% fluoru, który jest obecny w piecach obrotowych, jest zatrzymane w klinkierze, a pozostałość jest związana w pyłe w formie fluorku wapnia (CaF_2), który jest stabilny w warunkach procesu spalania.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Wykorzystanie systemu obejścia (usunięcie gorącego surowca i gorącego gazu) prowadzi do wyższego określonego zużycia energii (patrz: rozdział 1.4.2.1.4) i zwiększenia ilości odpadów do utylizacji.

Dane operacyjne

Najlepsze wyniki emisji HCl wynoszą między 0 a 8 mg/Nm³ (średnia wartość roczna) i zależą od zawartości chloru w surowcach i paliwach (patrz: rozdział 1.3.4.8.1).

Najlepsze wyniki emisji HF dla pieców cementowych wynoszą poniżej 0,6 mg/Nm³ (średnia wartość roczna), wyrażone jako HF (patrz także: rozdział 1.3.4.8.2).

W przypadku dodatkowego spalania odpadów, należy spełnić wymogi Dyrektywy w sprawie spalania odpadów [59, Unia Europejska, 2000].

Zastosowanie

Środki/techniki mają, z zasady, zastosowanie w przemyśle cementowym.

Kwestie ekonomiczne

Brak danych.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Warunki lokalne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady cementowe w UE-27.

[59, Unia Europejska, 2000], [76, Niemcy, 2006], [97, CEMBUREAU, 2007], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008].

1.4.6 Redukcja emisji polichlorowanych dibenzodioksyn (PCDD) oraz polichlorowanych dibenzofuranów (PCDF)

Opis i korzyści osiągnięte dla środowiska

Piece cementowe ogólnie produkują bardzo niskie poziomy emisji PCDD/F; jednakże, można zastosować ogólne podstawowe środki/techniki mające na celu ich zmniejszenie, takie jak:

- prosta i stabilna obsługa pieca, bliska wyznaczonym punktom parametrów procesu, która jest korzystna dla wszystkich emisji pieca, a także dla zużycia energii. Można ją osiągnąć, stosując:
 - optymalizację procesu kontroli, włącznie z automatycznym komputerowym systemem kontroli
 - wykorzystanie nowoczesnych systemów dostarczania paliwa
- zminimalizowanie energii paliwa poprzez:
 - podgrzewanie i kalcynację, przy uwzględnieniu istniejącej konfiguracji pieca
- staranny wybór i kontrolę substancji dostarczanych do pieca
 - wybór i wykorzystanie homogenicznych surowców i paliw o niskiej zawartości siarki, azotu, chloru, metali i lotnych związków organicznych, jeżeli jest to możliwe.

Aby zminimalizować możliwość tworzenia się PCDD/F, należy uwzględnić następujące ważne środki/techniki:

- szybkie schładzanie gazów spalinowych pieca do mniej niż 200°C w długich mokrych i suchych piecach bez podgrzewania. Nowoczesne piece z podgrzewaczem i kalcynatorem już zawierają taką funkcję
- ograniczenie lub unikanie odpadów wykorzystywanych jako surowce w ramach mieszanki surowców, jeżeli obejmują organiczne materiały chlorowane
- niedostarczanie paliwa z odpadów w momencie rozruchu i zamknięcia
- monitorowanie i stabilizacja krytycznych parametrów procesu, tzn. homogenicznej mieszanki surowców i dostarczania paliwa, regularnego dozowania i nadmiaru tlenu [86, EURITS, 2006], [88, SINTEF, 2006]
- paliwa o wysokiej zawartości halogenów nie powinny być wykorzystywane w opalaniu uzupełniającym

Jednakże, jeżeli wystąpi zwiększone stężenie PCDD/PCDF, można uwzględnić adsorpcję węgla aktywowanego tak jak w pozostałych sektorach.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Wykorzystanie systemów tłumienia gazów spalinowych, które składają się z systemu wtryskiwania wody w kanale wentylacyjnym, może mieć wpływ na wydajność energetyczną.

Dane operacyjne

Większość pieców cementowych spełnia poziomy emisji w wysokości 0,1 ng I-TEQ/Nm³, jeżeli zostaną zastosowane podstawowe środki/techniki [88, SINTEF, 2006]. W 2004 r., pomiary punktowe wykazały, że wysokie wartości dla wszystkich pieców w krajach EU-27 i EU-23+ oznaczają poziomy emisji pomiędzy <0,03 a 0,05 ng I-TEQ/Nm³ dzięki zastosowaniu podstawowych środków/technik (patrz: Rysunek 1.39 w rozdziale 1.3.4.6). Ponadto, poziomy emisji <0,03 ng I-TEQ/Nm³ w ramach średnich rocznych wartości zostały osiągnięte przez wiele zakładów cementowych (patrz: Rysunek 1.38 w rozdziale 1.3.4.6).

Zastosowanie

Takie środki/techniki mają, zasadniczo, zastosowanie w piecach cementowych. W mokrych piecach, kontrolowanie warunków użytkowania poza piecem może ograniczyć emisję PCDD/F.

Kwestie ekonomiczne

Brak danych.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.
Warunki lokalne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady cementowe w UE-27.
[86, EURITS, 2006], [88, SINTEF, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008].

1.4.7 Redukcja emisji metali

Opis i korzyści osiągnięte dla środowiska

Należy unikać dostarczania do systemów pieca materiałów o wysokiej zawartości metali lotnych. Wykorzystanie materiałów o wysokiej zawartości metali lotnych, takich jak Hg i Tl powinno podlegać uważnej kontroli, ponieważ skutkują one zwiększeniem emisji, podczas gdy pozostałe metale znajdują się w klinkierze oraz w pyłe. Uważny wybór i gwarantowane właściwości substancji dostarczanych do pieca mogą ograniczyć emisję, np. wykorzystanie systemu zapewnienia jakości w celu zagwarantowania właściwości wykorzystanych odpadów (patrz: rozdziały 1.4.3.2 i 1.4.3.3).

Nagromadzenie metali, w szczególności talu, w wewnętrznych i zewnętrznych cyklach systemów pieców cementowych skutkuje zwiększeniem emisji przy zwiększeniu czasu użytkowania pieca. Można to ograniczyć poprzez częściowe lub całkowite przerywanie takich cykli. Jednakże, bliski związek pomiędzy wewnętrznymi a zewnętrznymi cyklami oznacza, że wystarczy przerwać wyłącznie cykl zewnętrzny. Można tego dokonać poprzez usunięcie pyłu nagromadzonego w kolektorze pyłu, zamiast dodania go do surowej mączki. Jeżeli jego skład chemiczny jest odpowiedni, taki usunięty pył pieca cementowego może być dodany bezpośrednio do etapu mielenia cementu [27, Uniwersytet w Karlsruhe, 1996].

Ponieważ emitowane metale (z wyjątkiem części rtęci) stanowią, w dużej mierze, część pyłu, strategię dotyczące ograniczania metali podlegają pod strategię dotyczące ograniczania pyłu. Skuteczne usuwanie pyłu ogranicza emisję metali. Jednym ze sposobów na redukcję emisji rtęci jest obniżenie temperatury gazów spalinowych. Nielotne elementy pozostają w procesie i opuszczają piec jako część składu klinkieru cementowego. Przy wysokich stężeniach metali lotnych (w szczególności rtęci), zawartość metali lotnych (w szczególności rtęci) w materiałach musi być zminimalizowana, a ograniczenie dodawania takich substancji do systemu pieca może okazać się konieczne (patrz: rozdziały 1.3.4.13, 1.4.3.2 i 1.4.3.3).

Ponadto, istnieje możliwość absorpcji do węgla aktywowanego. Metale częściowo lotne kondensują się w formie drobnych spalin i mogą zostać zatrzymane, jednak przy niższej skuteczności usuwania niż w przypadku metali nielotnych. W przypadku wprowadzenia metali nielotnych do systemu pieca, są one, w dużej mierze, zatrzymywane w klinkierze (patrz: rozdział 1.3.4.7).

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Skuteczne usuwanie pyłu także ogranicza emisję metali.

Dane operacyjne i zastosowanie

Dzięki dodawaniu sproszkowanego węgla aktywowanego, rtęć jest przez niego adsorbowana. Skuteczność usuwania rtęci (metalicznej i jonowej) wynosząca około 85 i 95% została odnotowana dla takiego środka/techniki. Skutkuje to emisją Hg na poziomie 0,01-0,03 mg/Nm³. Jednakże, dla takiego środka/techniki nie istnieje żadna metoda przemysłowa.

Statyczny węgiel aktywowany lub filtr koksowy wykorzystuje adsorpcję rtęci z PCDD/F do filtra węgla aktywowanego, który jest zbudowany jako złożo posiadające ścianki działowe. Wykorzystanie takiego środka/techniki zapewnia emisję Hg poniżej 0,03 mg/Nm³. Filtr musi być okresowo wymieniany, jeżeli zostanie nasycony. Odpady, takie jak zużyty węgiel aktywowany z PCDD/F oraz inne zanieczyszczenia, takie jak rtęć, stanowią odpady niebezpieczne i muszą być jako takie odpady zutylicowane [86, EURITS, 2006].

Jednakże, w krajach UE-23+ jest w użyciu tylko jeden filtr z węgla aktywowanego, który znajduje się w Siggenthal w Szwajcarii (patrz: rozdział 1.4.5.2.3).

Ponadto, emisje rtęci na poziomie od <0,01 do 0,05 mg/Nm³ zostały osiągnięte bez wykorzystania węgla aktywowanego zgodnie z Rysunkiem 1.46 (pomiar punktowy) oraz Rysunkiem 1.47 (średnie wartości roczne, patrz: rozdział 1.3.4.7.1).

W przypadku dodatkowego spalania odpadów, należy spełnić wymogi Dyrektywy w sprawie spalania odpadów [59, Unia Europejska, 2000].

Kwestie ekonomiczne

Wymagany system zapewnienia jakości, mający na celu zagwarantowanie właściwości materiałów dostarczanych do pieca, może powodować powstanie dodatkowych kosztów.

Skutecznie usuwanie pyłu pozwala uniknąć wysokich kosztów wynikających z wykorzystania filtrów z węgla aktywowanego.

W przypadku zakładu Siggenthal w Szwajcarii, miasto Zurych sfinansowało około 30% całkowitych kosztów inwestycji wynoszących w przybliżeniu 15 milionów EUR.

Siła sprawcza wdrożenia
Wymogi prawne.

Przykładowe zakłady
Siggenthal, Szwajcaria.

Materiały referencyjne
[27, Uniwersytet w Karlsruhe, 1996], [59, Unia Europejska, 2000], [86, EURITS, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008].

1.4.8 Przykładowe koszty dla różnych środków/technik ograniczających gazy spalinowe oraz podstawowych środków/technik, które mogą być wykorzystane w redukcji emisji

1.4.8.1 Przykładowe koszty dla środków/technik ograniczających pył

Tabela 1.39 zawiera przykładowe koszty dla środków/technik ograniczających pył. Na potrzeby badania należy uwzględnić różne środki/techniki, takie jak ESP i filtry materiałowe. Zmienne koszty dotyczące użytkowania obejmują elektryczność, koszty pracy i utylizacji pyłu, i zostały one uwzględnione oddzielnie w niniejszej tabeli. Ponadto, najważniejsze właściwości różnych filtrów materiałowych włącznie z kosztami znajdują się w rozdziale 1.4.4.3.2, gdzie zastosowanie techniczne włókien przedstawia Tabela 1.32. Informacje zawarte w Tabeli 1.32 zostały zebrane w 2003 r. i podlegają lokalnym kosztom stałym w odniesieniu do energii i robocizny. Należy zwrócić uwagę, że Tabela 1.32 nie uwzględnia żadnych kosztów wymiany środków filtrujących w filtrach materiałowych.

Inwestycje i koszty środków/technik ograniczających pył					
Parametry	Jednostka	Środek/technika ograniczająca pył			
		ESP		Filtr materiałowy	
Opis przykładowej instalacji		I ⁰⁾	II	I ⁰⁾	II
Wydajność	t klinkieru/d	1100	3000	1100	3000
Okres eksploatacji	rok	35		35	
Czynnik zakładu	godz/rok	7680		7680	
Koszty inwestycji	k EUR	1500	2100 – 4600 ⁸⁾ 4500 – 6000 ⁹⁾	1750	2100 – 6800 ¹⁰⁾ 4000 – 8000 ¹¹⁾
Roczne koszty inwestycyjne	k EUR				
Stawka odsetek	%/100/rok	4		4	
Okres eksploatacji sprzętu kontrolnego	rok	10		10	
Łącznie	k EUR	184,94		215,76	
Łącznie	k EUR/tonę klinkieru	5,25E-04		6,13E-04	
Stale koszty użytkowania	%/rok ²⁾	4		4	
Łącznie	k EUR	60		70	
Łącznie	k EUR/tonę klinkieru	1,70E-04		1,99E-04	
Zmienne koszty użytkowania	k EUR/tonę klinkieru	3,15E-04		3,77E-04	
Koszty na tonę klinkieru	k EUR/tonę klinkieru	1,01E-03		1,19E-03	
Koszty na tonę ograniczonego PM ³⁾	k EUR/t ograniczonego PM				

Czynnik nieograniczonych emisji ¹⁾	t PM/t klinkieru	0,13 56,520 mg/Nm ³		0,13 56,520 mg/Nm ³	
Czynnik ograniczonych emisji ¹⁾	t PM/t klinkieru	0,000046 20 mg/Nm ³		0,000046 20 mg/Nm ³	
Łącznie	k EUR/t ograniczonego PM	0,008		0,009	
Łączne koszty użytkowania	EUR/t klinkieru		0,1-0,3		0,1-0,35
Określenie zmiennych kosztów użytkowania					
Koszty prądu⁴⁾					
Dodatkowe zapotrzebowanie na prąd (λ ⁵⁾)	kWh/t klinkieru	4,15 190 kW		5,24 240 kW	
Cena elektryczności (c ⁶⁾)	EUR/kWh	0,0569		0,0569	
Łącznie	k EUR/tonę klinkieru	2,36E-04		2,98E-04	
Koszty robocizny⁶⁾					
Zapotrzebowanie na robociznę (λ ¹⁾)	człowiek-rok/t klinkieru	2,13E-06		2,13E-06	
Wynagrodzenia (c ¹⁾)	k EUR/człowiek-rok	37,234		37,234	
Łącznie	k EUR/tonę klinkieru	7,93E-05		7,93E-05	
Koszty utylizacji pyłu⁷⁾					
Łącznie	k EUR/tonę klinkieru	0		0	
Łączne zmienne koszty użytkowania	k EUR/tonę klinkieru	3,15E-04		3,66E-04	

k EUR = tysiąc EUR

⁰⁾ dane z 2000, przykładowy zakład cementowy o wydajności 1100 ton dziennie, odpowiadający średniemu UE-15 w 1995

¹⁾ 10% O₂ i suchego gazu

²⁾ inwestycji

³⁾ rozłożenie 50% ESP i 50% filtrów materiałowych, wykorzystanie średniej pomiędzy ESP a filtrem materiałowym

⁴⁾ koszty elektryczności = λ⁶ • c⁶/10³ (k EUR/t)

⁵⁾ dodatkowe zapotrzebowanie na energię elektryczną = nowe łączne zużycie – stare łączne zużycie

⁶⁾ koszty robocizny = λ¹ • c¹ (k EUR/t)

⁷⁾ koszty utylizacji pyłu = λ^d • c^d • ef^{nieograniczone} • η/10³ (k EUR/t)

ef^{nieograniczone}: nieograniczone emisje czynnika zanieczyszczającego (t zanieczyszczeń/t)

λ^d: zapotrzebowanie na utylizację pyłu (t/t usuniętego zanieczyszczenia)

c^d: określony koszt utylizacji pyłu (EUR/t)

η: skuteczność usuwania (= 1-ef^{ograniczone}/ef^{nieograniczone})

⁸⁾ dane z 2000, obejmują koszty inwestycji dla wieży uzdatniającej i wiatraka filtra (0,6-0,8 miliona EUR)

⁹⁾ dane z 2006

¹⁰⁾ obejmuje koszty inwestycji dla wieży uzdatniającej i wiatraka filtra (0,6-0,8 miliona EUR)

¹¹⁾ dla skuteczności oddzielania >99,9%, zależnie od rodzaju i liczby wykorzystanych worków filtra

Tabela 1.39: Przykładowe koszty środków/technik ograniczających pył
[9, CEMBUREAU, listopad 1997], [76, Niemcy, 2006], [100, Francja, 2006], [102, Francja/DFIU/IFARE Karlsruhe, 2003], [103, CEMBUREAU, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008].

1.4.8.2 Przykładowe koszty środków/technik ograniczających NO_x

Tabela 1.40 zawiera przykładowe koszty środków/technik ograniczających NO_x dla przykładowego zakładu cementowego o wydajności stanowiącej średnią UE-15 w 1995 (1100 t/d) oraz przykładowych zakładów o różnej wydajności. Środki/techniki ograniczające NO_x ujęte w badaniu obejmują SNCR, SCR i podstawowe środki/techniki NO_x. Zmienne koszty użytkowania obejmują koszty elektryczności i robocizny, przy czym koszty amoniaku wykorzystanego w SNCR zostały wymienione oddzielnie w niniejszej tabeli.

Ponadto, porównanie kosztów środków/technik ograniczających NO_x w SNCR przeciw SCR przez niemieckie UBA dla zakładu niemieckiego znajduje się w rozdziale 4.2.4.2 w Tabeli 4.26. Zarówno koszty inwestycji, jak i koszty użytkowania zostały obliczone dla różnych poziomów NO_x, które zostały osiągnięte, tzn. 200 i 500 mg/Nm³. Zgodnie z Tabelą 4.26, koszty użytkowania dla SNCR i SCR – włącznie z kosztami wymiany dotyczącymi katalizatora – są w przybliżeniu takie same dla

docelowego poziomu NO_x wynoszącego 500 mg/Nm³, podczas gdy łączne określone koszty dla SCR są w przybliżeniu 50% wyższe niż w przypadku SNCR. Przy docelowym poziomie NO_x wynoszącym 200 mg/Nm³, SCR wydaje się być bardziej skuteczne w odniesieniu do kosztów użytkowania, jednak łączne określone koszty utrzymują się nadal na tym samym wysokim poziomie co w przypadku SNCR [76, Niemcy, 2006].

Inwestycje i koszty środków/technik ograniczających NO _x						
Parametr	Jednostka	Środek/technika ograniczająca ¹⁾				
		Podstawowe środki/techniki NO _x ⁰⁾	Chłodzenie płomieni ⁸⁾	Spalanie składające się z etapów ⁷⁾	SNCR ⁰⁾	SCR
Opis przykładowej instalacji						
Wydajność	t klinkieru/d	1100	3000	3000	1100	1500 ⁷⁾
Wydajność	t klinkieru/rok	352000				
Okres eksploatacji	rok	35			35	
Czynnik zakładu	godz/rok	7680			7680	
Koszty inwestycji	milion EUR	0,25	do 0,2	0,1-2 ⁸⁾ 1-4 ⁹⁾ 15-20 ¹⁰⁾	0,6	
Określone koszty inwestycji	EUR/t klinkieru				0,08-0,14 ⁷⁾	0,83-0,87 ⁷⁾
Roczne koszty skapitalizowane	k EUR					
Stawka odsetek	%/100/rok	4			4	
Okres eksploatacji sprzętu kontrolnego	rok	8			10	
Łącznie	k EUR	37,13			166,97	
Łącznie	k EUR/t klinkieru	1,05E-04	do 2,5E-04		4,74E-04	
Stale koszty użytkowania	%/rok ²⁾	4			4	
Łącznie	k EUR	10			24	
Łącznie	k EUR/t klinkieru	2,84E-05			6,82E-05	
Zmienne koszty użytkowania	k EUR/t klinkieru	2,64E-05			5,69E-04	
Koszty na tonę klinkieru	k EUR/t klinkieru	1,60E-04			1,11E-03	
Koszty na tonę ograniczonego NO_x³⁾	k EUR/t ograniczonego NO _x				330-450 ⁷⁾	470-540 ⁷⁾
Czynnik nieograniczonych emisji ¹⁾	t NO _x /t klinkieru	0,00322 1400 mg/Nm ³			0,002415 1050 mg/Nm ³	
Skuteczność ograniczenia ¹⁾	%	25			62	
Łącznie	k EUR/t ograniczonego NO _x	0,2			0,74	
Koszty wymiany katalizatorów	EUR/t klinkieru					0,10-0,13 ⁷⁾
Określenie zmiennych						

kosztów użytkowania						
Koszty prądu³⁾						
Dodatkowe zapotrzebowanie na prąd (λ^2) ⁴⁾	kWh/t klinkieru	0,44 20 kW			0,13 5,96 kW	
Cena elektryczności (c^2)	EUR/kWh	0,0569			0,0569	
Łącznie	k EUR/t klinkieru	2,48E-05			7,40E-06 0,03-0,06 ⁷⁾	0,10-0,11 ⁷⁾
Koszty amoniaku⁶⁾						
Składowanie wody NH ₃	milion EUR					
ef ^{nieograniczone}	t zanieczyszczeń/t klinkieru	-			0,002415	
Stosunek NH ₃ /NO _x (mol/mol) dla wyemitowanego NO _x		-			1,5	
Określone zapotrzebowanie na NH ₃ (λ^3)	t/t usuniętych zanieczyszczeń	-			0,89	
Cena NH ₃ (c^3)	EUR/t	-			0,26-0,64 ⁷⁾ 400	0,13-0,26 ⁷⁾
Skuteczność usuwania (η)	%	-			62	
Łącznie	k EUR/t klinkieru	-			5,63E-04	
Koszty robocizny⁵⁾						
Zapotrzebowanie na robociznę (λ^1)	człowiek-rok/t klinkieru	7,10E-07			7,10E-07	
Wynagrodzenia (c^1)	k EUR/człowiek-rok	37,234			37,234	
Łącznie	k EUR/t klinkieru	2,64E-05			2,64E-05	
Łączne zmienne koszty użytkowania	k EUR/t	2,48E-05			5,69E-04 0,30-0,70 ⁷⁾	0,33-0,70 ⁷⁾
Łączne koszty (inwestycji i użytkowania)	EUR/t klinkieru				0,38-0,62 ⁷⁾ 0,85 ¹¹⁾	0,83-0,87 ⁷⁾ 2,3 ¹¹⁾
k EUR = tysiąc EUR						
0) dane z 2000, przykładowy zakład cementowy o wydajności 1100 ton dziennie, odpowiadający średniemu UE-15 w 1995						
1) 10% O ₂ i suchego gazu						
2) inwestycji						
3) koszty elektryczności = $\lambda^2 \cdot c^2 / 10^3$ (k EUR/t)						
4) dodatkowe zapotrzebowanie na energię elektryczną = nowe łączne zużycie – stare łączne zużycie						
5) koszty robocizny = $\lambda^1 \cdot c^1$ (k EUR/t)						
6) koszty amoniaku = $\lambda^3 \cdot c^3 \cdot ef_{nieograniczone} \cdot \eta / 10^3$ (k EUR/t)						
Ef ^{nieograniczone} : nieograniczone emisje czynnika zanieczyszczającego (t zanieczyszczeń/t)						
λ^3 : określone zapotrzebowanie na NH ₃ (t/t usuniętego zanieczyszczenia)						
c^3 : określony koszt utylizacji pyłu (EUR/t)						
η : skuteczność usuwania (= 1-ef ^{nieograniczone} /ef ^{nieograniczone})						
7) Niemcy, zależnie od poziomu redukcji NO _x do 500 lub 200 mg/Nm ³						
8) piec z kalcynatorem						

⁹⁾ prekalcyntor i trzeciorzędny kanał dla pieca z podgrzewaczem o wydajności 3000 t/d z chłodnią rusztową w piecu z prekalcyntorem
¹⁰⁾ przekształcenie pieca z podgrzewaczem o wydajności 3000 t/d z chłodnią obiegową w piecu z prekalcyntorem z chłodnią z rusztem
¹¹⁾ Austria

Tabela 1.40: Przykładowe koszty środków/technik ograniczających NO_x
 [76, Niemcy, 2006], [85, CEMBUREAU, 2006], [100, Francja, 2006], [102, Francja/DFIU/IFARE Karlsruhe, 2003], [105, YARA, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008]

1.4.8.3 Przykładowe koszty środków/technik ograniczających SO_x

Tabela 1.41 zawiera przykładowe koszty dotyczące środków/technik ograniczających SO_x dla przykładowego zakładu cementowego o wydajności 1100 t/d. Środki/techniki ograniczające SO_x ujęte w badaniu obejmują wtryskiwanie absorbentu i/lub moką płuczkę wieżową. Zmienne koszty użytkowania obejmują koszty elektryczności i robocizny, przy czym koszty utylizacji odpadów i koszty wapna zostały wymienione oddzielnie w niniejszej tabeli.

Inwestycje i koszty środków/technik ograniczających SO _x			
	Jednostka	Środek/technika ograniczająca	
		Wtryskiwanie absorbentu ⁹⁾	Mokra płuczka wieżowa 75% ¹⁰⁾
Opis przykładowej instalacji			
Wydajność	t klinkieru/d	1100	1100
Wydajność	t klinkieru/rok	352000	352000
Przepływ gazów spalinowych ¹⁾	Nm ³ /godz		105417
Okres eksploatacji	rok	35	35
Czynnik zakładu	godz/rok	7680	7680
Koszty inwestycji	k EUR	200	200
Roczne inwestycyjne koszty	k EUR		
Stawka odsetek	%/100/rok	4	4
Okres eksploatacji sprzętu kontrolnego	rok	10	10
Łącznie	k EUR	24,66	678,10
Łącznie	k EUR/tonę klinkieru	7,01E-05	1,93E-03
Stale koszty użytkowania	%/rok ²⁾	4	4
Łącznie	k EUR	8	220
Łącznie	k EUR/tonę klinkieru	2,27E-05	6,25E-04
Zmienne koszty użytkowania	k EUR/tonę klinkieru	6,98E-04	6,06E-04
Koszty na tonę klinkieru	k EUR/tonę klinkieru	7,91E-04	3,16E-03
Koszty na tonę ograniczonego SO_x	k EUR/t ograniczonego SO _x		
Czynnik nieograniczonych emisji	t SO _x /tonę klinkieru	0,0023 1000 mg/Nm ³	0,00368 1600 mg/Nm ³
Skuteczność ograniczenia	%	60	75
Łącznie	k EUR/t ograniczonego SO _x	0,573	1,144
Określenie zmiennych kosztów użytkowania			
Koszty prądu³⁾			
Dodatkowe zapotrzebowanie na prąd (λ ⁴⁾)	kWh/t klinkieru	1,53 70 kW	8,18 375 kW
Cena elektryczności (c ^e)	EUR/kWh	0,0569	0,0569
Łącznie	k EUR/t klinkieru	8,69E-05	4,66E-04
Koszty utylizacji odpadów			
Nieograniczony czynnik emisji zanieczyszczeń	t zanieczyszczeń/t klinkieru	0,0023	-

($e_{nieograniczone}^6$)			
Zapotrzebowanie na utylizację odpadów (λ^5)	t/t usuniętych zanieczyszczeń	0	-
Określone koszty utylizacji odpadów (c^5)	EUR/t		-
Skuteczność usuwania (η)	%	60	-
Łącznie	k EUR/t klinkieru	0	0
Koszty wapna/wapienia			
Nieograniczony czynnik emisji zanieczyszczeń ($e_{nieograniczone}^6$)	t zanieczyszczeń/t klinkieru	0,0023	0,00368
	Stosunek Ca/S (mol/mol) dla wyemitowanego SO _x	2,2	
	Stosunek Ca/S (mol/mol) dla usuniętego SO _x		1,02
Określone zapotrzebowanie na sorbent (λ^5)	t wapna/t usuniętych zanieczyszczeń	4,24	-
Określone zapotrzebowanie na wapień (λ^5)	t wapna/t usuniętych zanieczyszczeń		1,59
Cena sorbentu (c^5)	EUR/t	100	20
Skuteczność usuwania (η)	%	60	75
Łącznie	k EUR/t klinkieru	5,85E-05	8,80E-05
Koszty robocizny⁵⁾			
Zapotrzebowanie na robociznę (λ^1)	człowiek-rok/t klinkieru	7,10E-07	1,42E-06
Wynagrodzenia (c^1)	k EUR/człowiek-rok	37,234	37,234
Łącznie	k EUR/t klinkieru	2,64E-05	5,29E-05
Łączne zmienne koszty użytkowania	k EUR/t klinkieru	6,98E-04	6,06E-04
k EUR = tysiąc EUR			
⁰⁾ dane z 2000, przykładowy zakład cementowy o wydajności 1100 ton dziennie, odpowiadający średniemu UE-15 w 1995			
¹⁾ 10% O ₂ i suchego gazu			
²⁾ inwestycji			
³⁾ koszty elektryczności = $\lambda^5 \cdot c^5 / 10^3$ (k EUR/t)			
⁴⁾ dodatkowe zapotrzebowanie na energię elektryczną = nowe łączne zużycie – stare łączne zużycie			
⁵⁾ koszty robocizny = $\lambda^1 \cdot c^1$ (k EUR/t)			
⁶⁾ koszty wapna = $\lambda^5 \cdot c^5 \cdot e_{nieograniczone}^6 \cdot \eta / 10^3$ (k EUR/t)			
$e_{nieograniczone}^6$: nieograniczone emisje czynnika zanieczyszczającego (t zanieczyszczeń/t)			
λ^5 : określone zapotrzebowanie na wapno (t/t usuniętego zanieczyszczenia)			
c^5 : cena wapna (EUR/t)			
η : skuteczność usuwania (= $1 - e_{ograniczone}^6 / e_{nieograniczone}^6$)			

Tabela 1.41: Przykładowe koszty środków/technik ograniczających SO_x
[100, Francja, 2006], [102, Francja/DFIU/IFARE Karlsruhe, 2003], [168, TWG CLM, 2007]

1.4.9 Straty w procesie/odpady

Opis

Zebrany pył może zostać przetworzony ponownie i włączony do procesu produkcji, jeżeli jest to możliwe. Recykling może mieć miejsce bezpośrednio w piecu lub w podajniku pieca (przy czym zawartość metali alkaicznych jest czynnikiem ograniczającym) lub może odbywać się w drodze zmieszania z gotowymi produktami cementowymi. Dla materiału, który nie może być przetworzony, można znaleźć alternatywne sposoby wykorzystania.

Korzyści osiągnięte dla środowiska

Redukcja odpadów powstających w procesie, połączona z oszczędnością surowców.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Zawartość metali w zebranych pyłach jest czynnikiem ograniczającym wykorzystanie zebranego pyłu jako surowca i może mieć negatywny wpływ na emisje metali.

Ponadto, zawartość chloru w zebranych pyłach jest czynnikiem ograniczającym wykorzystanie zebranego pyłu, przy czym recykling musi być dostosowany do wymogów dotyczących jakości produktu (zasilanie pieca lub zmieszanie z gotowymi produktami cementowymi).

Dane operacyjne
Brak danych.

Zastosowanie
Ponowne wykorzystanie strat w procesie/odpadów ma zastosowanie, zasadniczo, w przemyśle cementowym (patrz: rozdział 1.3.5).

Kwestie ekonomiczne
Brak danych.

Siła sprawcza wdrożenia
Wymogi prawne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne
Zakłady cementowe w UE-27.
[86, EURITS, 2006], [88, SINTEF, 2006], [75, Estonia, 2006], [103, CEMBUREAU, 2006], [168, TWG CLM, 2007]

1.4.10 Hałas

Opis
Niniejszy rozdział opisuje możliwości redukcji hałasu powstającego na kilku etapach procesu produkcji cementu.

Redukcję emisji hałasu można często osiągnąć stosując środki/techniki bezpośrednio u źródła hałasu. Źródłami hałasu są, na przykład, ekstrakcja i przetwarzanie surowców, a także produkcja klinkieru/cementu, jednostki kruszące, jednostki mielące i przygotowujące, same piece cementowe, np. młyny końcowej obróbki cementu, pasy transmisyjne, jednostki filtrujące, systemy chłodzące pieców, takie jak chłodnie obiegowe itp. Emisje hałasu występują w całym łańcuchu procesu, od wysadzania w kamieniołomach do wysyłania produktów gotowych.

W zakładach cementowych można stosować różne środki/techniki ograniczające hałas w celu zmniejszenia poziomów hałasu i ochrony otoczenia, takie jak:

- odgrodzenie jednostki powodującej hałas
- izolacja wibracji jednostek
- wykorzystanie wewnętrznej i zewnętrznej osłony zrobionej z odpornego materiału dla zsypu
- dźwiękoszczelne budynki osłaniające wszelkie czynności obejmujące sprzęt do przeróbki materiałów
- budowanie ścian chroniących przed hałasem
- tłumiki wylotu kominów z gazami spalinowymi
- izolacja kanałów oraz dmuchawy umieszczone w budynkach dźwiękoszczelnych

Jeżeli wyżej wymienione środki/techniki ochrony przed hałasem nie mogą być zastosowane, a umieszczenie głośnych jednostek w budynku jest niemożliwe, np. z powodu rozmiarów pieców i ich podzespołów, należy zastosować drugorzędne środki/techniki ochrony przed hałasem, np. w postaci konstrukcji budynków lub naturalnych barier, takich jak posadzonych drzew i krzewów pomiędzy obszarem chronionym a źródłem hałasu, np. piecem lub miejscem składowania. Drzwi i okna obszarów zakrytych powinny być zamknięte w trakcie działań powodujących hałas.

Korzyści osiągnięte dla środowiska

Redukcja emisji hałasu.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Brak danych.

Dane operacyjne

Brak danych.

Zastosowanie

Środki/techniki redukcji hałasu mogą, zasadniczo, mieć zastosowanie w przemyśle cementowym (patrz: rozdział 1.3.7).

Kwestie ekonomiczne

Środki/techniki ochrony przed hałasem mogą powodować konieczność dodatkowych inwestycji i kosztów utrzymania.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady cementowe w UE-27.

Szczegółowe informacje dotyczące ograniczania hałasu oraz planu ograniczania hałasu znajdują się w rozdziale na temat wapna – 2.4.10.

[45, Schorcht, 2006], [81, Castle Cement Zjednoczone Królestwo, 2006], [168, TWG CLM, 2007]

1.4.11 Uwagi ogólne dotyczące zapachów

Zapachów spowodowanych emisjami węglowodorów można uniknąć w drodze dopalania cieplnego, wykorzystania filtrów węgla aktywowanego lub dostarczanie surowca powodującego zapachy do gorącej strefy pieca.

Jeżeli zapachy spowodowane są związkami siarki, rozwiązaniem może być zmiana paliwa i/lub surowca. Patrz także: rozdział 1.4.5.2.

Zapachy mogą także występować na skutek składowania odpadów, które są wykorzystywane jako surowce lub paliwa. Należy przykryć miejsca składowania odpadów lub korzystać z systemów ich składowania.

1.4.12 Narzędzia zarządzania środowiskiem

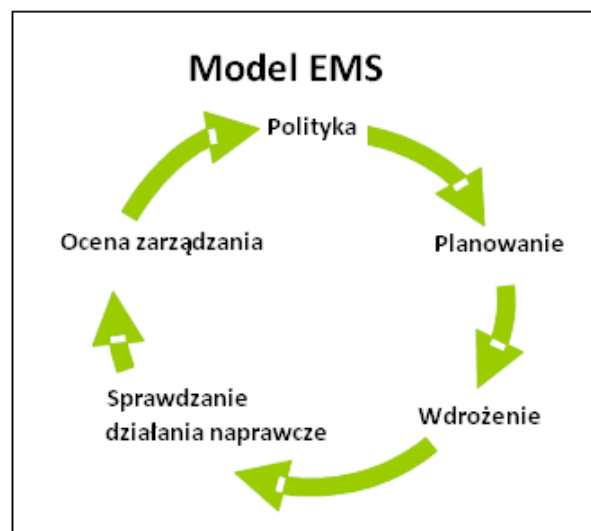
Opis

Najlepsze warunki dla środowiska są zwykle zapewnione przez zainstalowanie najlepszej techniki i jej skuteczne i wydajne działanie. Jest to zgodne z definicją „techniki” Dyrektywy IPPC jako „zarówno wykorzystanej technologii, jak i sposobu, w jaki instalacja jest zaprojektowana, zbudowana, konserwowana, użytkowana i zdemontowana”.

W przypadku instalacji, System Zarządzania Środowiskowego (EMS) jest narzędziem, z którego operatorzy mogą skorzystać, aby reagować na kwestie projektowania, budowania, konserwacji, użytkowania i demontażu w systematyczny i wyraźny sposób. EMS obejmuje strukturę organizacyjną, obowiązki, zwyczaje, procedury, procesy oraz zasoby potrzebne do opracowania, wdrożenia, utrzymania, oceny i monitorowania polityki środowiskowej. Systemy Zarządzania Środowiskowego są najbardziej wydajne i skuteczne, jeżeli stanowią nieodłączną część całości zarządzania i obsługi instalacji.

Skuteczny EMS zawiera pojęcie ciągłego rozwoju oznaczającego, że zarządzanie środowiskiem jest procesem, a nie przedsięwzięciem, które ostatecznie dobiega końca. Istnieją różne projekty procesu,

jednak większość systemów zarządzania środowiskowego jest oparta na cyklu planowanie-wykonanie-sprawdzenie-działanie (który jest powszechnie wykorzystywany w pozostałych kontekstach zarządzania przez spółki). Cykl taki jest powtarzającym się modelem dynamicznym, w którym zakończenie jednego cyklu płynnie przechodzi w początek następnego, zgodnie z Rysunkiem 1.70.



Rysunek 1.70: Ciągły rozwój w modelu EMS

W Unii Europejskiej, wiele organizacji zdecydowało się dobrowolnie wdrożyć systemy zarządzania środowiskowego w oparciu o EN ISO 14001:2004 lub Wspólnotowy System Ekozarządzania i Audytu (EMAS). EMAS obejmuje wymogi systemu zarządzania EN ISO 14001, jednak kładzie dodatkowy nacisk na zgodność z prawem, działalność na rzecz ochrony środowiska i zaangażowanie pracowników. Wymaga także weryfikacji zewnętrznej systemu zarządzania oraz zatwierdzenia oświadczenia publicznego dotyczącego ochrony środowiska (w EN ISO 14001 samodzielna deklaracja stanowi alternatywę dla weryfikacji zewnętrznej). Istnieje także wiele organizacji, które zdecydowały się na wdrożenie niestandardowego EMS.

Podczas gdy zarówno standardowe systemy (EN ISO 14001:2004 i EMAS) jak i systemu niestandardowe („na zamówienie”) z zasady traktują *organizację* jako podmiot, niniejszy dokument przyjmuje bardziej zawężone podejście, nieobejmujące wszystkich działań organizacji, np. dotyczących jej produktów i usług, spowodowanych faktem, że kontrolowany podmiot zgodnie z Dyrektywą IPPC jest *instalacją* (zgodnie z Art. 2 Dyrektywy).

System Zarządzania Środowiskowego (EMS) dotyczący instalacji IPPC może obejmować następujące części:

- a. zaangażowanie kierownictwa
- b. definicja polityki środowiskowej
- c. planowanie i ustalanie celów
- d. wdrażanie i przeprowadzanie procedur
- e. sprawdzanie i działania naprawcze
- f. ocena zarządzania
- g. sporządzenie zwykłego oświadczenia dotyczącego środowiska
- h. zatwierdzenie przez organ ds. certyfikacji lub zewnętrznego weryfikatora EMS
- i. uwzględnienie projektu dotyczącego demontażu zakładu po zakończeniu okresu eksploatacji
- j. opracowanie czystszych technologii
- k. badania porównawcze

Wyżej wymienione cechy zostały szczegółowo wyjaśnione poniżej. Szczegółowe informacje dotyczące komponentów od (b) do (h), stanowiących część EMAS, znajdują się w pozycjach bibliografii wymienionych poniżej.

a. Zaangażowanie kierownictwa:

Zaangażowanie kierownictwa stanowi podstawowy warunek skuteczności EMS. Ważne jest, aby kierownictwo:

- umieściło zarządzanie środowiskiem na jednej z pierwszych pozycji w porządku obrad spółki, uczyniło je ważnym i zapewniło wiarygodność
- wyznaczyło jednego kierownika odpowiedzialnego za zarządzanie środowiskiem
- pomogło stworzyć kulturę zarządzania środowiskiem oraz stworzyło konieczną siłę sprawczą wdrożenia
- określiło strategię (wizję długoterminową) osiągania celów w zakresie ochrony środowiska
- określiło wytyczne spółki sprzyjające osiągnięciu takich celów w zakresie ochrony środowiska
- zdefiniowało krótko i średnioterminowe konkretne działania mające na celu osiągnięcie wizji długoterminowej
- zapewniło platformę integrującą podejmowanie decyzji w celu zapewnienia zintegrowanego przeciwdziałania i kontroli zanieczyszczeń, w szczególności w przypadku planowania nowych instalacji lub znaczących modernizacji
- pokierowało spółką w zakresie inwestycji i decyzji zakupu, które prowadzą do zintegrowanego przeciwdziałania i kontroli zanieczyszczeń w sposób ciągły. Zintegrowane przeciwdziałanie i kontrola zanieczyszczeń jest uzyskana w drodze zintegrowanego podejmowania decyzji i działań, włącznie z kupnem usług i głównego sprzętu, planowaniem, produkcją oraz utrzymaniem, a także zarządzaniem środowiskiem
- zdefiniowało politykę środowiskową (patrz: (b) poniżej)

b. Definicja polityki środowiskowej:

Kierownictwo jest odpowiedzialne za zdefiniowanie polityki środowiskowej w odniesieniu do instalacji i zagwarantowanie, że:

- jest ona odpowiednia w odniesieniu do charakteru, skali i wpływów na środowisko wywieranych przez czynności
- obejmuje ona zaangażowanie w przeciwdziałanie i kontrolę zanieczyszczeń, włącznie z wydajnym wykorzystaniem surowców, energii i wody
- obejmuje ona zaangażowanie w zgodność ze wszystkimi właściwymi obowiązującymi przepisami i rozporządzeniami dotyczącymi środowiska oraz z pozostałymi wymogami, których przestrzega organizacja
- zapewnia ona ramy dla ustalenia i oceny celów środowiskowych
- jest ona udokumentowana i udostępniona dla wszystkich pracowników
- jest ona ogólnodostępna, także dla zainteresowanych stron

c. Planowanie i ustalanie celów:

Ważne jest:

- posiadanie procedur mających na celu identyfikację środowiskowych aspektów instalacji w celu określenia takich czynności, które mają lub mogą mieć znaczący wpływ na środowisko oraz uaktualniania takich informacji
- posiadanie procedur na potrzeby oceny ofert nowych procesów, jednostek i sprzętu, zmian w surowcach i materiałach uzupełniających lub paliwach, aktualizacji, przebudowania i wymiany w celu zidentyfikowania aspektów środowiskowych i wpływania na planowanie i zakupy

optymalizujące wyniki w zakresie ochrony środowiska instalacji w odniesieniu do wytycznych Dyrektywy IPPC

- posiadanie procedur autoryzacji modyfikacji wymienionych powyżej i przeprowadzanie kontroli po zakończeniu modyfikacji, które zostały wdrożone, przed uruchomieniem procesu
- posiadanie procedur identyfikujących i posiadanie dostępu do wymogów prawnych i pozostałych wymogów, których przestrzega organizacja oraz które mają zastosowanie w odniesieniu do aspektów środowiskowych jej działalności
- ustalenie i ocena udokumentowanych środowiskowych celów, uwzględniających wymogi prawne i pozostałe wymogi, których przestrzega organizacja oraz opinii stron zainteresowanych
- ustalenie i regularna aktualizacja programu zarządzania środowiskiem, włącznie z wyznaczeniem odpowiedzialności za osiąganie celów w odniesieniu do każdej odpowiedniej funkcji, a także środków i terminu, w którym mają zostać osiągnięte
- przeprowadzanie audytów mających na celu ocenę np. wydajnego wykorzystania energii, wody, surowców i materiałów uzupełniających

d. Wdrażanie i przeprowadzanie procedur:

Ważne jest posiadanie wdrożonych systemów w celu zagwarantowania, że procedury są znane, rozumiane i przestrzegane, w związku z czym skuteczne zarządzanie środowiskiem obejmuje:

- (i) **Strukturę i odpowiedzialność**
 - definiowanie, dokumentowanie, składanie raportów i przekazywanie obowiązków, odpowiedzialności oraz upoważnień, co obejmuje wyznaczenie jednego określonego przedstawiciela kierownictwa (oprócz kierownika wyższego szczebla (patrz: (a) powyżej)
 - zapewnianie zasobów koniecznych do wdrożenia i kontroli systemu zarządzania środowiskiem, włącznie z kadrami oraz specjalistycznymi umiejętnościami, techniką i środkami finansowymi
- (ii) **Szkolenie, świadomość i kompetencje**
 - definiowanie, dokumentowanie i przekazywanie umiejętności i kompetencji wymaganych dla każdej pracy
 - identyfikowanie trendów w szkoleniu w celu zagwarantowania, że personel, którego praca może mieć istotny wpływ na środowisko w zakresie czynności, przeszedł odpowiednie szkolenie dla wszystkich modeli działań, z którymi się spotka, tzn. przygotowania, rozruchu, rutynowej obsługi, zamknięcia i nietypowych warunków
- (iii) **Komunikację**
 - ustalenie i utrzymywanie procedur komunikacji wewnętrznej prowadzonej pomiędzy różnymi szczeblami i funkcjami instalacji, a także procedury, które sprzyjają dialogowi z zewnętrznymi stronami zainteresowanymi oraz procedury dotyczące otrzymywania, dokumentowania i, jeżeli jest to zasadne, prowadzenia odpowiedniej komunikacji z zewnętrznymi stronami zainteresowanymi
- (iv) **Zaangażowanie pracowników**
 - zaangażowanie pracowników w proces mający na celu osiągnięcie wysokiego poziomu wyników w zakresie ochrony środowiska poprzez stosowanie odpowiednich form uczestnictwa, takich jak system książki sugestii lub pracy grupy w zakresie jednego projektu lub komitety ds. środowiska
- (v) **Dokumentację**
 - tworzenie i aktualizacja informacji, w formie papierowej lub elektronicznej, w celu opisanie najważniejszych elementów systemu zarządzania i ich interakcji oraz wskazania kierunku dla dokumentacji powiązanej
- (vi) **Skuteczną kontrolę procesów**

-
- odpowiednia kontrola procesów i sprzętu (włącznie z zapobieganiem zanieczyszczeniu środowiska oraz sprzętem kontrolnym) w odniesieniu do wszystkich rodzajów działań, tzn. przygotowania, rozruchu, rutynowej obsługi, zamknięcia i nietypowych warunków
 - zidentyfikowanie najważniejszych wskaźników jakości (np. przepływu, ciśnienia, temperatury, składu, ilości) oraz metod (np. systemów ważących, systemów mierzących, obliczeń, pobierania próbek i analizy) w celu mierzenia i kontrolowania takich parametrów
 - dokumentowanie i analizowanie nietypowych warunków użytkowania w celu zidentyfikowania głównych przyczyn, a następnie ich likwidacji w celu zagwarantowania, że nietypowe zdarzenia nie powtórzą się (może w tym pomóc kultura „nieobwiniania”, gdzie identyfikacja przyczyn jest ważniejsza niż przypisanie winy poszczególnym osobom)
- (vii) Program utrzymania
- ustanowienie określonego programu utrzymania (włącznie z utrzymaniem w zakresie zapobiegania i napraw) opartego na technicznych opisach sprzętu, normach itp., a także na awariach sprzętu i konsekwencjach takich awarii
 - identyfikacja na podstawie rutynowych przeglądów, awarii i/lub nietypowej pracy, możliwego zmniejszenia się wyników w zakresie ochrony środowiska lub miejsc, w których można poprawić wyniki w zakresie ochrony środowiska
 - wspieranie programu utrzymania poprzez prowadzenie odpowiednich systemów przechowywania danych oraz testy diagnostyczne
 - wyraźne przydzielenie obowiązków w odniesieniu do planowania i wykonywania przeglądów
- (viii) Gotowość awaryjną i odpowiedzi
- określenie i utrzymywanie procedur w celu identyfikacji potencjału i odpowiedzi na wypadki i sytuacje awaryjne oraz w celu zapobiegania i łagodzenia negatywnego wpływu na środowisko, który może być z nimi związany
- e. Sprawdzanie i działania naprawcze (patrz także: badania porównawcze (k)):
- (i) Monitorowanie i pomiar
- określenie i utrzymywanie udokumentowanych procedur mających na celu regularne monitorowanie i pomiar najważniejszych cech działań i czynności, które mogą mieć znaczący wpływ na środowisko. Obejmuje to rejestrowanie informacji odnośnie mierzenia wydajności, odpowiednią kontrolę działalności oraz zgodność z celami środowiskowymi instalacji (patrz także: Dokument źródłowy dotyczący ogólnych zasad monitorowania [151, Komisja Europejska, 2003])
 - określenie i utrzymywanie udokumentowanej procedury okresowej oceny zgodności z właściwym prawem i przepisami dotyczącymi ochrony środowiska
- (ii) Działania naprawcze i zapobiegawcze
- określenie i utrzymywanie procedur definiujących obowiązki i uprawnienia dotyczące przetwarzania i badania braku zgodności z warunkami zezwolenia, pozostałymi wymogami prawnymi oraz zobowiązaniami, a także celami
 - podejmowanie działań mających na celu złagodzenie jakichkolwiek wpływów spowodowanych nietypowymi zdarzeniami oraz rozpoczęcie i przeprowadzenie działań naprawczych i zapobiegawczych, które odpowiadają wielkości problemu oraz są współmierne do napotkanego wpływu na środowisko
- (iii) Dane
- określenie i utrzymywanie procedur mających na celu identyfikację, utrzymanie i rozmieszczenie czytelnych, możliwych do identyfikacji i wykrywalnych danych dotyczących środowiska, włącznie z danymi o szkoleniach oraz wynikami audytów i ocen.

-
- (iv) Audyt
- określenie i utrzymywanie programu (lub programów) i procedur na potrzeby okresowych audytów systemu zarządzania środowiskiem. Taki program (lub programy) obejmuje rozmowy z personelem, inspekcję warunków obsługi i sprzętu oraz ocenę danych i dokumentacji. Każdy audyt jest przeprowadzany bezstronnie i obiektywnie przez pracowników (audyty wewnętrzne) lub strony zewnętrzne (audyty zewnętrzne) i kończy się pisemnym raportem, który obejmuje zakres audytu, częstotliwość oraz metodykę, a także obowiązki i wymogi przeprowadzania audytów i zgłaszania wyników w celu ustalenia, czy system zarządzania środowiskiem spełnia czy nie spełnia planowanych uzgodnień i czy jest właściwie wdrożony i utrzymany
 - zakończenie audytu lub cyklu audytów we właściwym sposób, w odstępach nieprzekraczających trzech lat, zależnie od charakteru, skali i złożoności czynności, znaczenia związanych z tym wpływów na środowisko, znaczenia i konieczności rozwiązania problemów wykrytych w poprzednich audytach oraz historii problemów dotyczących środowiska – bardziej złożone czynności o bardziej znaczącym wpływie na środowisko podlegają częstszemu audytowi
 - posiadanie odpowiednich mechanizmów gwarantujących, że wyniki audytu zostaną sprawdzone
- (v) Okresowa ocena zgodności prawnej
- sprawdzenie zgodności z obowiązującym prawem dotyczącym środowiska oraz warunków zezwoleń w zakresie ochrony środowiska, które posiada zakład
 - dokumentacja oceny
- f. Ocena zarządzania:
- sprawdzenie przez kierownictwo wyższego szczebla, w ustalonych przez nie terminach, systemu zarządzania środowiskiem, w celu zagwarantowania kontynuacji jego stabilności, adekwatności i skuteczności
 - upewnienie się, że wymagane informacje zostały pobrane i umożliwiają kierownictwu przeprowadzenie takiej oceny
 - dokumentacja oceny
- g. Sporządzenie zwykłego oświadczenia dotyczącego środowiska:
- przygotowanie oświadczenia dotyczącego środowiska, które zwraca szczególną uwagę na wyniki osiągnięte przez zakład w zestawieniu z celami dotyczącymi środowiska. Oświadczenie jest regularnie wydawane, raz na rok lub rzadziej, zależnie od wagi emisji, wytwarzania odpadów itp. Oświadczenie takie uwzględnia zapotrzebowanie na informacje odpowiednich stron zainteresowanych i jest ogólnodostępne (np. w publikacjach elektronicznych, bibliotekach itp.). Sporządzając oświadczenie, operator może korzystać z odpowiednich istniejących wskaźników wydajności w zakresie ochrony środowiska, upewniając się, że wybrane wskaźniki:
 - i. podają dokładną ocenę wyników zakładu w zakresie ochrony środowiska
 - ii. są zrozumiałe i jednoznaczne
 - iii. umożliwiają coroczne porównanie w celu oceny rozwoju wyników zakładu w zakresie ochrony środowiska
 - iv. umożliwiają właściwe porównanie z punktami odniesienia dla sektora, kraju lub regionu
 - v. umożliwiają właściwe porównanie z wymogami prawnymi
- h. Zatwierdzenie przez organ ds. certyfikacji lub zewnętrznego weryfikatora EMS:
- jeżeli zakład posiada system zarządzania, procedura audytu oraz oświadczenie dotyczące ochrony środowiska, zatwierdzone przez akredytowany organ ds. certyfikacji lub zewnętrznego

weryfikatora EMS może, jeżeli jest odpowiednio przeprowadzona, podnieść wiarygodność systemu

- i. Uwzględnienie projektu dotyczącego demontażu zakładu po zakończeniu okresu eksploatacji:
- uwzględnienie wpływu na środowisko wywieranego przez późniejszy demontaż instalacji na etapie projektowania nowego zakładu, ponieważ przezorność sprawia, że demontaż jest łatwiejszy, czystszy i tańszy
 - demontaż stwarza ryzyko skażenia środowiska i zanieczyszczenia gleby (oraz wód gruntowych) oraz produkuje duże ilości odpadów stałych. Techniki zapobiegawcze odnoszą się do określonego procesu, jednak mogą uwzględniać ogólnie:
 - i. unikanie struktur podziemnych
 - ii. włączenie cech, które ułatwiają demontaż
 - iii. wybieranie wykończeń powierzchni, które podlegają łatwemu odkazaniu
 - iv. używanie konfiguracji sprzętu, która zmniejsza ilość uwięzionych chemikaliów i ułatwia ich odprowadzanie lub czyszczenie
 - v. zaprojektowanie elastycznych, niezależnych jednostek, które umożliwiają okresowe zamykanie
 - vi. używanie materiałów podlegających biodegradacji i recyklingowi, jeżeli jest to możliwe
- j. Opracowanie czystszych technologii:
- ochrona środowiska powinna stanowić nieodłączną cechę jakichkolwiek czynności projektowania procesu wykonywanych przez operatora lub jego wykonawców, ponieważ techniki uwzględnione na jak najwcześniejszym etapie projektu są skuteczniejsze i tańsze. Opracowanie nowych technologii może nastąpić na przykład w drodze czynności badawczo-rozwojowych lub samych badań. Alternatywę dla czynności wewnętrznych mogą stanowić uzgodnienia dotyczące dotrzymywania kroku – tam, gdzie jest to właściwe – zleconym pracom przez pozostałych operatorów lub instytuty badawcze na odpowiednim polu
- k. Badania porównawcze, tzn.:
- przeprowadzanie systematycznych i regularnych porównań z punktami odniesienia dla sektora, kraju lub regionu, włącznie z wydajnością energetyczną i czynnościami zachowania energii, wyborem dostarczanych materiałów, emisjami do atmosfery oraz do wody (korzystając na przykład z Europejskiego Rejestru Emisji Zanieczyszczeń EPER), zużyciem wody i wytwarzaniem odpadów.

Standardowe i niestandardowe EMS:

EMS może przybrać formę systemu standardowego lub niestandardowego („na zamówienie”). Wdrożenie i przestrzeganie międzynarodowo zatwierdzonego standardowego systemu, takiego jak EN ISO 14001:2004 może nadać EMS większą wiarygodność, zwłaszcza przy właściwym przeprowadzeniu weryfikacji zewnętrznej. EMAS zapewnia dodatkową wiarygodność dzięki interakcjom z opinią publiczną w drodze oświadczeń dotyczących ochrony środowiska oraz dzięki mechanizmom mającym na celu zapewnienie zgodności z obowiązującym prawem dotyczącym środowiska. Jednakże, systemy niestandardowe mogą zasadniczo być równie skuteczne, pod warunkiem, że zostaną właściwie zaprojektowane i wdrożone.

Korzyści osiągnięte dla środowiska

Wdrożenie i przestrzeganie EMS koncentruje uwagę operatora na wynikach zakładu w zakresie ochrony środowiska. W szczególności, utrzymanie oraz zgodność z jasnymi procedurami użytkowania w odniesieniu do zwykłych i nietypowych sytuacji oraz związanych z tym obowiązków powinna zagwarantować, że warunki zezwoleń zakładu i inne cele środowiskowe są zawsze spełniane.

Systemy zarządzania środowiskiem zazwyczaj zapewniają ciągły rozwój wyników zakładu w zakresie ochrony środowiska. Im gorszy punkt wyjścia, tym bardziej znaczącej krótkoterminowej poprawy należy oczekiwać. Jeżeli zakład ma już dobre ogólne wyniki w zakresie ochrony środowiska, EMS pomoże operatorowi utrzymać wysoki stopień wydajności.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Techniki zarządzania środowiskiem zostały jako odpowiedź na ogólny wpływ instalacji na środowisko, co jest zgodne ze zintegrowanym podejściem Dyrektywy IPPC.

Dane operacyjne

Wszystkie znaczące przypadki zużycia (włącznie z energią) i emisji są zarządzane i koordynowane przez operatora przez krótki, średni lub długi okres, w połączeniu z planowaniem finansowym i cyklami inwestycji. Oznacza to, że np. dostosowanie krótkoterminowych końcowych rozwiązań dotyczących emisji może przywiązać operatora do długoterminowego wyższego zużycia energii oraz ogólnie odsunąć w czasie inwestycję w rozwiązania potencjalnie bardziej korzystne dla środowiska. Wymaga to rozważenia kwestii dla poszczególnych mediów, przy czym wskazówki na ten temat oraz na temat kosztorysów i korzyści związanych z kosztami znajdują się w Dokumencie źródłowym dot. aspektów ekonomicznych i oddziaływania między komponentami środowiska [179, Komisja Europejska, 2006] oraz Dokumencie źródłowym dot. najlepszych dostępnych technik dla wydajności energetycznej [181, Komisja Europejska, 2008].

Zastosowanie

Komponenty wymienione powyżej mogą mieć zastosowanie zazwyczaj we wszystkich instalacjach IPPC. Zakres (poziom szczegółów) oraz charakter EMS (standardowego lub niestandardowego) będzie związany z charakterem, skalą oraz złożonością instalacji, a także zakresem jej oddziaływania na środowisko.

Kwestie ekonomiczne

Trudno dokładnie ocenić koszty i korzyści ekonomiczne z wdrożenia i utrzymania dobrego EMS. Przeprowadzono kilka badań¹, jednak nie oddają one rozmiaru ani złożoności branży cementowej (wapno, tlenek magnezu). Istnieją także korzyści ekonomiczne, które wynikają z korzystania z EMS, przy czym różnią się one zależnie od sektora.

W niektórych państwach członkowskich pobiera się zmniejszone opłaty z tytułu kontroli, jeżeli instalacja posiada certyfikat.

Koszty zewnętrzne dotyczące weryfikacji systemu można określić na podstawie wytycznych wydanych przez Międzynarodowe Forum Akredytacji (<http://www.iaf.nu>).

Sila sprawcza wdrożenia

Systemy zarządzania środowiskiem mogą przynieść wiele korzyści, na przykład:

- lepszy wgląd w aspekty spółki dotyczące środowiska
- lepszą podstawę podejmowania decyzji
- lepszą motywację personelu
- dodatkowe szanse obniżenia kosztów eksploatacji oraz poprawę jakości produktu
- lepsze wyniki w zakresie ochrony środowiska
- poprawę wizerunku spółki
- zmniejszenie zobowiązań, ubezpieczenia oraz kosztów związanych z niezgodnością
- zwiększenie atrakcyjności dla pracowników, klientów i inwestorów
- zwiększone zaufanie organów regulacji, które może prowadzić do zmniejszenia ilości kontroli

¹ Np. Cytat z Dylick i Hammschmidt (2000, 73) w Klemisch H. i R. Holger, Umweltmanagementsysteme in kleinen und mittleren Unternehmen – Befunde bisheriger Umsetzung, Dokumenty KNI 01/02, styczeń 2002, str. 15; Clausen J., M. Keil i M. Jungwirth, Stan EMAS w ek zarządaniu UE jako narzędzie zrównoważonego rozwoju – badanie, Instytut ds. badań nad gospodarką ekologiczną (Berlin) oraz ekologii – Instytut ds. międzynarodowej i europejskiej polityki ochrony środowiska (Berlin), 2002, str. 15.

- poprawę relacji z grupami ochrony środowiska

Przykładowe zakłady

Cechy wymienione powyżej w podpunktach od (b) do (f) stanowią elementy EN ISO 14001:2004 oraz Wspólnotowego Systemu Ekozarządzania i Audytu (EMAS), a cechy wymienione w podpunktach od (g) do (h) są właściwe dla EMAS. Te dwa standardowe systemy mają zastosowanie w wielu instalacjach IPPC.

Materiały referencyjne

(Rozporządzenie (WE) nr 761/2001 Parlamentu Europejskiego i Rady dopuszczające dobrowolny udział organizacji w systemie ekozarządzania i audytu we Wspólnocie (EMAS), Dziennik Urzędowy L 114, 24/4/2001, http://europa.eu.int/comm/environment/emas/index_en.html), (EN ISO 14001:2004, <http://www.iso.ch/iso/en/iso9000-14000/iso14000/iso14000index.html>; <http://www.tc207.org>).

1.5 Najlepsze dostępne techniki dla przemysłu cementowego

W celu lepszego zrozumienia niniejszego rozdziału i jego zawartości, czytelnik znów musi wziąć pod uwagę przedmowę do niniejszego dokumentu, a w szczególności piątą część wstępu: „Jak rozumieć i stosować niniejszy dokument?”. Środki/techniki oraz powiązane z nimi poziomy emisji i/lub zużycia, lub zakresy poziomów, jakie przedstawiono w niniejszym rozdziale zostały ocenione w toku procesu iteracyjnego obejmującego następujące etapy:

- identyfikacja kluczowych zagadnień dotyczących ochrony środowiska w sektorze; w przypadku produkcji cementu są to zużycie energii, w tym wykorzystanie odpadów jako paliwa, i emisje do powietrza
- badanie środków/technik, które są najistotniejsze z punktu widzenia tych kluczowych zagadnień
- określenie poziomów emisji optymalnych dla środowiska na podstawie danych dostępnych w Unii Europejskiej i na świecie
- badanie warunków, w których takie poziomy emisji zostały uzyskane, na przykład kosztów, oddziaływania na środowisko, głównych celów i motywacji dla wprowadzania tych środków/technik
- wybór najlepszych dostępnych technik (BAT) i związanych z nimi poziomów emisji i/lub zużycia dla tego sektora w znaczeniu ogólnym, zgodnie z Art. 2 (12) i załącznikiem IV do Dyrektywy.

Opinia ekspertów Europejskiego Biura IPPC i odnośnej Technicznej Grupy Roboczej (TWG) odegrała kluczową rolę w każdym z tych działań, i miała wpływ na sposób, w jaki są tutaj prezentowane informacje.

Na podstawie tej oceny, w tej sekcji prezentowane są najlepsze dostępne techniki i – na ile to możliwe – poziomy emisji i zużycia związane z ich stosowaniem, które są uważane za odpowiednie dla sektora rozumianego całościowo, a w wielu przypadkach odzwierciedlają bieżącą skuteczność niektórych instalacji w obrębie sektora. W przypadku, gdy prezentowane są poziomy emisji lub zużycia „związane z najlepszymi dostępnymi technikami”, należy to rozumieć w taki sposób, że poziomy oznaczają zakres oddziaływania na środowisko, jakiego wystąpienie można przewidzieć w wyniku zastosowania opisanych środków/technik w tym sektorze, mając na uwadze bilans kosztów i korzyści stanowiących nieodłączny element definicji BAT. Jednak nie są to graniczne wielkości emisji czy zużycia i nie powinny być tak rozumiane. W niektórych przypadkach osiągnięcie lepszych poziomów emisji lub zużycia może być technicznie możliwe, ale ze względu na koszty lub przy uwzględnieniu różnych mediów nie są one uważane za właściwe BAT dla całego sektora. Jednakże takie poziomy mogą być uznane za uzasadnione w bardziej szczegółowych przypadkach, gdzie istnieją specyficzne siły napędowe.

Emisji i zużycia związane z zastosowaniem BAT muszą być rozpatrywane z uwzględnieniem szczególnych warunków odniesienia (np.: okresów uśredniania).

Pojęcie „poziomów związanych z zastosowaniem BAT” opisane powyżej należy odróżnić od pojęcia „osiągalny poziom” stosowanego w pozostałych częściach dokumentu. W przypadku, gdy poziom jest opisany jako „osiągalny” przy użyciu danego środka/techniki lub kombinacji środków/technik, należy rozumieć, że można oczekiwać osiągnięcia takiego poziomu przy zastosowaniu tych środków/technik przez dłuższy okres w dobrze utrzymywanej i obsługiwanej instalacji lub procesie.

Dostępne dane dotyczące kosztów zostały podane razem z opisem środków/technik przedstawionych w rozdziale 1.4. Umożliwiają one podanie w przybliżeniu wielkości kosztów. Jednak rzeczywisty koszt zastosowania środka/techniki będzie w dużym stopniu uzależniony od konkretnej sytuacji z uwzględnieniem, na przykład, podatków, opłat, dotacji i właściwości technicznych danej instalacji. Dokonanie oceny czynników specyficznych dla danego miejsca nie jest w pełni możliwe w tym dokumencie. W przypadku braku danych dotyczących kosztów, wnioski dotyczące rentowności środków/technik zostały sformułowane na podstawie obserwacji istniejących instalacji.

BAT (w tym związane z nimi poziomy emisji i zużycia) przedstawione w niniejszej sekcji stanowią „BAT w sensie ogólnym” (tzn. uznawane za odpowiednie dla całego sektora). Zakłada się, że stanowią one punkt odniesienia do oceny bieżącej wydajności istniejącej instalacji lub do oceny propozycji nowej instalacji. W ten sposób będą one pomagać w ustalaniu odpowiednich warunków „opartych na BAT” dla danej instalacji lub w ustalaniu ogólnych wiążących zasad na mocy Art. 9 (8) Dyrektywy IPPC. Przewiduje się, że nowe instalacje mogą być projektowane tak, aby osiągać lub nawet przekraczać poziomy BAT przedstawione w niniejszej sekcji. Uważa się również, że w zakresie istniejących instalacji można dążyć do osiągnięcia poziomów BAT przedstawionych w niniejszym rozdziale lub lepszych, z zastrzeżeniem technicznych i ekonomicznych możliwości zastosowanych w każdym przypadku środków/technik.

Dokumenty referencyjne BAT nie ustalają prawnie wiążących norm, lecz mają prezentować informacje stanowiące wskazówki dla przemysłu, państw członkowskich i społeczeństwa na temat osiągalnych poziomów emisji i zużycia przy zastosowaniu określonych środków/technik. Odpowiednie warunki udzielania zezwoleń dla konkretnego przypadku będzie trzeba ustalać z uwzględnieniem celów Dyrektywy IPPC oraz uwarunkowań lokalnych.

„Najlepszą Dostępną Technika” dla konkretnej instalacji będzie zwykle zastosowanie jednej lub kombinacji kilku BAT wymienionych w niniejszej sekcji.

W przypadku, gdy poszczególne środki/techniki zidentyfikowane jako BAT można stosować w połączeniu, należy wziąć pod uwagę skutki takiej kombinacji przy wyciąganiu wniosków na temat warunków udzielania pozwoleń opartych na BAT w indywidualnych przypadkach.

Zalecenie dla użytkowników/czytelników ułatwiające zrozumienie dokumentu:

Zaleca się, aby czytać rozdział 1.5 w odniesieniu do rozdziału 1.4, ponieważ należy uwzględnić rozważania na temat stosowania środków/technik wymienionych w rozdziale 1.4. Aby pomóc czytelnikowi w tym zakresie, w rozdziale 1.5 zawarto odniesienia do rozdziału 1.4.

Jeśli nie zaznaczono inaczej, poziomy emisji związane z BAT podane w niniejszej sekcji są wyrażone według dziennej średniej i w standardowych warunkach. Następujące definicje dotyczą standardowych warunków wielkości przepływu i stężenia spalin pieca, i są również zdefiniowane w glosariuszu:

Nm ³ /h	przepływ objętościowy: jeśli niniejsza sekcja nie stanowi inaczej, wielkości przepływu odnoszą się do 10% objętości tlenu i stanu standardowego
mg/Nm ³	stężenie: jeśli niniejsza sekcja nie stanowi inaczej, stężenia substancji gazowych lub mieszaniny substancji odnoszą się do suchych spalin przy 10% obj. tlenu i stanu standardowego
Stan standardowy	odnosi się do temperatury 273 K, ciśnienia 1013 hPa i suchego gazu

Jak opisano we Wstępie, niniejszy dokument nie proponuje dopuszczalnych wartości emisji. Najlepsze dostępne techniki i przedstawione zakresy poziomu emisji lub zużycia związane z najlepszymi dostępnymi technikami (zakresy BAT-AEL) są związane z instalacjami o różnych rozmiarach pieca, różnych trybach pracy pieca, np. pracą ciągłą lub z przerwami, i różnych ilościach godzin pracy rocznie. Nie jest możliwe uwzględnienie w dokumencie wszystkich szczególnych czynników lokalnych. Przy określaniu odpowiednich warunków udzielania pozwoleń trzeba będzie wziąć pod uwagę lokalne, specyficzne dla danego miejsca czynniki, takie jak charakterystyka techniczna danej instalacji, jej położenie geograficzne i lokalne warunki środowiskowe. Nawet tak oczywisty cel, jakim jest całokształt zapewnienia wysokiego poziomu ochrony środowiska, będzie często wymagał pogodzenia ocen różnych oddziaływań na środowisko, zaś na ostateczną ocenę często będzie wpływać sytuacja lokalna.

Chociaż podjęto próbę omówienia niektórych z tych kwestii, nie jest możliwe, aby rozważyć je w pełni w tym dokumencie. Techniki i poziomy przedstawiane w rozdziale 1.5 niekoniecznie będą odpowiednie dla wszystkich instalacji. Z drugiej strony, obowiązek zapewnienia wysokiego poziomu ochrony środowiska, w tym minimalizacji zanieczyszczeń o dużym zasięgu lub transgranicznych, sprawia, że warunków udzielania pozwoleń nie można ustalać wyłącznie na podstawie rozważań lokalnych. Jest zatem niezwykle ważne, by uwzględniać wszystkie informacje zawarte w niniejszym dokumencie.

1.5.1 Systemy zarządzania środowiskowego (EMS)

Wiele technik zarządzania środowiskowego określa się jako BAT. Zakres (np. poziom szczegółowości) i charakter EMS (np. standardowe lub nietypowe) zwykle odnosi się do charakteru, skali i złożoności instalacji, a także zakresu oddziaływania na środowisko, jaki może ona mieć.

1. BAT ma na celu wdrożenie i stosowanie systemu zarządzania środowiskowego (EMS), który pełni, stosownie do miejscowych warunków, następujące funkcje (patrz rozdział 4.01.12):
 - (a) zaangażowanie najwyższego kierownictwa (zaangażowanie najwyższego kierownictwa jest uważane za warunek skutecznego stosowania innych funkcji EMS)
 - (b) definicja polityki ochrony środowiska, która obejmuje ciągłe doskonalenie umiejętności najwyższego kierownictwa w zakresie instalacji
 - (c) planowanie i ustanowienie niezbędnych procedur, celów i zadań, w połączeniu z planowaniem finansowym i inwestycjami
 - (d) wdrożenie procedur, ze szczególnym uwzględnieniem następujących elementów:
 - struktura i odpowiedzialność
 - szkolenie, świadomość i kompetencja
 - komunikacja
 - zaangażowanie pracowników
 - dokumentacja
 - skuteczna kontrola procesu
 - program utrzymania
 - przygotowanie i reakcja na sytuacje awaryjne
 - zapewnienie zgodności z legislacją dotyczącą środowiska
 - (e) sprawdzanie funkcjonowania i podejmowanie działań korygujących, zwracając szczególną uwagę na:
 - monitorowanie i pomiary (patrz również Dokument Referencyjny w Sprawie Ogólnych Zasad Monitorowania [151, Komisja Europejska, 2003])
 - działania korygujące i zapobiegawcze
 - prowadzenie ewidencji
 - niezależny (w miarę możliwości) audyt wewnętrzny w celu określenia, czy system zarządzania środowiskowego jest zgodny z zaplanowanymi ustaleniami oraz właściwie wdrożony i utrzymywany

(f) przegląd EMS i jego stałej przydatności, adekwatności i skuteczności przez najwyższe kierownictwo.

Kolejne trzy funkcje są wymienione poniżej, i mimo korzyści z nich płynących, EMS bez nich może być BAT:

- system zarządzania i procedury audytu, sprawdzone i zatwierdzone przez akredytowaną jednostkę certyfikującą lub zewnętrznego weryfikatora EMS
- przygotowanie i publikacja (i ewentualnie walidacja zewnętrzna) wydawanego regularnie oświadczenia środowiskowego opisującego wszystkie istotne aspekty środowiskowe instalacji, pozwalającego na porównanie celów i zadań środowiskowych, jak również z odniesień sektorowych odpowiednio rok po roku
- wdrożenie i stosowanie się do uznanego międzynarodowo dobrowolnego systemu, takiego jak EMAS i EN ISO 14001:2004. Taki dobrowolny krok może zapewnić większą wiarygodność EMS. Zwłaszcza EMS, który zawiera wszystkie wyżej wymienione funkcje, daje większą wiarygodność. Niestandardowe systemy mogą w zasadzie być równie skuteczne, pod warunkiem, że są odpowiednio zaprojektowane i wdrożone.

W przypadku przemysłu cementowego szczególnie ważne jest również, by wziąć pod uwagę następujące potencjalne cechy EMS:

- wpływ oddania potencjalnej gotowej jednostki na etapie projektowania nowego zakładu na środowisko
- rozwój bardziej ekologicznych technologii, oraz monitorowanie rozwoju
- jeśli jest to możliwe, regularne stosowanie benchmarkingu sektorowego, w tym w zakresie efektywności energetycznej i działania na rzecz oszczędności energii, wyboru surowców, emisji do powietrza, zrzutów do wody, zużycia wody i wytwarzania odpadów.

1.5.2 Ogólne środki/techniki pierwotne

1. **BAT ma na celu wypracowanie sprawnego i stabilnego procesu spalania dzięki działaniu jak najbliższym punktom odniesienia parametrów, który jest korzystny dla wszystkich emisji spalania, jak również wykorzystania energii poprzez zastosowanie następujących środków/technik:**

- a) optymalizacja sterowania procesem, w tym komputerowe sterowanie automatyczne (patrz rozdział 1.4.3.1)
- b) użycie nowoczesnych, grawimetrycznych systemów zasilania paliwem stałym (patrz rozdział 1.4.2.1.1 i 1.4.3.1).

2. **BAT ma służyć przeprowadzeniu starannej selekcji i kontroli wszystkich substancji wprowadzanych do pieca w celu uniknięcia i/lub redukcji emisji (patrz rozdziały 1.4.3.2 i 1.4.3.3).**

3. **BAT ma służyć regularnemu przeprowadzaniu monitoringu i pomiarów parametrów procesu i emisji (patrz rozdział 1.3.9.1), takich jak:**

- c) ciągłe pomiary parametrów procesu wskazujących na jego stabilność, takich jak temperatura, zawartość O₂, ciśnienie, przepływ i emisje NH₃ podczas korzystania z SNCR
- d) monitoring i stabilizacja parametrów krytycznych procesu, czyli jednorodnych mieszanek surowców i podawania paliwa, dawkowania regularnego i nadmiaru tlenu
- e) ciągłe pomiary pyłu, NO_x, SO_x i emisji CO
- f) okresowe pomiary PCDD/F, emisji metali
- g) ciągłe lub okresowe pomiary emisji HCl, HF i TOC.

W tym kontekście, w przypadku współspalania odpadów muszą być spełnione wymogi Dyrektywy w sprawie spalania odpadów (WID) [59, Unia Europejska, 2000].

1.5.3 Zużycie energii i dobór procesu

1.5.3.1 Dobór procesu

Uwagi ogólne dotyczące wyboru procesu znajdują się w rozdziale 1.4.2.3. Rozważania dotyczące zapotrzebowania na ciepło znajdują się w rozdziale 1.4.2.1.1.

Wybrany proces ma duży wpływ na zużycie energii i emisje do powietrza z produkcji klinkieru cementowego.

5. W przypadku nowych zakładów i głównych ulepszeń, w BAT stosuje się metodę suchą z podgrzewaniem wieloetapowym i wstępnym wyprażaniem w piecu. W normalnych i optymalnych warunkach operacyjnych wartość równowagi cieplnej BAT wynosi 2900 - 3300 MJ/tonę klinkieru (patrz rozdziały 1.4.2.3 i 1.4.2.1.1)

1.5.3.2 Zużycie energii

Uwagi ogólne dotyczące zużycia energii można znaleźć w rozdziałach 1.3.3 i 1.4.2.

6. BAT ma zmniejszyć/zredukować zużycie energii cieplnej dzięki zastosowaniu kombinacji następujących środków/technik (patrz rozdział 1.4.2):

- a) stosowanie ulepszonych i zoptymalizowanych systemów wypalania oraz płynnego i stabilnego procesu wypalania, dzięki działaniu jak najbliższej punktów odniesienia parametrów procesu przez zastosowanie:
 - I. optymalizacji kontroli procesu, w tym komputerowych systemów kontroli automatycznej
 - II. nowoczesnych, grawimetrycznych systemów zasilania paliwem stałym (patrz rozdziały 1.4.2.1.1 i 1.4.3.1)
 - III. w miarę możliwości podgrzewania i wstępnego wyprażania, biorąc pod uwagę istniejącą konfigurację systemu spalaniaW tym kontekście patrz rozdział 1.4.2.1.1, gdzie zostało przedstawionych kilka różnych środków / technik, które mogą być stosowane w systemach spalania, indywidualnie lub w połączeniu. Ponadto w tym kontekście zobacz Dokument Referencyjny na Temat Najlepszych Dostępnych Technik dla Efektywności Energetycznej [181, Komisja Europejska, 2008]
- b) odzyskiwanie nadmiaru ciepła z pieców, zwłaszcza z ich strefy chłodzenia (patrz rozdziały 1.4.2.1.1 i 1.4.2.4), do suszenia surowców może być wykorzystywany zwłaszcza nadmiar ciepła ze strefy chłodzenia pieca (ciepłe powietrze) lub z podgrzewacza. Ponadto w tym kontekście zobacz Dokument Referencyjny na Temat Najlepszych Dostępnych Technik dla Efektywności Energetycznej [181, Komisja Europejska, 2008]
- c) stosowanie odpowiedniej liczby etapów zastosowania cyklonu związanych z cechami i właściwościami surowca i paliwa (patrz rozdział 1.4.2.1.2 i 1.4.2.1.3)
- d) stosowanie paliw o właściwościach, które mają pozytywny wpływ na zużycie energii cieplnej
- e) przy wymianie paliw konwencjonalnych na paliwa odpadowe, przy zastosowaniu zoptymalizowanych i odpowiednich systemów pieców cementowych do spalania odpadów (patrz rozdział 1.4.2.1.3)
- f) minimalizacji przepływów obejściowych (patrz rozdział 1.4.2.1.4).

7. BAT ma zmniejszać zużycie energii pierwotnej przez uwzględnienie redukcji zawartości klinkieru w cemencie i produktach cementowych (patrz rozdział 1.4.2.1.5).

8. BAT ma zmniejszać zużycie energii pierwotnej przez uwzględnienie ciepłowni i elektrowni kogeneracyjnych/mieszanych (patrz rozdział 1.4.2.4), jeśli to możliwe, w

oparciu o zapotrzebowanie na ciepło, w ramach systemów regulacji energetycznych, w których jest to opłacalne.

W tym kontekście pomocny będzie również Dokument Referencyjny na Temat Najlepszych Dostępnych Technik dla Efektywności Energetycznej [181, Komisja Europejska, 2008].

9. BAT ma ograniczać zużycie energii elektrycznej poprzez zastosowanie następujących środków/technik pojedynczo lub łącznie:

- a) zastosowanie systemów zarządzania energią
- b) używanie szlifierek i innych urządzeń elektrycznych o wysokiej efektywności energetycznej

W tym kontekście pomocny będzie również rozdział 1.4.2.2, gdzie zostało przedstawionych kilka różnych środków/technik.

1.5.4 Wykorzystanie odpadów

Uwagi ogólne dotyczące wykorzystania odpadów można znaleźć w rozdziałach 1.2.4, 1.3.4.13, 1.3.4.14 i 1.4.3.3. Uwagi dotyczące emisji metali można znaleźć w rozdziale 1.4.7.

BAT i BAT-AEL dotyczące redukcji emisji można znaleźć w odnośnych rozdziałach 1.5.5 – 1.5.10 poniżej. W tym kontekście w przypadku współspalania odpadów muszą być spełnione wymogi Dyrektywy w sprawie spalania odpadów (WID) [59, Unia Europejska, 2000].

1.5.4.1 Kontroli jakości odpadów

10. BAT ma służyć:

- a) **zastosowaniu systemów zapewnienia jakości, aby zagwarantować cechy odpadów i analizować wszelkie odpady, które mają być wykorzystane jako surowiec i/lub paliwo w piecu cementowym w celu zagwarantowania (patrz rozdział 1.4.3.3):**
 - I. stałej jakości
 - II. kryteriów fizycznych, np. powstawanie emisji, szorstkość, reaktywność, palność, wartość opałowa
 - III. kryteriów chemicznych, np. zawartości chloru, siarki, alkaliów i fosforu i odpowiedniej zawartości metali
- b) **aby kontrolować ilość istotnych parametrów dla wszelkich odpadów, które mają być wykorzystane jako surowiec i/lub paliwo w piecu cementowym, np. chlor, odpowiednie metale (np. kadm, rtęć, tal), siarka, całkowita zawartość halogenu**
- c) **do stosowania systemów zapewnienia jakości dla każdego wkładu odpadów.**

1.5.4.2 Dostarczanie odpadów do pieca

I. BAT ma:

- a) **korzystać z odpowiednich punktów zasilania pieca w zakresie temperatury i czasu przebywania w zależności od konstrukcji pieca i trybu pracy pieca (patrz rozdział 1.2.4.1).**
- b) **zasilać odpadami zawierającymi składniki organiczne, które mogą być ulotnione przed strefą kalcynacji do stref odpowiednio wysokiej temperatury systemu piecowego**
- c) **pracować w taki sposób, aby temperatura gazu powstającego ze współspalania odpadów była podniesiona w sposób kontrolowany i jednorodny, nawet w najbardziej niesprzyjających warunkach, do temperatury 850 °C przez 2 sekundy**
- d) **podnieść temperaturę do 1100 °C, jeżeli są spalane odpady niebezpieczne o zawartości ponad 1% chlorowcowanych substancji organicznych, wyrażonych jako chlor**

- e) zasilac odpadami w sposob ciagly i staly
- f) aby zatrzymac wspolspalanie odpadow w przypadku dzialan, takich jak rozruch i/lub zamkniecie, gdy nie mozna osiagnac odpowiedniej temperatury i czasu przebywania, zgodnie z treścią powyższych punktów od a) do d)

1.5.4.3 Zarządzanie bezpieczeństwem stosowania odpadów niebezpiecznych

12. BAT ma wykorzystywać zarządzanie bezpieczeństwem w czasie obsługi, np. przechowywania i/lub dostarczania odpadów niebezpiecznych (patrz rozdział 1.4.3.3), jak np. stosowanie podejścia opartego na ryzyku w zależności od źródła i rodzaju odpadów, do oznakowywania, sprawdzania, pobierania i badania odpadów, które mają być wykorzystywane.

1.5.5 Emisje pyłów

1.5.5.1 Rozproszone emisje pyłów

Uwagi ogólne dotyczące rozproszonych emisji pyłów można znaleźć w rozdziałach 1.3.4.1.3, 1.3.4.1.2, 1.4.4.1 i 1.4.4.2.

13. BAT ma ograniczać/zapobiegać rozproszonym emisjom pyłów poprzez zastosowanie następujących środków/technik pojedynczo lub łącznie:

- a) środków/technik dotyczących działań w zapyleniu. W tym kontekście pomocny będzie również rozdział 1.4.4.1, gdzie zostało przedstawionych kilka różnych środków/technik, które mogą być stosowane pojedynczo lub w połączeniu
- b) środków/ technik obszaru magazynowania luzem. W tym kontekście pomocny będzie również rozdział 1.4.4.2, gdzie zostało przedstawionych kilka różnych środków / technik, które mogą być stosowane pojedynczo lub w połączeniu.

1.5.5.2 Skanalizowane emisje pyłu w czasie działań w zapyleniu

Niniejsza sekcja przedstawia BAT dla emisji pyłów pochodzących z działań w zapyleniu innych niż ze spalania w piecu, chłodzenia i głównych procesów frezowania. Dotyczy to procesów takich jak rozdrabnianie surowców, transportu surowców przenośnikami i windami, magazynowania surowców, klinkieru i cementu, przechowywania paliw (torf, węgiel kamienny, brunatny) i wysyłki cementu (załadunku). Uwagi ogólne dotyczące takich kanałowych emisji pyłu można znaleźć w rozdziałach 1.3.4.1.1, 1.3.4.1.2 i 1.4.4.3

14. BAT ma wykorzystywać system zarządzania utrzymaniem ruchu, który w szczególności uwzględnia funkcjonowanie filtrów z tych źródeł. Biorąc to pod uwagę system zarządzania, BAT ma zmniejszać kanałowe emisje pyłu wynikające z działań w zapyleniu (patrz rozdział 1.4.4.3) do mniej niż 10 mg/Nm³ (BAT-AEL) stanowiących średnią w okresie pobierania próbek (pomiar na miejscu, przez co najmniej pół godziny) przez zastosowanie chemicznego czyszczenia spalin przy pomocy filtra.

Ważne jest to, że w przypadku małych źródeł (<10000 Nm³/h) należy rozważyć podejście priorytetowe.

W tym kontekście pomocny będzie również rozdział 1.4.4.3, gdzie zostało przedstawionych kilka różnych środków/technik, które mogą być stosowane pojedynczo lub w połączeniu.

1.5.5.3 Emisje pyłów z procesów spalania w piecu

Niniejsza sekcja przedstawia BAT dla emisji pyłu pochodzącego z procesów spalania w piecu. Uwagi ogólne dotyczące kanałowych emisji pyłów można znaleźć w rozdziałach 1.3.4.1.1, 1.3.4.1.2 i 1.4.4.3.

15. BAT ma zmniejszać emisje pyłu (cząstek stałych) z gazów kominowych powstających w procesie spalania w piecu przez zastosowanie suchego czyszczenia spalin przy pomocy filtra. BAT-AEL wynosi <10 - 20 mg/Nm³, co stanowi średnią wartość dzienną. Stosując filtry tkaninowe czy też nowe lub zmodernizowane ESP, osiąga się niższy poziom.

W tym kontekście pomocny będzie również rozdział 1.4.4.3, gdzie zostało przedstawionych kilka różnych środków/technik, które mogą być stosowane pojedynczo lub w połączeniu. Ponadto w tym zakresie, w przypadku współspalania odpadów, muszą być spełnione wymogi Dyrektywy w sprawie spalania odpadów (WID) [59, Unia Europejska, 2000].

1.5.5.4 Emisje pyłów z procesów chłodzenia i mielenia

Niniejsza sekcja przedstawia BAT dla emisji pyłów powstających w czasie procesów chłodzenia i mielenia. Uwagi ogólne dotyczące skanalizowanych emisji pyłu można znaleźć w rozdziałach 1.3.4.1.1, 1.3.4.1.2 i 1.4.4.3.

16. BAT ma zmniejszać emisje pyłu (cząstek stałych) z gazów kominowych z procesów chłodzenia i mielenia dzięki zastosowaniu suchego czyszczenia spalin przy pomocy filtra. BAT-AEL wynosi <10 - 20 mg/Nm³ i stanowi średnią wartość dzienną lub średnią w okresie pobierania próbek (pomiar na miejscu przez co najmniej pół godziny). Stosując filtry tkaninowe bądź nowe lub zmodernizowane ESP osiąga się niższy poziom.

W tym kontekście pomocny będzie również rozdział 1.4.4.3, gdzie zostało przedstawionych kilka różnych środków / technik, które mogą być stosowane pojedynczo lub w połączeniu.

1.5.6 Związki lotne

1.5.6.1 Emisje NO_x

Uwagi ogólne dotyczące emisji NO_x można znaleźć w rozdziale 1.3.4.2.

17. BAT ma obniżyć emisje NO_x z gazów kominowych powstających w wyniku procesów spalania w piecu poprzez zastosowanie następujących środków/technik pojedynczo lub łącznie (patrz rozdział 1.4.5.1)

- a) podstawowe środki / techniki, takie jak:
 - I. chłodzenie płomienia
 - II. palniki o niskiej emisji NO_x
 - III. wypalanie w środku pieca
 - IV. dodatek mineralizatorów dla poprawy palności w mączce surowcowej (mineralizacji klinkieru)
 - V. optymalizacja procesu (patrz rozdziały 1.4.5.1.1 do 1.4.5.1.6).
- b) spalanie etapowe (paliwa konwencjonalne lub odpadowe), również w połączeniu z precalcynacją i wykorzystaniem zoptymalizowanej mieszanki paliw (patrz rozdział 1.4.5.1.3)
- c) SNCR (patrz rozdział 1.4.5.1.7)
- d) SCR, z zastrzeżeniem rozwoju odpowiednich katalizatorów i procesów w przemyśle cementowym (patrz rozdział 1.4.5.1.8).

Następujące poziomy emisji NO_x stanowią BAT-AEL:

Typ pieca	Jednostka	BAT-AEL (średnia wartość dzienna)
Piece z podgrzewaczem	mg/Nm ³	<200-450 ²⁾³⁾
Piece Lepol i długie piece obrotowe	mg/Nm ³	400 - 800 ¹⁾

¹⁾ W zależności od początkowych poziomów i wycieków amoniaku
²⁾ BAT AEL wynosi 500 mg/Nm³, gdy po zastosowaniu podstawowych środków/technik początkowy poziom NO_x wynosi > 1000 mg/Nm³
³⁾ Istniejący projekt systemu pieca, właściwości mieszanki paliw, w tym odpadów, palność surowca może wpływać na możliwość zachowania wartości z tego przedziału. Poziomy poniżej 350 mg/Nm³ osiągnąć się w piecach przy zachowaniu dogodnych warunków. Niższą wartość 200 mg/Nm³ odnotowano jedynie jako średnią miesięczną w trzech zakładach (używano mieszanek łatwopalnych).

Tabela 1.42: Związane z BAT poziomy emisji NO_x z gazów kominowych powstałych w procesie spalania w piecu i/lub procesów podgrzewania/prekalcynacji w przemyśle cementowym

W tym kontekście, w przypadku współspalania odpadów, muszą być spełnione wymogi Dyrektywy w sprawie spalania odpadów (WID) [59, Unia Europejska, 2000].

18. Przez zastosowanie SNCR, BAT ma:

- stosować odpowiednie i wystarczające skuteczne metody redukcji NO_x wraz ze stabilnym przebiegiem pracy
- stosować dobrą stechiometryczną dystrybucję amoniaku w celu osiągnięcia najwyższej wydajności redukcji NO_x i zmniejszenia wycieków amoniaku
- utrzymanie emisji wycieku NH₃ z gazów kominowych na najniższym możliwym poziomie, ale poniżej 30 mg/Nm³ jako średniej wartości dziennej. Należy brać pod uwagę korelację pomiędzy wydajnością redukcji NO_x i wyciekami NH₃ (patrz rozdział 1.4.5.1.7). W zależności od początkowego poziomu NO_x i skuteczności redukcji NO_x, wyciek NH₃ może być większy nawet o 50 mg/Nm³. W przypadku pieców Lepol i długich pieców obrotowych, poziom może być jeszcze wyższy.

1.5.6.2 Emisje SO_x

Uwagi ogólne dotyczące emisji SO_x można znaleźć w rozdziałach 1.3.4.3 i 1.4.5.2.

19. BAT ma utrzymać emisje SO_x na niskim poziomie lub zmniejszać emisje SO_x z pyłów z gazów powstałych podczas spalania w piecu i/lub procesów podgrzewania/prekalcynacji poprzez zastosowanie jednego z następujących środków/technik (patrz rozdział 1.4.5.2):

- dodanie absorbentu
- mokra płuczka.

Parametr	Jednostka	BAT-AEL ¹⁾ (średnia wartość dzienna)
SO _x wyrażone jako SO ₂	mg/Nm ³	<50-<400

¹⁾ Zakres uwzględnia zawartość siarki w surowcach

Tabela 1.43: Poziomy emisji związane z BAT dla SO_x z pyłów z gazów powstałych podczas spalania w piecu i / lub procesów podgrzewania/prekalcynacji w przemyśle cementowym

Następujące poziomy emisji SO_x stanowią BAT-AEL:

W tym kontekście, w przypadku współspalania odpadów, muszą być spełnione wymogi Dyrektywy w sprawie spalania odpadów (WID) [59, Unia Europejska, 2000].

20. BAT ma optymalizować procesy mielenia surowców (metoda sucha), które wpływają na redukcję ilości SO₂ w piecu zgodnie z opisem zawartym w rozdziale 1.3.4.3.

1.5.6.3 Emisje CO i piki CO

1.5.6.3.1 Redukcja pików CO

Uwagi ogólne dotyczące pików CO można znaleźć w rozdziałach 1.4.3.1, 1.4.4.3.1 i 1.4.5.3.

21. Podczas stosowania elektrofiltrów (ESP) lub filtrów hybrydowych, BAT ma minimalizować częstotliwość pików CO i powodować, by ich łączny czas trwania wyniósł mniej niż 30 minut rocznie, dzięki zastosowaniu kombinacji następujących środków/technik (patrz rozdział 1.4.5.3):

- a) ograniczenie przestojów ESP. W tym kontekście patrz rozdział 1.4.5.3, gdzie zostało przedstawionych kilka różnych środków/technik, które mogą być stosowane pojedynczo lub w połączeniu
- b) podejmowanie ciągłych automatycznych pomiarów CO
- c) korzystanie z szybkich urządzeń pomiarowych i kontrolnych, w tym systemu monitoringu CO o krótkim czasie reakcji i który znajduje się blisko źródła CO.

W tym kontekście pomocny będzie również rozdział 4.2.6, gdzie przedstawiono wytyczne dotyczące kontroli pików CO.

1.5.6.4 Emisje całkowitego węgla organicznego (TOC)

Uwagi ogólne dotyczące TOC można znaleźć w rozdziałach 1.3.4.5 i 1.4.5.4.

22. BAT ma utrzymać emisję TOC z gazów kominowych powstałych podczas procesów wypalania w piecu na niskim poziomie (patrz rozdział 1.4.5.4) dzięki zastosowaniu następującego środka/techniki:

- a) unikać podawania surowców o wysokiej zawartości lotnych związków organicznych do systemu pieca przez przewody podawcze surowców.

W tym kontekście, w przypadku współspalania odpadów, muszą być spełnione wymogi Dyrektywy w sprawie spalania odpadów (WID) [59, Unia Europejska, 2000].

1.5.6.5 Emisje chlorowodoru (HCl) i fluorowodoru (HF)

Uwagi ogólne dotyczące emisji HCl i HF można znaleźć w rozdziałach 1.3.4.8 i 1.4.5.5.

23. BAT ma utrzymać emisje HCl poniżej 10 mg/Nm³ (BAT-AEL) jako średniej wartości dziennej lub średniej w okresie pobierania próbek (pomiarów miejscowe, przez co najmniej pół godziny), dzięki zastosowaniu następujących podstawowych środków/technik indywidualnie lub w połączeniu:

- a) używanie surowców i paliw o niskiej zawartości chloru (patrz także rozdziały 1.4.3.2 i 1.4.3.3)
- b) ograniczenie ilości zawartości chloru we wszelkich odpadach, które mają być wykorzystane jako surowiec i/lub paliwo w piecu cementowym (patrz rozdziały 1.2.4, 1.4.3.2 i 1.4.3.3).

24. BAT ma utrzymać emisje HF poniżej 1 mg/Nm³ (BAT-AEL) wyrażone jako średnia wartość dzienna lub średnia w okresie pobierania próbek (pomiarów miejscowe, przez co najmniej pół godziny), dzięki zastosowaniu następujących podstawowych środków/technik indywidualnie lub w połączeniu

- a) używanie surowców i paliw o niskiej zawartości fluoru (patrz także rozdziały 1.4.3.2 i 1.4.3.3)
- b) ograniczenie ilości zawartości fluoru we wszelkich odpadach, które mają być wykorzystane jako surowiec i/lub paliwo w piecu cementowym (patrz rozdziały 1.2.4, 1.4.3.2 i 1.4.3.3).

W tym kontekście pomocny będzie również również 4.2.2.1.1, gdzie zostały przedstawione przykłady zakresów stężeń substancji w odpadach/kryteria wejściowe dla odpadów. W tym kontekście, w przypadku współspalania odpadów, muszą być spełnione wymogi Dyrektywy w sprawie spalania odpadów (WID) [59, Unia Europejska, 2000].

1.5.7 Emisje PCDD/F

Uwagi ogólne dotyczące emisji PCDD/F można znaleźć w rozdziałach 1.3.4.6 i 1.4.6.

25. BAT ma zapobiegać emisjom PCDD/F lub utrzymać na niskim poziomie emisje PCDD/F z gazów kominowych powstałych podczas procesów spalania w piecu poprzez zastosowanie następujących środków/technik pojedynczo lub łącznie:

- a) staranny wybór i kontrola materiałów wprowadzanych do pieca (surowców), tj. chloru, miedzi i lotnych związków organicznych
- b) ograniczenie/unikanie wykorzystania odpadów, które zawierają chlorowane materiały organiczne
- c) unikanie podawania paliwa o wysokiej zawartości halogenów (np. chlor) w spalaniu wtórnym
- d) szybkie chłodzenie spalin pieca do mniej niż 200° C i minimalizacja czasu przebywania gazów kominowych oraz zawartości tlenu w strefach, w których temperatury wahają się od 300 do 450 ° C
- e) wstrzymanie współspalania odpadów dla działań takich jak rozruch i/lub zamknięcie

BAT-AELs wynoszą <0,05 – 0,1 ng PCDD/F I-TEQ/Nm³, co stanowi średnią okresu pobierania próbek (6-8 godzin).

W tym kontekście pomocny będzie również rozdział 1.4.6, w którym zostały przedstawione różne środki/techniki, które można zastosować indywidualnie lub w połączeniu. Ponadto w tym kontekście, w przypadku współspalania odpadów, muszą być spełnione wymogi Dyrektywy w sprawie spalania odpadów (WID) [59, Unia Europejska, 2000].

1.5.8 Emisje metali

Uwagi ogólne dotyczące emisji metali można znaleźć w rozdziałach 1.3.4.7, 1.3.4.7.1 i 1.4.7.

26. BAT ma zminimalizować emisje metali z gazów kominowych powstałych podczas procesów spalania w piecu przez zastosowanie następujących środków/technik pojedynczo lub łącznie:

- a) wybór materiałów o niskiej zawartości odnośnych metali i ograniczenie zawartości metali w odpowiednich materiałach, zwłaszcza rtęci
- b) zastosowanie systemu zapewnienia jakości, aby zagwarantować właściwości wykorzystywanych odpadów (patrz rozdział 1.4.3.2 i 1.4.3.3).
- c) zastosowanie skutecznych środków/technik usuwania pyłu. W tym kontekście, patrz rozdział 1.4.4.3, gdzie są przedstawione różne środki/techniki usuwania pyłu, które mogą być stosowane pojedynczo lub w połączeniu.

Następujące poziomy emisji metali stanowią BAT -AEL:

Metale	Jednostka	BAT-AEL (średnia w okresie pobierania próbek (pomiar miejscowe, przez co najmniej pół godziny))
Hg	mg/Nm ³	<0,05 ²⁾
Σ (Cd, Tl)	mg/Nm ³	<0,05 ¹⁾
Σ (As, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)	mg/Nm ³	<0,5 ¹⁾

¹⁾ Odnotowano niskie poziomy, zob. rozdziały 1.3.4.7, 1.3.4.7.1 oraz 1.4.7
²⁾ Odnotowano niskie poziomy (zob. rozdziały 1.3.4.7, 1.3.4.7.1 oraz 1.4.7). Należy dokładniej zbadać wartości wyższe niż 0,03 mg/Nm³. Wartości bliskie 0,05 mg/Nm³ wymagają rozważenia zastosowania dodatkowych środków/technik, takich jak te opisane w rozdziałach 1.3.4.13, 1.3.9.1 i 1.4.7

Tabela 1.44: Związane z BAT poziomy emisji dla metali z gazów kominowych powstających podczas procesów spalania w piecu

W tym kontekście, w przypadku współspalania odpadów, muszą być spełnione wymogi Dyrektywy w sprawie spalania odpadów (WID) [59, Unia Europejska, 2000].

1.5.9 Straty/odpady z procesu

Uwagi ogólne dotyczące strat/odpadów z procesu można znaleźć w rozdziałach 1.3.5 i 1.4.9.

27. W miarę możliwości w BAT należy ponownie wykorzystywać pył zebrany w tym procesie lub wykorzystywać takie pyły w innych produktach komercyjnych, jeśli jest to możliwe.

1.5.10 Hałas

Uwagi ogólne dotyczące hałasu można znaleźć w rozdziałach 1.3.7 i 1.4.10.

28. BAT ma zredukować/zminimalizować emisje hałasu w trakcie procesu produkcji cementu dzięki zastosowaniu kombinacji następujących środków/technik (patrz rozdział 4.1.10):

- obudowanie hałaśliwych części / jednostek
- izolacja wibracyjna działań/jednostek
- użycie wewnętrznych i zewnętrznych okładzin z materiałem absorbującym uderzenia
- dźwiękoszczelne budynki do ochrony przed wszelkimi głośnymi działaniami związanymi z urządzeniami do transformacji materiałów
- tworzenie ekranów akustycznych, np. stawianie budynków i granic naturalnych, takich jak rosnące drzewa i krzewy między obszarem chronionym a strefą hałasu
- stosowanie tłumików w wylotach kominowych
- izolacja kanałów i końcowych dmuchaw, które znajdują się w dźwiękoszczelnych budynkach
- zamykanie drzwi i okien w wymienionych obszarach.

1.6 Nowe techniki w przemyśle cementowym

1.6.1 Technika produkcji cementu w kotle fluidalnym

Technika spiekania cementu za pomocą systemu wypalania w kotle fluidalnym stanowi projekt dotowany przez Ministerstwo Handlu Międzynarodowego i Przemysłu Japonii od 1986 roku. Pilotażowy zakład o wydajności 20 ton klinkieru na dobę działał przez sześć lat w latach 1989 - 1995 w Sumitomo Osaka Cement Co Ltd w fabryce Toshigi w Japonii. Duży zakład pilotażowy o wydajności 200 ton klinkieru na dzień został wybudowany pod koniec 1995 r.

Konfiguracja systemu produkcji cementem w kotle fluidalnym o wydajności 20 ton klinkieru na dzień przedstawiono na rys. 1.71. System składa się z podgrzewacza zawiesiny (SP), pieca granulacji złoża fontannowego (SBK), pieca fluidalnego (FBK), chłodnicy do hartowania podłoża fluidalnego (FBK) i chłodnicy podłoża zwartego.

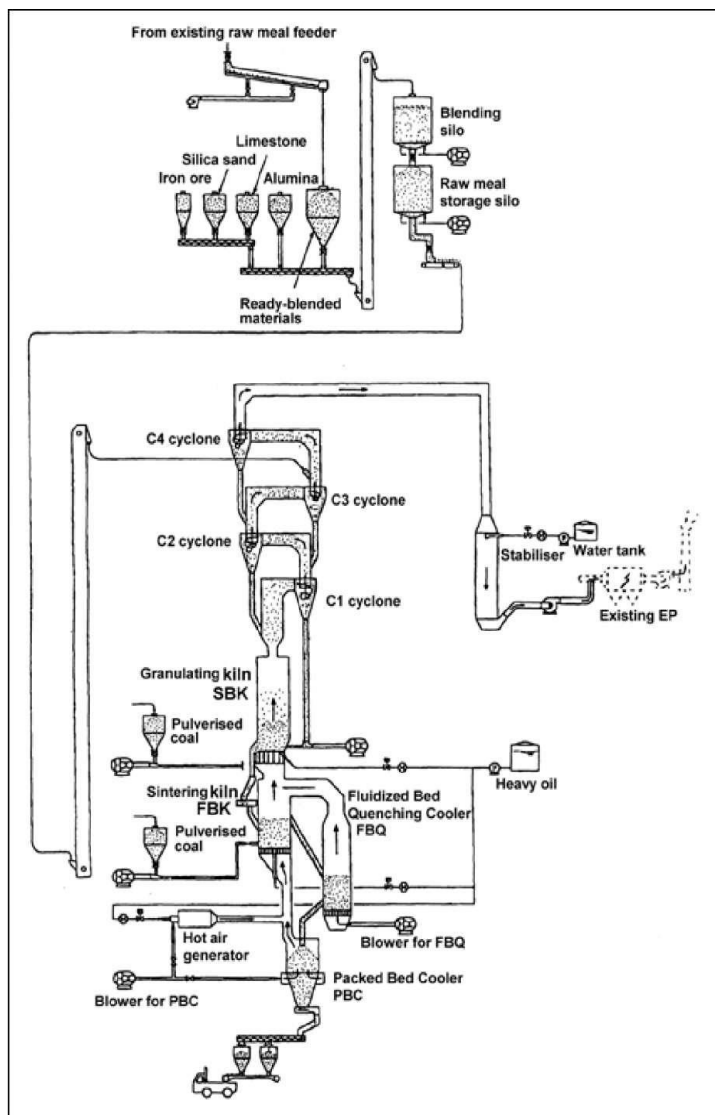


Figure 1.71: Fluidised bed cement kiln

Rysunek 1.71: Piec cementowy ze złożem fluidalnym

[22, Japonia, 1996]

[from existing raw meal feeder – z istniejącego podajnika mączki surowcowej]

Limestone – wapień

Silica sand – piasek kwarcowy

Iron ore – ruda żelaza

Alumina – aluminium

Blending silo – silos mieszający

Raw meal storage silo – silos do przechowywania mączki surowcowej

Ready blended materials – gotowe zmieszane materiały

Cyclone – cyklon

Stabilizer – stabilizator

Water tank – zbiornik na wodę

Existing EP – istniejący EP

Granulated kiln SBK – piec granulacyjny SBK

Pulverised coal – sproszkowany węgiel

Sintering kiln FBK – kocioł spiekania FBK

Fluidised bed finching cooler FBQ – chłodnica cofania podłoża fluidalnego FBQ

Heavy oil – olej ciężki

Hot air generator – generator gorącego powietrza

Blower for FBQ – dmuchawa dla FBQ

Blower for PBC – dmuchawa dla PBC

Packed bed cooler – chłodnica podłoża zwartego]

Podgrzewacz zawieszony bazuje na konwencjonalnym czteroetapowym podgrzewaniu cyklonu, w którym podgrzewa się i kalcyfikuje mączkę surowcową. Piec granulacyjny zbija mączkę surowcową

w granulki o wielkości około 1,5 - 2,5 mm w temperaturze 1300° C. W piecu spiekania spiekanie granulatu kończy się w temperaturze 1400° C. Chłodnica gaszenia fluidalnego szybko chłodzi klinkier cementowy z 1400 do 1000° C. Na koniec klinkier cementowy jest schładzany do około 100 ° C w chłodnicy podłoża zwartego.

Klinkier cementowy produkowany w zakładzie spalania fluidalnego jest tej samej lub lepszej jakości niż klinkier z zakładu komercyjnego. Ograniczenie emisji NO_x sięga 115 - 190 mg/Nm³, gdy jest używany olej ciężki i 440-515 mg/Nm³, gdy w charakterze paliwa używany jest pył węglowy (w przeliczeniu na 10% O₂). Według studium wykonalności w zakładzie o wydajności 3000 ton klinkieru/dzień wykorzystanie ciepła można zmniejszyć o 10 - 12% w porównaniu z podgrzewaniem w piecu obrotowym z podgrzewaczem zawieszony z chłodnikiem klinkieru, dlatego można oczekiwać, że emisja CO₂ może być zredukowana o 10 - 12%

Ostateczne cele rozwoju technicznego systemu pieca do produkcji cementu fluidalnego to (zgodnie ze studium wykonalności dla zakładu o wydajności 3000 ton klinkieru/dzień i na podstawie wyników dla zakładu pilotażowego o wydajności 20 ton/dzień):

1. Zmniejszenie zużycia ciepła o 10-12%
2. Redukcja emisji CO₂ o 10 - 12%
3. Poziom emisji NO_x wynoszący 380 mg/Nm³ lub mniej (w przeliczeniu na 10% O₂)
4. Aby utrzymać obecny poziom emisji SO_x
5. Redukcja kosztów budowy o 30%
6. Zmniejszenie powierzchni instalacji o 30%.

1.6.2 Stopniowe spalanie w połączeniu z SNCR

Połączenie stopniowego spalania i SNCR może teoretycznie być porównywalne z SCR. Dostawcy uważają tę kombinację za bardzo obiecującą. Niektóre wyniki dotyczące korzystania z SCR zostały opisane w rozdziale 1.4.5.1.8

1.6.3 Obróbka spalin w piecu do produkcji cementu z użyciem suchego wodorowęglanu sodu i ponowne wykorzystanie chemiczne

Opis

Środek ten (technika) jest brany pod uwagę w przypadku odsiarczania gazów spalinowych z pieców do produkcji cementu, zazwyczaj w sytuacjach, w których jako paliwo są wykorzystywane odpady. Aby osiągnąć wysoki współczynnik redukcji na SO₂ wraz z wysoką wydajnością redukcji, stosowany jest suchy wodorowęglan sodu, a stałe odpady sodowe, w zależności od właściwości i składu, często mogą być użyte ponownie w procesie produkcji cementu. Jednak w niektórych przypadkach odpady te nie mogą być używane, ponieważ może to doprowadzić do zbyt dużej zawartości sodu w składzie cementu.

W celu zapewnienia wysokiej redukcji SO₂ przy małej ilości odczynników i jednocześnie w celu umożliwienia ponownego wykorzystania odpadów z oczyszczania gazów kominowych można zastosować nowe techniki dwuetapowej filtracji spalin.

Filtracja dwuetapowa

Pierwszy filtr pyłu zbiera pył powstały w procesie produkcyjnym, który może być wykorzystany ponownie, ponieważ nie zawiera sodu. Wtrysk suchego wodorowęglanu sodu odbywa się poniżej pierwszego filtra. Wtryskiwany jest suchy starty wodorowęglan sodu, który reaguje z SO_x do soli sodowych, głównie siarczanu sodu (Na₂SO₄). Odpady z oczyszczania gazów kominowych są zbierane przez drugi filtr – zwykle przez tkaninę filtracyjną.

Osiągane korzyści środowiskowe

Ten środek/technika pozwala na uzyskanie bardzo wysokich i efektywnych redukcji SO_x w gazach kominowych, nieograniczając integralnego ponownego wykorzystania odpadów z oczyszczania gazów kominowych dzięki:

- braku nadmiernych ilości sodu w cemencie
- braku dodatku SO_x w gazach kominowych.

Co więcej, nie są wytwarzane żadne dodatkowe odpady i nie wykorzystuje się dodatkowych zasobów naturalnych.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Odpady na bazie sodu mogą być ponownie wykorzystane w ograniczonym zakresie. Do 2008 r. nie korzystano z tej możliwości, ponieważ ponowne wykorzystanie odpadów na bazie sodu ma wpływ na jakość cementu i klinkieru.

Do pewnego stopnia może dojść do dodatkowych emisji SO_x, które spowodowane są recyklingiem siarczanów wapnia lub sodu.

Nie są używane żadne dodatkowe zasoby naturalne, ponieważ odczynnik CaCl₂ jest dostępny w generujących popiół zakładach sodowych.

Mogą wiązać się z tym dodatkowe koszty transportu, ponieważ odpady z procesu obróbki gazów kominowych muszą być transportowane z cementowni do oczyszczalni. Jednak ilość takich odpadów jest stosunkowo niewielka w porównaniu z całkowitą ilością pyłu i pyłu niezawierającego siarczanów, który jest bezpośrednio wykorzystany ponownie w cementowni.

Dane operacyjne

Ten środek/technika jest w trakcie testowania na poziomie epoki przedprzemysłowej. W 2008 r. nie były dostępne dane operacyjne.

Zastosowanie

Przeprowadzono tylko kilka prób na mokro przy użyciu tej techniki. Technika filtracji dwuetapowej jest szczególnie dobrze przystosowana do zakładów, gdzie do ograniczania emisji pyłów są używane ESP. W tych przypadkach dodanie drugiego filtra (filtr tkaninowy) może być mniej kosztowne niż wymiana istniejącego. Jednak w połączeniu z wodorowęglanu sodu nie ma pełnego zastosowania w przemyśle.

Jeśli chodzi o podwójną filtrację, nie ma jeszcze cementowni (2008) wykorzystującej wodorowęglan sodu, ale są już przeprowadzane próby.

W odniesieniu do przetwarzania odpadów powstałych w wyniku oczyszczania gazów kominowych technika ta jest obecnie testowana na odpadach na bazie siarczanu w skali z okresu przedprzemysłowego we Francji; są one badane/planowane również w innych specjalnych oczyszczalniach. Technika ta jest przemysłowo wykonalna i jest stosowana we Francji i Włoszech w komunalnych spalarniach odpadów prowadzących obróbkę odpadów z gazów kominowych. Informacje na temat spalania odpadów można znaleźć również w Dokumencie referencyjnym Dotyczącym Najlepszych Dostępnych Technik dla Spalania Odpadów [87, Komisja Europejska, 2001]

Oplacalność

Przetwarzania odpadów sodowych jako takich w celu wykorzystania w przemyśle chemicznym – co miało już miejsce w zakresie spalania komunalnych odpadów przemysłowych – jest ekonomicznie trudne do uzasadnienia ze względu na wysoką zawartość pyłu występującego w używanych odpadach.

Cel wdrożenia

Wysoka wartość redukcji albo wysokie zapotrzebowanie na efektywność redukcji emisji dla SO_x w gazach kominowych.

Przykładowe zakłady i literatura

Zakłady testowe we Francji. [168, TWG CLM, 2007], [176, Francja, 2008], [182, TWG CLM, 2008]

1.7 Wnioski i zalecenia

Harmonogram procesu pracy

Pierwsze spotkanie w ramach przeglądu dokumentu BREF dotyczącego cementu i wapna odbyło się we wrześniu 2005 roku. TWG zgodziła się na rozszerzenie zakresu tego dokumentu i dodanie dodatkowego sektora dla produkcji tlenku magnezu (MgO/magnezja) w kanale procesu suchego do BREF dotyczącego cementu i wapna. Po okresie zbierania informacji i danych w lutym 2007 roku odbyło się drugie spotkanie TWG w celu sprawdzenia i uzgodnienia informacji i danych, które powinny być wykorzystane do rewizji dokumentu BREF. Ponadto, TWG poprosiła o wyjątek proceduralny w procesie przeglądu tego dokumentu w celu podzielenia dyskusji na temat Sekcji 1-4 i sekcji BAT na trzy rozdziały dotyczące cementu, wapna i tlenku magnezu.

Na podstawie wniosku TWG, biorąc pod uwagę ogólny harmonogram przeglądu BREF (grudzień 2005), IEF zgodził się podzielić dyskusje na temat Sekcji 1-4 i Sekcji BAT na trzy rozdziały dotyczące cementu, wapna i tlenku magnezu.

Pierwszy projekt obejmujący zmienione Sekcje 1-4 i 6 trzech rozdziałów dotyczących cementu, wapna i tlenku magnezu został poddany konsultacjom we wrześniu 2007 roku. Druga część pierwszego projektu obejmującego sekcje na temat technik, które należy rozważyć przy ustalaniu BAT (Sekcje 1.4, 2.4 i 3.4) i sekcje BAT (art. 1.5, 2.5 i 3.5) tych trzech rozdziałów zostały poddane konsultacjom w maju 2008 r. Ostatnie spotkanie TWG odbyło się we wrześniu 2008 r.

Projekt pierwszej zmiany tego dokumentu BREF, który był pionierskim projektem w zakresie przeglądu pierwszej serii BREF wywołał ogromne zainteresowanie. W końcowej sesji plenarnej uczestniczyło ponad 110 członków TWG.

Jak wynika z ogólnego harmonogramu przeglądu BREF (grudzień 2005), zmiana dokumentu BREF dotyczącego cementu i wapna nie pociągała za sobą pełnego przeredagowania pierwszego dokumentu przyjętego w grudniu 2001 r., ale zaktualizowała istniejące i dodała nowe informacje, które były zrewidowane (na przykład w zakresie techniki), ponieważ mogły mieć wpływ na wnioski w zakresie BAT. Wymiana informacji i zbieranie danych było możliwe dzięki dobrej woli TWG i wnioskom uzgodnionym podczas drugiego spotkania TWG (styczeń 2007). Dokument z wytycznymi w sprawie zbierania danych, przyjęty przez IEF w kwietniu 2008 r., nie był wykorzystywany w tym procesie.

Źródła informacji. Tworzenie rozdziału dotyczącego cementu i braki informacyjne

Zmieniony rozdział dotyczący cementu opiera się na dużej liczbie dokumentów i ponad 50 źródłach informacji od operatorów przemysłowych i państw członkowskich. Raporty zostały złożone przez CEMBUREAU, stowarzyszenie przemysłowe reprezentujące większość europejskich producentów cementu i państwa członkowskie: Niemcy, Austrię, Szwecję, Francję, Wielką Brytanię, Irlandię, Holandię, Włochy, Węgry, Estonię, Hiszpanię, Portugalię, Finlandię i Republikę Czeską. Ponadto informacje były dostarczone przez EURITS, stowarzyszenie przemysłowe reprezentujące większość sektora spalarni odpadów niebezpiecznych UE, oraz przez dostawcę z Norwegii. Dokumenty te można uznać za podstawę zmienionej części niniejszego rozdziału dotyczącego cementu.

Dodatkowe przydatne informacje uzyskano poprzez wizytacje w zakładach produkcji cementu w Wielkiej Brytanii, Austrii, Niemczech, Belgii, Hiszpanii, Finlandii i na Węgrzech.

Na podstawie zebranych informacji i danych oraz uwag otrzymanych po okresie konsultacji, rozdział dotyczący cementu został zmieniony poprzez aktualizację informacji i danych. Zostały też opracowane dodatkowe sekcje, np. dotyczące wykorzystania odpadów jako paliwa i/lub surowców, jak również ich zużycia w procesie produkcji cementu, kogeneracji, kilku rodzajów emisji do powietrza, przykładów danych na temat kosztów środków/techniki ograniczających ilość spalin i podstawowych środków/technik stosowanych do redukcji emisji, wpływu na zachowanie emisji i efektywności energetycznej przy zastosowaniu odpadów i narzędzi zarządzania ochroną środowiska.

Pomimo tak wielu użytecznych informacji i komentarzy dotyczących licznych kwestii, występują problemy związane z danymi i ich wpływem na niniejszy rozdział na temat cementu, dlatego należy zwrócić uwagę na to, że:

- brakuje informacji na temat częstotliwości pomiarów, tj. w przypadku pomiarów okresowych
- brakuje informacji na ten temat emisji rtęci i związku pomiędzy emisją rtęci a dostępnymi rozwiązaniami technicznymi redukcji rtęci
- do pewnego stopnia brakuje spójnych informacji na temat technik monitoringu i systemów pomiarów emisji, np. emisji rtęci
- w zakresie wykorzystania węgla aktywnego, informacje i dane były dostępne tylko dla redukcji emisji SO_x, a nie były raczej traktowane jako techniki redukcji wielu zanieczyszczeń jednocześnie dla kilku innych emisji do powietrza
- przekazane były dane wejściowe w zakresie wykorzystania odpadów, które są różne w UE-27 w zakresie, np. cech i parametrów danych o konkretnych zakładach. Zapewnione dane wykazują wiele szczegółów, ale prowadzą do wniosku, że trudno jest dojść do ogólnych ilościowych wniosków w tym zakresie, a odnośny wniosek z BAT opiera się na podejściu jakościowym.
- wśród nowych technik opisana jest technika fluidalna produkcji cementu (patrz rozdział 1.6.1), jednak nie było informacji dostarczonych przez TWG, jak ta technika powinna być/może być dalej rozwijana.

Podczas ostatniego spotkania TWG CLM miała miejsce szczegółowa dyskusja na temat źródła i możliwych techniki redukcji emisji rtęci. Dyskusja wykazała co następuje:

- na poziom emisji rtęci wpływa głównie skład surowcowy. W odniesieniu do emisji dane wykazały, że można osiągnąć poziomy poniżej 0,05 mg/Nm³, ale nie było dowodów na to, gdzie osiągnięto niższe poziomy. CEMBUREAU zgodziło się przeprowadzić badania na ten temat w celu uzyskania lepszego zrozumienia emisji rtęci i tego, w jaki sposób ten problem dotyczy różnych zakładów. CEMBUREAU będzie starać się sporządzić zestaw pełnych danych dotyczących tej kwestii do następnego przeglądu niniejszego dokumentu BREF CLM.
- ciągle monitorowanie emisji rtęci odbywa się w Niemczech i Austrii ze względu na wymagania prawne zobowiązujące do monitorowania rtęci w sposób ciągły (w Niemczech od 2000 r.). W 2008 roku w niemieckim przemyśle cementowym działały 34 CEM rtęci (ciągle pomiary wielkości emisji). Urządzenia pomiarowe zostały zbadane ogólnie do roku 2008, wydajność CEM została poprawiona w celu zapewnienia poprawnego działania i dostarczenia wiarygodnych wyników. Powszechnie stwierdzono, że w niektórych przypadkach musiały być przeprowadzone czynności konserwacyjne. W niektórych przypadkach konieczne było, w porozumieniu z właściwym organem, zmodyfikowanie dostępnych na rynku urządzeń odpowiednich dla poszczególnych zastosowań. Występują tylko rzadkie przypadki (10%), w których CEM nie mogą być odpowiednio zastosowane. Wnioski końcowe na temat długoterminowej stabilności tych urządzeń nie są jeszcze dostępne. Przerwy na okresową konserwację CEM muszą być uzależnione od przyszłych doświadczeń. W październiku 2007 roku, niemiecki UBA zapytał dostawców urządzeń pomiaru rtęci o ich doświadczenia. Dzięki temu są teraz dostępne wytyczne dotyczące zapewnienia jakości, które także wyznaczają wymagania w zakresie procedur utrzymania dla większości CEM. Wyzwanie stanowi także prawidłowa kalibracja CEM zgodnie z normą europejską EN 14181. W przypadku CEM dla rtęci procedura kalibracji wymaga większego wysiłku niż do CEM dla innych zanieczyszczeń, np. pyłów lub NO_x. Okresowe procedury zapewniania jakości powinny być przeprowadzane wyłącznie przez doświadczonych pracowników. Należy działać zgodnie z procesem stałego rozwoju. Rezultat powinien być wzięty pod uwagę w następnym przeglądzie niniejszego dokumentu CLM BREF oraz informacje i dane dotyczące tej kwestii powinny być gromadzone w celu dokonania ogólnej oceny ilościowej na temat ciągłych pomiarów emisji rtęci.

Konieczne jest prowadzenie stałego procesu badawczego i wykonywanie badań w zakresie poprawy i dalszego rozwoju. Ich wynik powinien zostać uwzględniony w następnym przeglądzie niniejszego

dokumentu CLM BREF, a informacje i dane dotyczące tej kwestii powinny być gromadzone w celu dokonania ogólnej oceny ilościowej ciągłych pomiarów emisji rtęci.

Poziom zgodności podczas ostatniego spotkania TWG

Wnioski z prac dotyczących rozdziału o cemencie zostały uzgodnione podczas ostatniego spotkania TWG we wrześniu 2008 roku. Główne elementy wspomnianej dyskusji TWG stały się wnioskami dotyczącymi BAT. Propozycje BAT dla przemysłu cementowego były omawiane dla każdego indywidualnego przypadku.

Podczas ostatniego spotkania TWG osiągnięto wysoki poziom konsensusu w zakresie BAT (Najlepszych Dostępnych Technik) w przemyśle cementowym i nie odnotowano żadnych odmiennych opinii. Dlatego – jak również zdarzało się przez cały okres wymiany informacji – proces wymiany informacji można uznać za udany.

Zalecenia dotyczące przyszłych prac

Wymiana informacji i jej wpływ na przemysł cementowy, tj. rozdział o cemencie w niniejszym dokumencie, stanowią ważny krok w drodze do wypracowania zintegrowanego systemu zapobiegania i kontroli zanieczyszczeń w produkcji cementu. Poniższe dalsze prace nad następującymi kwestiami mogą kontynuować proces:

- zbieranie danych, biorąc pod uwagę wytyczne zawarte w dokumencie IEF wydanym w kwietniu 2008 roku, aby umożliwić ocenę realizacji niektórych środków/technik na poziomie zakładu, szczególnie potencjalnych BAT
- zebranie informacji dotyczących relacji między typem procesu, używanych odpadów (rodzaj, ilość) i emisji
- gromadzenie danych na temat kosztów (np. inwestycje, koszty operacyjne) w odniesieniu do wszystkich środków/technik, które należy rozważyć przy ustalaniu BAT
- gromadzenie danych na temat kosztów i efektywności środków/technik redukujących
- gromadzenie informacji i danych dotyczących możliwości minimalizacji zużycia energii lub zwiększenia efektywności energetycznej
- zbieranie danych na temat zużycia energii oraz najlepszych osiągnięć związanych z rodzajami używanych pieców
- gromadzenie informacji i danych dotyczących redukcji emisji NO_x szczególnie w odniesieniu do SCR i techniki SNCR
- gromadzenie informacji dotyczących emisji NH₃
- zebranie większej ilości informacji o węglu aktywowanym uważanym za środek/technikę redukcji wielu zanieczyszczeń, np. redukcji emisji SO_x
- gromadzenie informacji dotyczących monitorowania emisji i częstotliwości monitoringu, np. dla pomiarów okresowych, aby władze były w stanie sprawdzić zobowiązania/warunki udzielania zezwoleń
- zbadanie zmiany Dokumentu Referencyjnego na Temat Ogólnych Zasad Monitoringu
- gromadzenie informacji i danych dotyczących emisji TOC
- zbieranie danych i badań/technik badawczych, które mogą być wykorzystane do redukcji metali (rtęć)
- gromadzenie informacji i danych o wszystkich danych wejściowych procesu, w szczególności w zakresie rtęci
- gromadzenie informacji i danych dotyczących kryteriów wejściowych dla odpadów
- gromadzenie informacji dotyczących środków/technik ciągłego pomiaru emisji rtęci stosowanych w przemyśle cementowym
- gromadzenie informacji dotyczących techniki wytwarzania cementu fluidalnego.

Proponowane tematy przyszłych prac badawczo-rozwojowych

W zakresie korzystania z SCR do redukcji NO_x w przemyśle cementowym konieczne są dalsze prace dotyczące rozwoju odpowiednich katalizatorów i rozwoju procesu (patrz BAT 17 d w rozdziale 1.5.6.1).

Przyszłe prace badawczo-rozwojowe będą szczególnie potrzebne w odniesieniu do technik opisanych w sekcji Nowe Techniki (rozdział 1.6), tak by można było uwzględnić te techniki w przyszłości w określaniu BAT dla przemysłu cementowego.

Co więcej, WE inicjuje i wspiera serię projektów z zakresu czystych technologii, nowych technologii oczyszczania ścieków, recyklingu oraz strategii zarządzania w ramach swoich programów badań naukowych i rozwojowych. Projekty te będą mogły wnieść pozytywny wkład w prace nad przyszłymi przeglądami BREF. Czytelnicy są proszeni o informowanie EIPPCB o wszelkich wynikach badań, które są istotne dla zakresu niniejszego dokumentu (zob. także przedmowę do niniejszego dokumentu).

2 PRZEMYSŁ WAPIENNICZY

2.1 Ogólne informacje o przemyśle wapienniczym

2.1.1 Wapno i jego zastosowania

Wapno jest używane praktycznie „od początku świata”, np. na Bliskim Wschodzie od 8000 lat. Istnieją dowody wskazujące na to, że stosowanie wapna palonego (CaO) i hydratyzowanego (Ca(OH)₂) do celów budowlanych było szeroko rozpowszechnione już w roku 1000 p.n.e. wśród wielu cywilizacji, m.in. Greków, Egipcjan, Rzymian, Inków, Majów, Chińczyków i Hindusów. Rzymianie znali chemiczne właściwości wapna i używali go np. do wybielania lnu i w medycynie jako wodę wapienną.

W 2008 r. wapno jest wykorzystywane w szerokiej gamie produktów i zastosowań, z których każde jest dostosowane do szczególnych wymogów rynku. Przykładowo, wapno i jego pochodne są stosowane jako topnik w procesach rafinacji stali, jako spoiwo w branży budowlanej i w procesach uzdatniania wody do wytrącania zanieczyszczeń. Wapno jest powszechnie stosowane do neutralizacji kwasowych składników ścieków przemysłowych i gazów spalinowych.

Wapno jest stosowane i wykorzystywane w wielu sektorach różnorodnych gałęzi przemysłu i rolnictwa. Produkt ten występuje w życiu codziennym w formie wielorakich zastosowań, co przedstawiono w Tabeli 2.1.

Sektory zastosowania	Opis zastosowania
Środowisko - gaz	- wykorzystywane do neutralizacji zanieczyszczeń z gazów spalinowych, takich jak siarka i chlor - połączone z domieszkami, przechwytuje cząsteczki metali ciężkich
Środowisko - woda	- oczyszczanie ścieków przemysłowych – oczyszczanie ścieków w przemyśle i w górnictwie (dostosowanie pH, usuwanie fosforu i azotu, oczyszczanie wody) - zmiękczenie i uzdatnianie wody pitnej - oczyszczanie ścieków
Środowisko - odpady	- oczyszczanie odpadów medycznych i niebezpiecznych - oczyszczanie organicznych i nieorganicznych osadów ściekowych
Środowisko – skażona gleba	- dostosowanie pH i przechwytywanie siarczanów, fosforanów i metali ciężkich
Budownictwo i inżynieria lądowa	- wykorzystywane do produkcji cegieł i pustaków - mieszanki murarskie i gipsowe do elewacji budynków - stabilizacja gleby i wapienne spoiwa mieszanek drogowych
Rolnictwo	- uzdatnianie gleby w celu dostosowania pH gleb i uzyskania optymalnych warunków dla wzrostu i tym samym do poprawy zbiorów
Stal i metale kolorowe	- wykorzystywane w procesach wytwarzania stali w celu zredukowania siarki i fosforu, zmodyfikowania lepkości żużli, do zabezpieczenia materiałów ogniotrwałych i tworzenia żużlu - wykorzystywane jako topnik w wytopie miedzy, ołowiu, cynku i innych metali z tych rud - wykorzystywane do neutralizacji i powlekania drutów po ich oczyszczeniu kwasem

Przemysł chemiczny i papierniczy	<ul style="list-style-type: none"> - proces produkcji papieru; masa i surowce dla wytrąconego węgla wapnia (PCC) - domieszka oleju do smarów (takich jak sulfoniany, fenolany i salicylany) - plastiki – wykorzystywane jako środek wysuszający w produkcji produktów petrochemicznych - wykorzystywane w garbowaniu skór - wykorzystywane w przemyśle szklarskim i sodowym - neutralizacja kwasów
Przemysł farmaceutyczny, kosmetyczny i spożywczy	<ul style="list-style-type: none"> - wykorzystywane w komponowaniu składu leków - wykorzystywane w produkcji fosforanu wapnia, dodatku do past do zębów - wykorzystywane w produkcji dodatków do jedzenia i picia - wykorzystywane w przemyśle cukierniczym do wytrącania zanieczyszczeń z ekstraktów z buraków i trzciny oraz do neutralizacji zapachów wytwarzanych podczas czyszczenia i transportu buraków

Tabela 2.1: Wapno – uniwersalny środek – niektóre zastosowania przemysłowe [44, EuLA, 2006]

2.1.2 Światowa produkcja wapna

W 2006 r. całkowita światowa produkcja wapna wynosiła 172 miliony ton na rok, w tym produkcja na potrzeby własne przedstawiona w Tabeli 2.2.

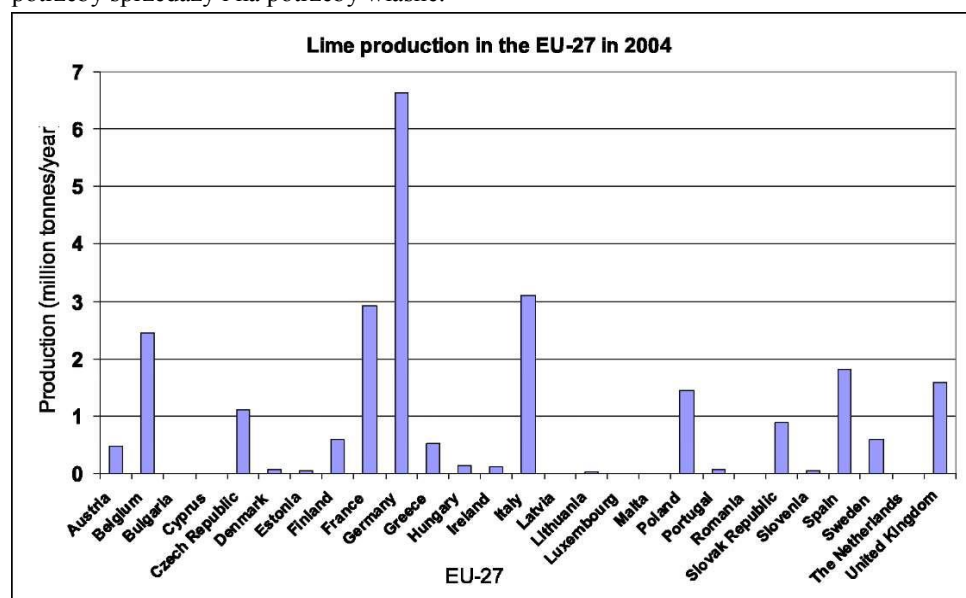
Kraj	Produkcja roczna	
	Mln ton/rok	%
Brazylia	6	3,5
Chiny	75	43,6
UE-25	28	16,3
Pozostałe kraje europejskie	2	1,2
Indie	4	2,3
Japonia	10	5,8
Meksyk	4	2,3
Rosja	8	4,7
USA	20	11,6
Pozostałe kraje	15	8,7
Ogółem	172	100

Tabela 2.2: Szacunkowa światowa produkcja wapna niegaszonego i dolomitowego w 2006 r. w krajach grupy UE-27, w tym produkcja na potrzeby własne [44, EuLA, 2006, [168, TWG CLM, 2007]

2.1.3 Rozkład geograficzny i ogólne uwarunkowania ekonomiczne w Europie – podstawowe wskaźniki

2.1.3.1 Produkcja roczna

Niemcy, Francja, Polska, Belgia, Hiszpania i Włochy to najwięksi producenci wapna w krajach EU-27, co stanowi ok. 20% całkowitej produkcji na świecie. Jedyne w czterech państwach członkowskich UE wapno nie jest produkowane, mianowicie na Cyprze, Malcie, w Luksemburgu i Holandii. Struktura przemysłu wapienniczego w państwach członkowskich UE jest zróżnicowana. Niemniej jednak, w większości państw UE przemysł wapienniczy cechuje się dużą liczbą małych i średnich przedsiębiorstw. Zatem, w Unii Europejskiej istnieje ponad 100 przedsiębiorstw wapienniczych. Większość z nich to mali producenci, z jedną fabryką. Jednak w ostatnich latach obserwujemy tendencję zwykłą w kierunku tworzenia zagłębi produkcyjnych, z niewielką liczbą dużych międzynarodowych koncernów posiadających znaczną część udziału w rynku. Rysunek 2.1 przedstawia europejski rynek produkcji w państwach UE-27 na rok 2004, co stanowiło prawie 25 milionów ton wapna z 28 milionów ton całkowitej produkcji europejskiej, w tym produkcji na potrzeby sprzedaży i na potrzeby własne.



Rysunek 2.1: Produkcja wapna i dolomitu w krajach UE-27 w 2004 r. [44, EuLA, 2006]

Produkcja wapna w UE-27 w 2004 roku
Produkcja w mln ton/rok

Austria Belgia Bułgaria Cypr Czechy Dania Estonia Finlandia Francja Niemcy Grecja Węgry Irlandia Włochy Łotwa Litwa Luksemburg Malta Polska Portugalia Rumunia Słowacja Słowenia Hiszpania Szwecja Holandia Wielka Brytania
UE-27

Produkcja wapna w krajach UE spadła pod koniec lat 80-tych i ponownie wzrosła na początku 1994 roku. Było to konsekwencją zmian we wzorcach zastosowań. Jeden z głównych użytkowników wapna – przemysł żelaza i stali – ograniczył jednostkowe zużycie wapna ze 100 do 40 kg na tonę stali. Jednakże w połowie lat 90. wzrost zapotrzebowania na wapno dla celów ochrony środowiska zaowocował ponownym wzrostem sprzedaży.

Całkowite zużycie wapna w krajach UE przestało rosnąć, ponieważ sektory o zwiększającym się zapotrzebowaniu wapna, na przykład uzdatniania wody i odsiarczania spalin, tylko częściowo kompensują spadek popytu w tradycyjnych gałęziach stali i metalurgii.

Wapno jest produktem niedrogim, ale zajmującym dużo miejsca, dlatego zazwyczaj transportuje się je na względnie krótkich dystansach. Eksport wapna z UE osiąga tylko kilka procent całkowitej

produkcji. Udział wapna na potrzeby sprzedaży w rynku na rok 2004 w krajach UE-27 z podziałem na poszczególne sektory przedstawiono w Tabeli 2.3.

Sektory	Wkład (%)
Produkcja stali i obróbka metali kolorowych	30-40
Ochrona środowiska, rolnictwo i leśnictwo	30
Budownictwo i stabilizacja gruntów gliniastych	15-20
Inne: przemysł chemiczny, rafineria metali kolorowych, PCC dla przemysłu papierniczego, spożywczego, paszowego i produktów ochrony zdrowia	10-15

Tabela 2.3: Podział wapna na potrzeby sprzedaży wg sektorów w krajach UE-27 w 2004 r. [44, EuLA, 2006]

2.1.3.2 Główne problemy związane ze środowiskiem i rozwojem zrównoważonym

Głównymi problemami związanymi ze środowiskiem przy produkcji wapna są energochłonność, emisje CO₂ z procesów technologicznych i procesów spalania, kontrola zanieczyszczenia środowiska (głównie pyłami), transport i rekonstrukcja miejsca wydobycia [44, EuLA, 2006].

Kluczowymi problemami dla rozwoju zrównoważonego w przypadku wydobycia głównych surowców wykorzystywanych do produkcji wapna są dostęp do złóż wysokiej jakości wapna i dolomitu w celu zabezpieczenia zasobów geologicznych na przyszłość. W kategoriach geologicznych, wapień to popularna skała. Niemniej jednak, trudno jest znaleźć złoża charakteryzujące się wszystkimi z poniższych cech podstawowych:

- rezerwy na 50 lat lub więcej
- wysoka czystość chemiczna
- określone właściwości fizyczne i mechaniczne
- bliska odległość do infrastruktury transportowej
- uwarunkowania środowiskowe.

Tabela 2.4 przedstawia spodziewane wykorzystanie wapienia w roku 2030, w porównaniu z rokiem 2003.

Tendencja wykorzystania wapienia i dolomitu w latach 2003-2030		
Zastosowania wapna:	2003, mln ton na rok	2030, mln ton na rok
materiały budowlane i zastosowania przemysłowe (stal, papier, szkło, cukier, ochrona gleby, ochrona środowiska)		
Produkcja wapna/dolomitu po kalcynacji wapienia i dolomitu	25	32
Surowce do produkcji wapna i dolomitu kalcynowanego	50	64

Tabela 2.4: Tendencja wykorzystania surowców wapiennych i dolomitycznych w latach 2003 – 2030 [44, EuLA, 2006]

2.1.3.3 Rodzaje wapna i wapna dolomitowego

Terminu „wapno” często używa się błędnie w odniesieniu do wyrobów wapiennych. Jest to często powodem nieporozumień. Termin „wapno” obejmuje zarówno wapno palone jak i gaszone i jest synonimem „wyrobów wapienniczych”. Wapno niegaszone, nazywane również „wapnem palonym”, jest tlenkiem wapnia (CaO) uzyskanym przez dekarbonizację kamienia wapiennego (CaCO₃). Wapno gaszone jest wytwarzane przez reakcję „gaszenie” wapna palonego z wodą i składa się głównie z wodorotlenku wapnia (Ca(OH)₂). Wapno gaszone obejmuje hydratyzowane wapno (suchy proszek wodorotlenku wapniowego), mleczko wapienne i ciasto wapienne (rozproszone cząsteczki wodorotlenku wapnia w wodzie). Jednak 90% całkowitej produkcji stanowi wapno, a dolomit kalcynowany - 10%.

Różne rodzaje wapna są używane do różnych zastosowań. Rozróżnia się wapna wapniowe, wapna dolomitowe i wapna hydrauliczne. Wapno wapniowe to największa kategoria; dostarcza się je w kawałkach, zmielone lub hydratyzowane. Wapna dolomitowe to produkty bardziej specjalistyczne, które są dostarczane w mniejszych ilościach, w formie kawałków, zmielone, hydratyzowane i jako wapno przepalone.

Wapna hydrauliczne są częściowo uwodnione i zawierają związki cementowe; używa się ich wyłącznie w budownictwie.

W niniejszym dokumencie omówiono jedynie produkcję na użytek zewnętrzny.

Tabela 2.5 przedstawia synonimiczne określenia stosowane w sektorze wapienniczym, z odpowiednimi numerami w rejestrze związków chemicznych CAS (oddział Amerykańskiego Towarzystwa Chemicznego) i europejskimi odpowiednikami w spisie EINICS (Europejski spis istniejących substancji chemicznych o znaczeniu handlowym).

Związek chemiczny	Wzór chemiczny	Synonimy	Nr WE	Nr CAS
Tlenek wapnia	CaO	Wapno, wapno palone i wapno niegaszone	215-138-9	1305-78-8
Tlenek wapnia i magnezu	CaOMgO	Wapno dolomitowe, dolomit kalcynowany	253-425-0	37247-91-9
Wodorotlenek wapnia	Ca(OH) ₂	Hydrat wapnia, wodorotlenek wapnia, wapno suchogaszone, wapno hydratyzowane i wapno gaszone	215-137-3	1305-62-0
Tetrawodorotlenek magnezu i wapnia	CaMg(OH) ₄	Uwodnione wapno dolomitowe, wodorotlenek magnezu i wapnia	254-454-1	39445-23-3

Tabela 2.5: Nomenklatura wapna, numery WE i CAS [44, EuLA, 2006]

2.1.3.4 Obiekty produkcyjne w przemyśle wapienniczym

W Unii Europejskiej istnieje ok. 211 obiektów produkcyjnych w przemyśle wapienniczym (z wyłączeniem produkcji na użytek własny) w 2003 r., znajdujących się we wszystkich państwach członkowskich UE, co przedstawiono w Tabeli 2.6.

Kraj	Produkcja wapna i dolomitu kalcynowanego	Produkcja dolomitu przepalonego
Belgia	BE 6	1
Bułgaria	BG 6	1
Czechy	CZ 5	0

Dania	DK	1	0
Niemcy	DE	39	1
Estonia	EE	1	0
Grecja	EL	19	0
Hiszpania	ES	22	2
Francja	FR	16	0
Irlandia	IE	1	0
Włochy	IT	36	1
Cypr	CY	0	0
Łotwa	LV	1	0
Litwa	LT	1	0
Luksemburg	LU	0	0
Węgry	HU	3	0
Malta	MT	0	0
Holandia	NL	0	0
Austria	AT	6	0
Polska	PL	8	0
Portugalia	PT	4	0
Rumunia	RO	8	0
Słowenia	SI	3	0
Słowacja	SK	6	0
Finlandia	FI	6	0
Szwecja	SE	7	0
Zjednoczone Królestwo	UK	6	2
OGÓLEM		211	8

Tabela 2.6: Liczba fabryk zajmujących się produkcją na użytek zewnętrzny w państwach członkowskich UE-27, z produkcją przekraczającą 50 ton na dzień – ogółem od 2003 [44, EuLA, 2006], [139, Włochy, 2007]

W 2006 r. w UE-27 pracowało w przybliżeniu około 597 pieców produkcyjnych (nie licząc pieców na użytek wewnętrzny), pogrupowanych na sześć różnych kategorii. W Tabelach 2.7 oraz na Rysunkach 2.2, 2.3 i 2.4 przedstawiono liczbę pracujących pieców z podziałem na rodzaje pieców i ich znaczenie w produkcji wapna, dolomitu kalcynowanego i dolomitu przepalonego w krajach UE-27.

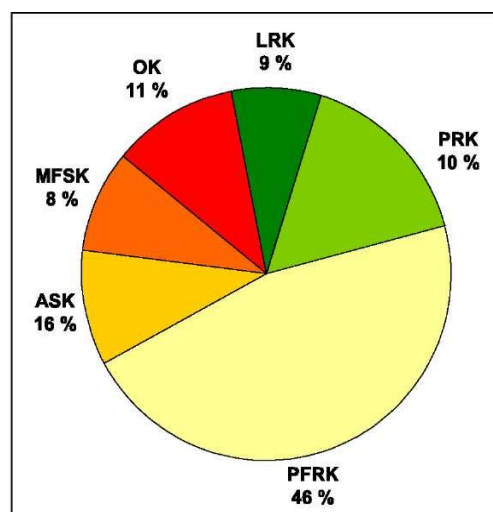
Rodzaj pieca	Liczba pieców
Długi piec obrotowy (LRK)	26
Piec obrotowy z podgrzewaczem (PRK)	20
Współprądowy piec regeneracyjny (PFRK) (wapno standardowe i miałki)	158
Piec szybowy pierścieniowy (ASK)	74
Piec szybowy na wsad mieszany (MFSK)	116
Inne piece (OK)	203
OGÓLEM	597

Tabela 2.7: Liczba działających pieców wapienniczych wg rodzaju w 2004 r. w krajach UE-27

[44, EuLA, 2006] [46, Niemcy, 2006]

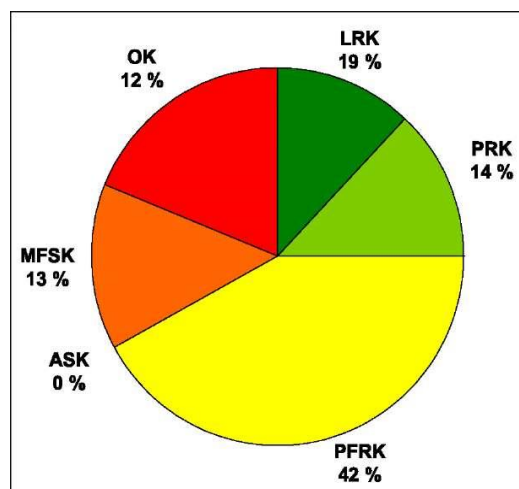
Do kategorii inne piece można zaliczyć:

- piece szybowe dwuskośne
- piece szybowe wielokomorowe
- piece szybowe z palnikiem centralnym
- piece szybowe z komorą zewnętrzną
- piece szybowe z głównym palnikiem promiennikowym
- piece szybowe z łukiem wewnętrznym
- piece z rusztem wędrownym
- piece „top-shaped”
- piece ze złożem fluidalnym
- piece z obrotowymi paleniskami.



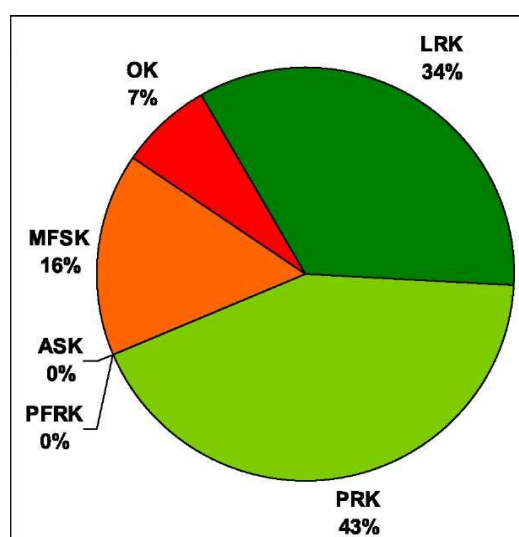
Production of commercial lime per type of kiln in the EU-27 in 2004

Rysunek 2.2: Produkcja wapna komercyjnego wg rodzaju pieca w krajach UE-27 w 2004 r.
[44, EuLA, 2006]



Rysunek 2.3: Produkcja komercyjnego dolomitu kalcynowanego wg rodzaju pieca w krajach EU-27 w 2004 r.

[44, EuLA, 2006]



Rysunek 2.4: Produkcja komercyjnego dolomitu przepalonego wg rodzaju pieca w krajach EU-27 w 2004 r.

[44, EuLA, 2006]

Typowa wydajność pieca do produkcji wapna, dolomitu kalcynowanego i dolomitu przepalonego mieści się w przedziale 50 do 500 ton dziennie. Tylko około 10% pieców ma mniejszą wydajność niż 10 lub większą niż 500 ton dziennie. Tabela 2.8 przedstawia liczbę różnych rodzajów pieców używanych w danych krajach UE-27 do produkcji wapna i dolomitu kalcynowanego w 2003 r.

Kraj	Długi piec obrotowy (LRK)	Piec obrotowy podgrzewaczem (PRK)	Współprądowy regeneracyjny (PFRK)	Piec pieczybowy pierścieniowy (ASK)	Piec szybowy na wsad mieszany (MFSK)	Inne piece (OK)	Ogółem
Belgia	5	3	14	5	9	1	37
Bułgaria	1	-	2	-	-	29	32
Czechy	-	2	8	-	4	2	16
Dania	1	-	-	-	-	-	1

Niemcy	DE	1	6	15	32	64	17	135
Estonia	EE	-	-	-	-	-	2	2
Grecja	EL	2	-	2	2	-	40	46
Hiszpania	ES	3	1	34	1	1	9	49
Francja	FR	-	2	18	23	-	5	48
Irlandia	IE	-	-	1	-	-	-	1
Włochy	IT	-	-	31	4	-	35	70
Cypr	CY	-	-	-	-	-	-	0
Łotwa	LV	-	-	-	-	-	1	1
Litwa	LT	1	-	-	-	-	-	1
Luksemburg	LU	-	-	-	-	-	-	0
Węgry	HU	-	-	3	-	-	-	3
Malta	MT	-	-	-	-	-	-	0
Holandia	NL	-	-	-	-	-	-	0
Austria	AT	-	-	3	3	1	3	10
Polska	PL	-	-	4	-	36	1	41
Portugalia	PT	-	-	3	-	-	6	9
Rumunia	RO	-	-	7	-	-	14	21
Słowenia	SI	-	-	-	2	-	10	12
Słowacja	SK	-	4	3	-	1	13	21
Finlandia	FI	5	-	3	1	-	-	9
Szwecja	SE	5	-	4	-	-	-	9
Zjednoczone Królestwo	UK	5	2	8	-	-	6	21
Ogółem		29	20	163	73	116	194	595

Tabela 2.8: Liczba pieców wapienniczych wg kraju w UE-27 w 2003 r. używanych do produkcji wapna i dolomitu kalcyonowanego, bez pieców wykorzystywanych do produkcji na potrzeby własne [44, EuLA, 2006], [139, Włochy, 2007]

Przemysł wapienniczy jest wysoce energochłonny: koszty energii osiągają 30-60% całkowitych kosztów produkcji. Piece są opalane paliwami kopalnymi: paliwem stałym, ciekłym lub gazowym, jak również paliwami odpadowymi i/lub biomasą. Użycie odpadów jako paliwa zależy od oczekiwanej jakości wapna. Wykorzystanie odpadów może wpływać na jakość wapna, dlatego też przed ich użyciem należy poddać analizie cechy odpadów. W ostatnich latach wykorzystanie paliw kopalnych spadło, natomiast wzrosło wykorzystanie paliw odpadowych. Tabela 2.9 przedstawia rozkład typów paliw używanych w krajach UE-27 w 2003 r.

Typ paliwa	Jedn.	UE-27 2003
Gaz ziemny (paliwo kopalne)	%	43
Paliwo stałe (kopalne)	%	41
Paliwo ciekłe (kopalne)	%	7
Inne	%	-
Odpadowe	%	8

Biomasa	%	1
---------	---	---

Tabela 2.9: Udział rodzajów paliw w europejskim przemyśle wapienniczym w 2003 r.
[16, EuLA, 2001], [44, EuLA, 2006]

Główne emisje powstające podczas produkcji wapna to emisje z pieca do atmosfery. Wynikają one ze szczególnego składu chemicznego surowców i stosowanych paliw. Niemniej jednak, znaczne emisje pyłu mogą pojawić się na każdym etapie procesu, zwłaszcza z hydratora i pieca. Ponadto, emisje rozproszonego pyłu mogą pochodzić np. z taśm przenośnika oraz powstawać podczas transportu i magazynowania luzem. Potencjalnie znaczące emisje z zakładów wapienniczych zawierają tlenki węgla (CO, CO₂), tlenki azotu (NO_x), dwutlenek siarki (SO₂) i pył.

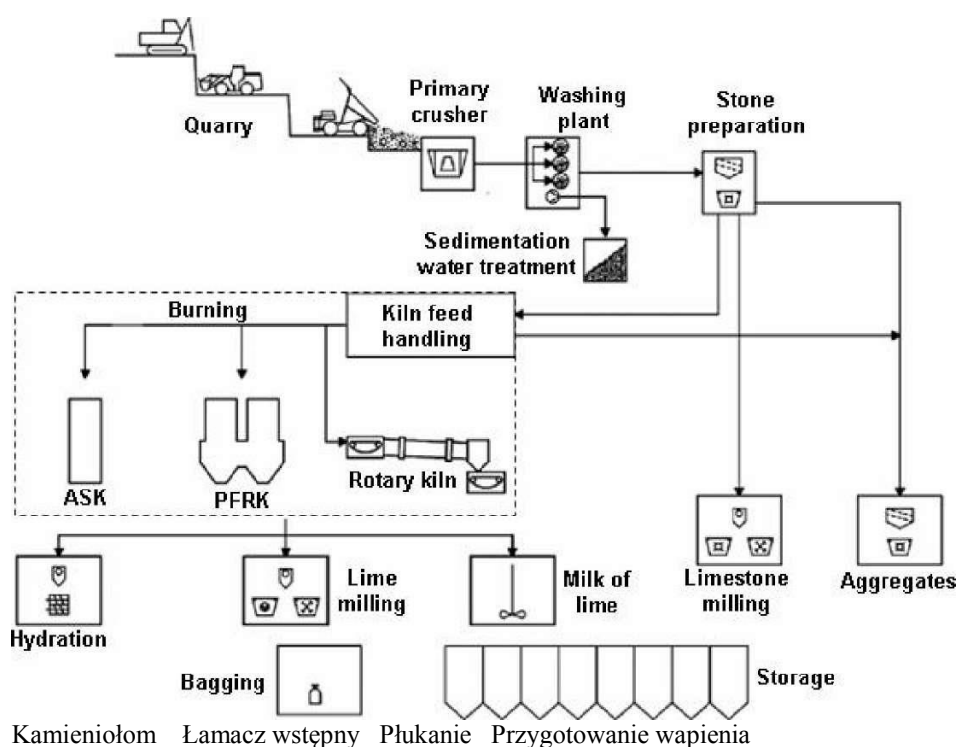
2.2 Stosowane procesy i technologie w produkcji wapna

Na proces produkcji wapna składa się wypalanie węglanów wapnia i/lub magnezu w temperaturach pomiędzy 900 a 1200°C, które są wystarczająco wysokie do uwolnienia dwutlenku węgla i uzyskania tlenku wapnia ($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$). W niektórych procesach wymagana jest znacznie wyższa temperatura, do 1800 °C, na przykład dla przepalonego wapna dolomitowego.

Tlenek wapnia powstający w piecu jest na ogół kruszony, mielony i/lub przesiewany przed transportem do silosu magazynowego. Z silosu wypalone wapno jest dostarczane albo do końcowego odbiorcy do wykorzystania jako wapno palone lub przekazywane do zakładu hydratacji, gdzie poddaje się je reakcji z wodą w celu uzyskania wapna hydratyzowanego lub gaszonego.

Proces produkcji wapna zawiera następujące podstawowe etapy, które zilustrowano na rysunkach 2.5, 2.6 i 2.7 [44, EuLA, 2006]:

- pozyskiwanie surowca z wapienia
- składowanie i przygotowanie wapienia
- składowanie i przygotowanie różnych typów paliw
- kalcynacja wapienia
- hydratacja i gaszenie wapna palonego
- przetwarzanie wapna palonego
- inne przetwarzanie wapna
- składowanie, przeładunek i transport.

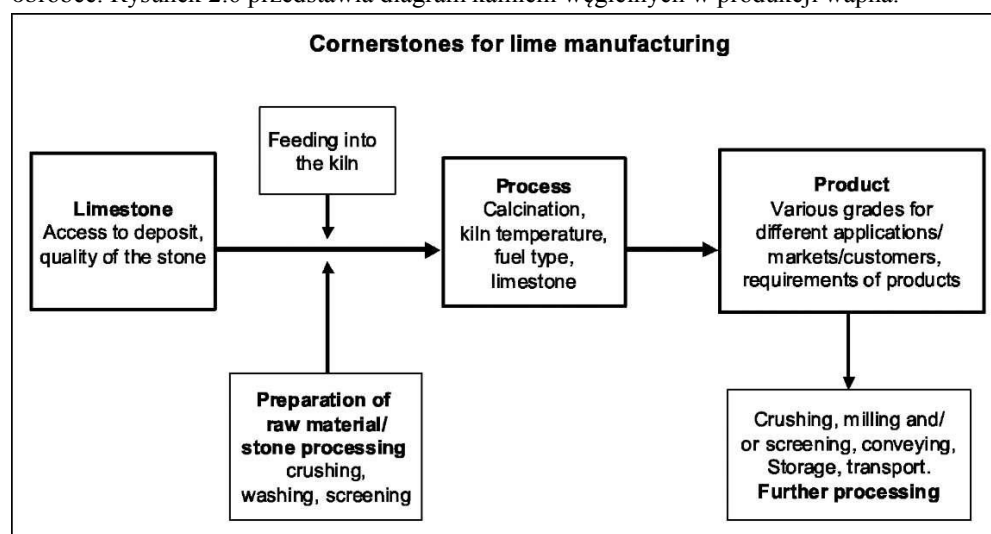


Klarowanie cieczy
Wypalanie Przewóz nadawy pieca
ASK PFRK Piec obrotowy
Hydratyzacja Mielenie wapna Mleko wapienne Mielenie wapienia Kruszywa
Pakowanie do worków Przechowywanie

Rysunek 2.5: Schemat procesu produkcji wapna
[44, EuLA, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [177, EULA, 2008]

2.2.1 Opis procesu produkcji

Produkcja wapna zależy przede wszystkim od jakości wapienia, na którą wpływa położenie geologiczne złóż. Wapień jest przetwarzany i dozowany do pieca, gdzie zostaje poddany reakcji rozkładu termicznego, w wyniku której otrzymuje się tlenek wapnia i dwutlenek węgla. Ten „produkt”, powszechnie nazywany wapnem niegaszonym lub wapnem palonym, jest kruszony do odpowiednich rozmiarów, a następnie przechowywany, transportowany i poddawany dalszej obróbce. Rysunek 2.6 przedstawia diagram kamieni węgielnych w produkcji wapna.



Kamienie węglne produkcji wapna

Wapień – dostęp do złóż, jakość surowca

Nadawa pieca

Proces – Kalcynacja, temperatura pieca, rodzaj paliwa, wapień

Produkt – Różna wielkość do różnych zastosowań/na różne rynki/do różnych klientów, wymogi dotyczące produktów

Przygotowanie surowca / przetwarzanie – kruszenie, płukanie, przesiewanie

Kruszenie, mielenie i/lub przesiewanie, przewożenie, przechowywanie, transport – Dalsza obróbka

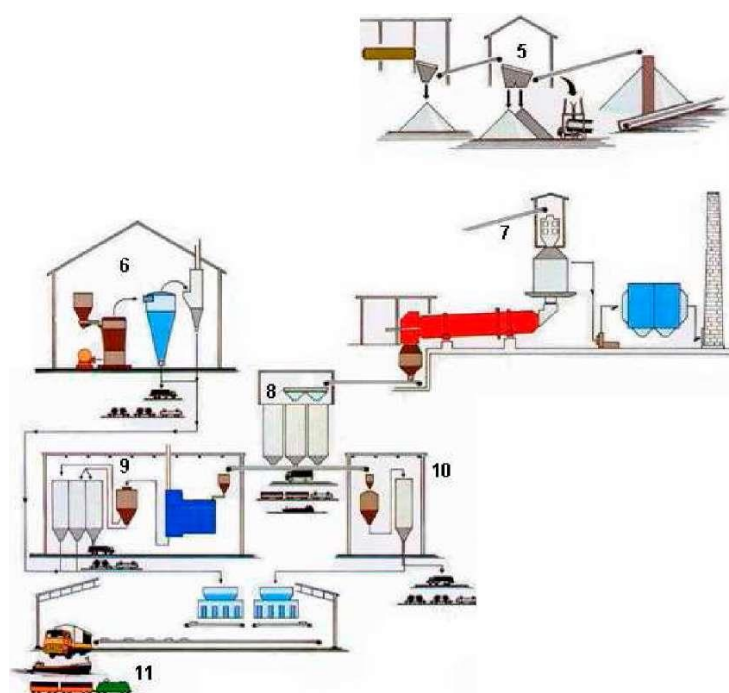
Rysunek 2.6: Diagram kamieni węgielnych w produkcji wapna [44, EuLA, 2006]

Trzy podstawowe kamienie węglne: „wapień”, „proces” i „produkt” stanowią podstawę „matrycy” i zależą od siebie nawzajem w wytwarzaniu produktu niezbędnego dla różnych rodzajów popytu. Wapno jest używane w produkcji różnorodnych produktów, które mogą być stosowane w różnych sektorach przemysłowych i jest niezbędnym produktem pośrednim wielu procesów. Jednak szereg różnorodnych zastosowań wymaga także różnych właściwości fizyko-chemicznych produktów wapienniczych. Wymogi dotyczące jakości wapna są określone, w szczególności w normach krajowych i europejskich, ale także w umowach bezpośrednich między producentami i klientami. Przemysł wapienniczy jest gotowy na dostosowanie się do szerokiego wachlarza wymogów jakościowych dzięki rozwiniętej technologii, tj. zastosowaniu specjalnych rodzajów pieców i odpowiednich paliw.

Jakość odpowiednio wapienia, CaCO_3 i dolomitu $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ odgrywa istotną rolę w procesie produkcji, wpływa na jakość końcową wapna i skład chemiczny. Technologia pieców, tj. typ pieca i wykorzystywane paliwo, w istotnym stopniu wpływa na właściwości produkowanego wapna. Zatem na całym świecie stosuje się różne rodzaje pieców do uzyskania różnych jakości wapna. W oparciu o dostępne złoża wapienia oraz wymogi klientów, wybrano optymalną zależność piec/paliwo na

potrzeby opracowania najlepszych dostępnych technik dla procesu produkcji wapna.

Proces produkcji wapna został przedstawiony na Rysunkach 2.5 i 2.7.
PROCES PRODUKCJI WAPNA



1. Wierzenie - wysadzanie
2. Dozowanie/przewożenie
3. Kruszenie
4. Płukanie
5. Przesiewanie
6. Mielenie wapienia
7. Uruchomienie pieca
8. Przechowywanie
9. Hydratyzacja
10. Mielenie wapna
11. Transport

Rysunek 2.7: Schemat procesu produkcji wapna
[44, EuLA, 2006]

2.2.2 Surowce i pozyskiwanie wapienia

Surowcem do produkcji wapna jest wapień lub, w mniejszym stopniu, dolomit lub wapień dolomitowy. Wapień stanowi 10% całkowitej objętości skał osadowych na świecie.

Wapień zawiera zazwyczaj ponad 90% CaCO_3 i kilka procent MgCO_3 . Dolomit jest podwójnym węglanem zawierającym 54 – 58% CaCO_3 i 40-44% MgCO_3 . Określenie wapień dolomitowy

odnosi się zazwyczaj do wapienia zawierającego $MgCO_3$ w większym procencie niż wapień, ale mniejszym niż dolomit. Surowiec, taki jak wapień, może mieć nawet 360 milionów lat. Chociaż złoża wapienia są stosunkowo obfite w wielu krajach, tylko niewielka część nadaje się do komercyjnego wydobycia.

Wapień powstaje z procesu rozpuszczania jonów wapnia i dwutlenku węgla, a następnie podlega albo organicznemu działaniu różnorodnych organizmów albo nieorganicznej krystalizacji węglanu. Po tym procesie następuje proces nazywany diagenезą lub przekształceniem osadu w skałę. Jest to dość złożony proces obejmujący kilka organicznych i fizyko-chemicznych dróg. Można zatem z powodzeniem stwierdzić, że wapień występuje w wielu formach, w zależności od tego, jak został pierwotnie utworzony. Forma ta zostaje następnie odzwierciedlona w wielkości ziaren, mikrostrukturze, teksturze, zanieczyszczeniach i zawartości węglanu.

Poziom zanieczyszczeń lub pierwiastków śladowych i zawartość węglanu mają szczególne znaczenie dla stosowności wykorzystania wapienia w wielu zastosowaniach. Tabela 2.10 przedstawia typowy zakres zanieczyszczeń lub pierwiastków śladowych powszechnie występujących w wapieniu. Przykład składu surowca z wapienia używanego w węgierskim zakładzie wapienniczym został opisany w rozdziale 4.3.2.1, w tabeli 4.29.

Zanieczyszczenia lub metale	Jedn.	Typowy zakres
Krzemionka (jako SiO_2)	%	0,1-2,0
Glinka (jako Al_2O_3)	%	0,04-1,5
Żelazo (jako Fe_2O_3)	%	0,02 – 0,6
Siarka (S)	%	0,0024-0,118
Materiał węglowy	%	0,01-0,5
Mangan (jako MnO_2)	mg/kg	20 -1000
Antymon	mg/kg	0,1-3
Arszenik	mg/kg	0,1-15
Bor	mg/kg	1-20
Kadm	mg/kg	0,1-1,5
Chrom	mg/kg	3-15
Miedź	mg/kg	1-30
Ołów	mg/kg	0,5 – 30
Rtęć	mg/kg	0,02-0.1
Molibden	mg/kg	0,1-4
Nikiel	mg/kg	0,5-15
Selen	mg/kg	0,02 - 3
Srebro	mg/kg	0,2-4
Cyna	mg/kg	0,1-15
Wanad	mg/kg	1-20
Cynk	mg/kg	3-500

Tabela 2.10: Typowe zanieczyszczenia i pierwiastki śladowe w wapieniu [44, EuLA, 2006], [70, Węgry, 2006], [126, Oates, 1998]

Niemniej jednak, do produkcji naturalnego wapna hydraulicznego wykorzystuje się surowce zawierające 65-90% $CaCO_3$ i $MgCO_3$. Czystość tego surowca może się różnić i zależy od surowców stosowanych do produkcji innego rodzaju wapna. Ponadto, zawartość węgla organicznego TOC jest znacznie wyższa i waha się między 0,8 a 5% [127, Portugalia, 2007].

Surowiec, taki jak wysokiej czystości wapień lub dolomit, jest wydobywany w kamieniołomie, kruszony i w niektórych przypadkach, przemywany, a następnie jest przesiewany i transportowany do zakładu wapienniczego. Wapień zwykle wydobywa się w kamieniołomach odkrywkowych, zazwyczaj sąsiadujących z zakładem wapienniczym, gdzie surowiec trafia bezpośrednio taśmociągiem, jednak w niektórych przypadkach wapień pozyskuje się z dna morskiego lub podziemnych kopalni. Dostarczanie surowca z kopalni do odległych zakładów wapienniczych jest możliwa np. dzięki wykorzystaniu statków. Typowy proces wydobywania obejmuje:

- usunięcie nadkładu (tj. gleby, gliny lub kamieni przykrywających złoża)
- urabianie skały
- dozowanie i transport urobku do instalacji kruszenia i przesiewania

Przydatne informacje na temat wydobywania wapienia można znaleźć w Dokumentie Referencyjnym dla najlepszych dostępnych technik obejmujących gospodarowanie skałą płonną oraz odpadami przerobczymi w działalności górniczej [47, Komisja Europejska, 2004].

2.2.3 Przygotowanie, czyszczenie i składowanie wapienia

2.2.3.1 Przygotowanie wapienia

Produkcja wapna zależy przede wszystkim od jakości wapienia, na którą wpływa położenie geologiczne złoża. Jakość wapienia na potrzeby kalcynacji może poprawić selektywne wydobycie. Jeśli zanieczyszczenia lub pierwiastki śladowe występują niejednorodnie, niektóre z nich można na ogół usunąć poprzez selektywne wydobycie, płukanie lub przesianie. Jednak jeśli występują one w całym wapieniu, zabiegi te będą nieskuteczne. Właściwości wapienia, takie jak porowatość, właściwości higroskopowe lub chłonność wody, ciężar właściwy, twardość, wytrzymałość i dekrepitacja, zależą od siebie nawzajem. Odgrywają one kluczową rolę w procesie kalcynacji lub wypalania, oraz wpływają na właściwości chemiczne i fizyczne otrzymanego produktu końcowego. Zazwyczaj wapień wydobywa się warstwowo. Wydobyty wapień zostaje następnie poddany kruszeniu i przesiewaniu.

Odłamki wapienia o średnicy 1 m trafiają zazwyczaj do kruszarek wstępnych, gdzie są redukowane do wymiarów 100-250 mm. W zależności od rodzaju skały (twardość, uwarstwienie, rozmiar itd.), stosuje się różne rodzaje wstępnych kruszarek, np.: kruszarki szczękowe, kruszarki stożkowe lub udarowe. Czasem instalacje kruszenia są samojezdne i wtedy umieszcza się je w kamieniołomie.

Kamień rozdrobniony w kruszarce wstępnej transportuje się przenośnikami na sita wibracyjne, gdzie większe kawałki oddziela się i zawraca, podczas gdy mniejsze stanowią ładunek pieca lub do kruszarek drugiego stopnia umieszczonych w dalszej części linii technologicznej.

W kruszarkach drugiego stopnia uzyskuje się kawałki wapienia o wielkości 5 do 80 mm. Ponieważ wsad do pieca nie musi być bardzo drobny, kruszarki szczękowe i udarowe, a także młotkowe, stosuje się także jako kruszarki drugiego stopnia.

Po kruszeniu, wapień jest przesiewany przez sito i transportowany przenośnikami taśmowymi i/lub kubelkowymi do silosów, pryzm lub przedziałów składowych przed umieszczeniem ich w piecach.

Rozkład ziarnowy pokruszonego i przesianego wapienia musi być zgodny z wymaganiami pieca. Na ogół potrzebne jest odsianie kamienia dla uzyskania rozkładu wymiarów w stosunku 2 do 1 lub, co najwyżej, 3 do 1.

2.2.3.2 Przechowywanie wapienia

Odsiane kawałki wapienia składa się w bunkrach i na odkrytych pryzmach. Drobne ziarna zwykle przechowuje się w silosach i pryzmach.

2.2.3.3 Płukanie wapienia

Zanim wapień trafi do pieca, jest on przemywany, np. w bębnach do płukania lub na sitach. Mniej niż 10% zakładów oczyszcza wapień w celu usunięcia naturalnych osadów takich jak piasek i glina, które mogą mieć negatywny wpływ na proces wypalania lub mogą wpływać na jakość produktu końcowego.

Przemywanie wspomaga proces wypalania przez pozostawienie wolnych przestrzeni między kawałkami wapienia w celu zapewnienia lepszej cyrkulacji powietrza spalania, tym samym redukuje nadmiar powietrza i zmniejsza zużycie energii elektrycznej. Opracowano specjalne metody układania wapienia dla jego lepszego oczyszczania.

Niewypłukane ciała stałe są usuwane z wody przy pomocy:

- dołu osadowego, który może być następnie poddany rekultywacji
- dehydratację w prasach filtracyjnych.

Oczyszczona woda z obu systemów jest ponownie wykorzystywana do płukania, co przedstawiono na rysunku 2.8.

Brak rysunku – nie można go wkleić z oryginału

Legenda:

Wapień z kamieniołomu (z zanieczyszczeniami)

Woda

Oczyszczona woda do płukania

Płukanie wapienia

Staw osadowy

Lub

Załadowana woda do płukania

Zakład prasowania filtracyjnego

Zagęszczacz

Prasy filtracyjne

Oczyszczony wapień

Placek filtracyjny

Rysunek 2.8: Schemat przepływu materiałów przy płukaniu wapienia i oczyszczaniu wody [46, Niemcy, 2006]

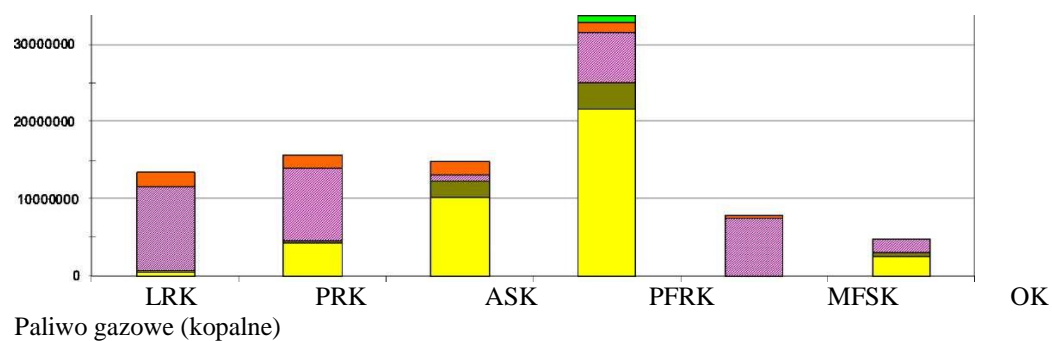
2.2.4 Paliwa – przygotowanie i składowanie

Przemysł wapienniczy jest wysoce energochłonny: koszty energii sięgają nawet 60% całkowitych kosztów produkcji. Przy wypalaniu wapna paliwo dostarcza energii niezbędnej do kalcynacji wapna. Oddziałuje też na proces, zaś produkty spalania reagują z wapnem palonym. W piecach wapienniczych stosuje się wiele różnych rodzajów paliwa. W UE najbardziej powszechne są paliwa kopalne, takie jak gaz ziemny i koks, paliwa stałe, jak węgiel (węgiel kamienny, sproszkowany węgiel brunatny i koks ponaftowy), koks/antracyt, jak również paliwa ciekłe: ciężki i/lub lekki olej opałowy. Jako paliwo wykorzystuje się również odpady, np. zużyty olej, plastiki, papier i mączki zwierzęce (mączka mięsno-kostna) lub trociny [44, EuLA, 2006], [45, Schorcht, 2006], [46, Niemcy, 2006].

Większość pieców może pracować z więcej niż jednym rodzajem paliwa, jednak w pewnych piecach nie można stosować niektórych paliw. Niektóre paliwa wymagają specjalnej ogniotrwałej okładziny pieca. Tabela 2.11 przedstawia procentowy rozkład rodzajów paliw stosowanych w różnych piecach w 2003 r., a rysunek 2.9 przedstawia rodzaje paliw i zużycie energii w roku 2005 w krajach UE-27.

Typ paliwa	Opis paliwa	Procentowe użycie paliwa w różnych rodzajach pieców wapienniczych (%)					
		LRK	PRK	ASK	PFRK	MFSK	OK
Paliwo gazowe (kopalne)	Gaz ziemny, koks i gaz konwertorowy, butan/propan	3	26	69	64	0	51
Paliwo stałe (kopalne)	Węgiel, koks ponaftowy, koks hutniczy, węgiel brunatny, antracyt	81	60	6	20	100	32
Paliwo ciekłe (kopalne)	Ciężki, średni i lekki olej opałowy	1	3	14	10	0	10
Odpady (kopalne i biomasa)	Odpady z drewna, opon, plastiku, odpady z paliw ciekłych, tłuszcz zwierzęcy, mączka mięsno-kostna	14	11	11	3	0	7
Biomasa	Drewno, zrębki, trociny, odpady z rolnictwa i leśnictwa	0	0	0	3	0	0

Tabela 2.11: Rodzaje paliw stosowanych w różnych piecach wapienniczych w 2003 r. w krajach UE-27 [44, EuLA, 2006], [46, Niemcy, 2006], [64, Czechy, 2006]



Paliwo ciekłe (kopalne)
Paliwo stałe (kopalne)
Odpady (kopalne i biomasa)
Biomasa

Rysunek 2.9: Rodzaje paliw wykorzystywane w procesie wypalania w piecach wapienniczych w 2005 r. w krajach UE-27

[44, EuLA, 2006]

Wybór paliwa (paliw) w procesie wypalania wapna jest ważny z następujących powodów:

- koszt paliwa - koszt paliwa na tonę wapna może stanowić 30 do 60% kosztów produkcji
- dostępność paliwa na rynku
- jakość paliwa – zależność między paliwem a jakością wapna wpływa na poziom resztkowego CO₂, zanieczyszczeń, biel oraz reaktywność i zawartość siarki, itd.
- emisje – paliwo wpływa na poziom emisji dwutlenku węgla, tlenku węgla, dymu, pyłu, dwutlenku siarki i tlenków azotu, a wszystkie te emisje mają istotny wpływ na środowisko
- oszczędność energii pierwotnej – oleje opałowe i gaz ziemny.

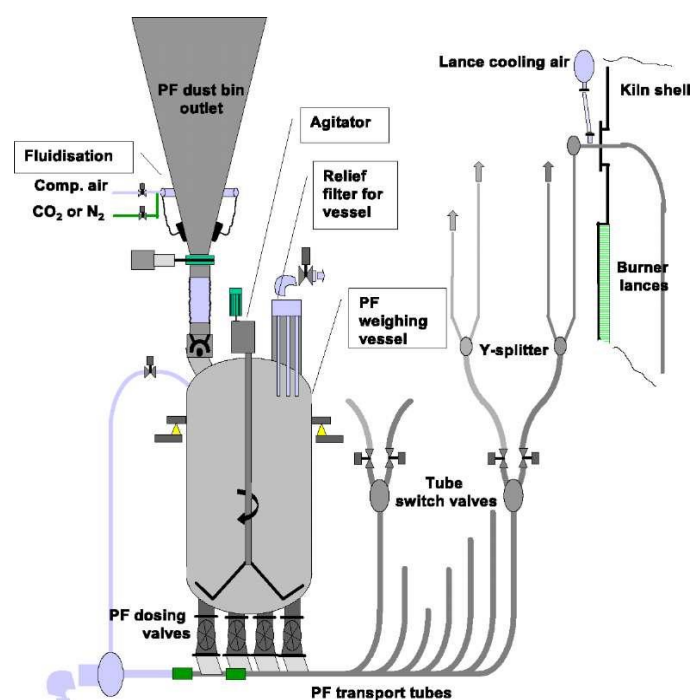
Porównanie różnych rodzajów paliw w odniesieniu do kosztów i zawartości siarki znajduje się na rysunku 3.13 w dalszej części niniejszego dokumentu (zob. rozdział 3.4.5).

Paliwo powinno być przygotowane zgodnie z wymogami układu wtrysku (podgrzewany, paleniskowy), który może być bezpośredni lub pośredni. W przypadku paliw stałych dotyczy to dostawy cząstek odpowiednich rozmiarów dla zainstalowanego systemu podawania. W przypadku paliw ciekłych i gazowych należy utrzymywać odpowiednie ciśnienie i (jeśli wymagane) temperaturę.

Węgiel jest często mielony i przechowywany w silosie. Należy uwzględnić również kwestie bezpieczeństwa, jak np. ryzyko eksplozji pyłu węglowego poprzez przykładowo wykorzystanie silosów z amortyzatorem ciśnienia do 10 barów lub wykorzystanie gazów szlachetnych. Węgiel brunatny, kamienny i trociny muszą być przechowywane w taki sposób, aby nie doszło do samozapłonu paliwa.

Rysunek 2.10: Diagram przykładowego systemu dozowania w piecach szybowych [44, EuLA, 2006]

Przykład systemu dozowania stosowanego w piecach szybowych przedstawiono na rysunku 2.10 i 2.11.



- System dozowania
- Pojemnik na uchodzący pył
- Fluidyzacja
- Powietrze sprężone
- CO₂ lub N₂
- Współprądowe zawory dozujące
- Mieszalnik
- Filtr hydrauliczny naczyń
- Współprądowe naczynia wagowe
- Zawory cylindryczne
- Współprądowe przewody transportujące
- Powietrze chłodzące lance
- Rozgałęźnik
- Błacha pieca
- Lance palnika

Rysunek 2.10: Przykład systemu dozowania w piecu szarym
[44, EuLA, 2006]



System dozowania w piecu szybowym

Rysunek 2.11: Przykład systemu dozowania w piecach szybowych [44, EuLA, 2006]

2.2.5 Wykorzystanie odpadów

2.2.5.1 Aspekty ogólne

Produkcja wapna wymaga istotnych nakładów energii, co powoduje, że paliwo jest największym kosztem produkcji. Wykorzystanie paliw odpadowych pozwala producentom wapna ograniczyć zużycie paliw kopalnych, takich jak paliwa gazowe i ciekłe i wpływa na żywotność ekonomiczną sektora wapienniczego w Europie. Od roku 1997 paliwa odpadowe oraz biomasa są coraz częściej używane w europejskim przemyśle wapienniczym. Jednak jakość paliw odpadowych ma duże znaczenie dla produkcji wapna. Ponadto, wykorzystanie odpadów ma wpływ na jakość samego wapna oraz ograniczenia związane z zastosowaniem wapna. We wszystkich przypadkach, wykorzystanie paliw odpadowych jest efektywne kosztowo w związku z kosztami transportu i cenami jednostkowymi tych paliw.

Państwa członkowskie UE poddają wykorzystanie paliw odpadowych różnym wymogom prawnym. Wymogi dotyczą rodzaju odpadów oraz szeregu substancji zawartych w materiałach odpadowych. We Francji, Niemczech i w Wielkiej Brytanii, wyszczególnione są specyfikacje i progi dla poszczególnych regionów. Ponadto, w odniesieniu do metali, władze krajowe i regionalne ustalają różne progi z różnymi wartościami.

Podobnie jak w przypadku zmiany paliwa i z uwagi na określone wymogi produktowe oraz rodzaj procesu produkcji, należy uwzględnić i dokładnie określić poszczególne właściwości fizyczne paliw odpadowych (np. stan fizyczny, wartość opałową, skład chemiczny). Odpady o wysokiej wartości opałowej, jak niektóre części odpadów poddane wcześniejszej obróbce mogą zastąpić paliwo podstawowe w piecach wapienniczych. Niezbędna jest zatem stała jakość odpadów, np. odpowiednia wartość opałowa, wysoka reaktywność, niska wilgotność, zawartość metalu, chloru i popiołu. Ponadto, materiały odpadowe muszą się nadawać do użycia w paleniskach (paleniska wielokanałowe).

Wybór odpowiednich paliw odpadowych zależy również od pożądanych właściwości produktu i od możliwości technicznych podczas dozowania do wybranych pieców. Wykorzystanie takich paliw jest ograniczone głównie przez:

- właściwości fizyczne i chemiczne, które nie zawsze spełniają odpowiednie wymogi fizyczne, chemiczne lub dotyczące procesu. Dlatego też, nie można spalać brył paliwa stałego w piecach PFRK
- dostępność na rynku.

Paliwa odpadowe muszą być dostępne w wystarczających ilościach. Takie paliwa nie są przygotowywane w zakładach wapienniczych. Zazwyczaj różne rodzaje łatwopalnych odpadów lub odpadów, z których można oddzielić elementy o wysokiej wartości opałowej są przygotowywane w zakładach gospodarki odpadami w taki sposób, aby można było je bezpośrednio spalić w piecach wapienniczych bez dodatkowej obróbki. Wyjątek dotyczy filtrowania paliw płynnych, co zapobiega zatykaniu zaworów lub paleniska przez grube cząsteczki.

Wybór paliw (kopalnych lub odpadowych) musi również uwzględniać wymogi jakościowe produktów i w wysokim stopniu zależy od warunków danego zakładu. Dlatego też, do produkcji wapna nadaje się ograniczona ilość paliw odpadowych.

Paliwa odpadowe dostarczają ok. 4% całkowitej energii zużywanej w europejskim przemyśle wapienniczym. W 2005 r. odpadów jako paliwa używano w siedmiu państwach: Czechach, Danii, Finlandii, Francji, Niemczech, Szwecji i Wielkiej Brytanii, co przedstawiono na rysunku 2.12.

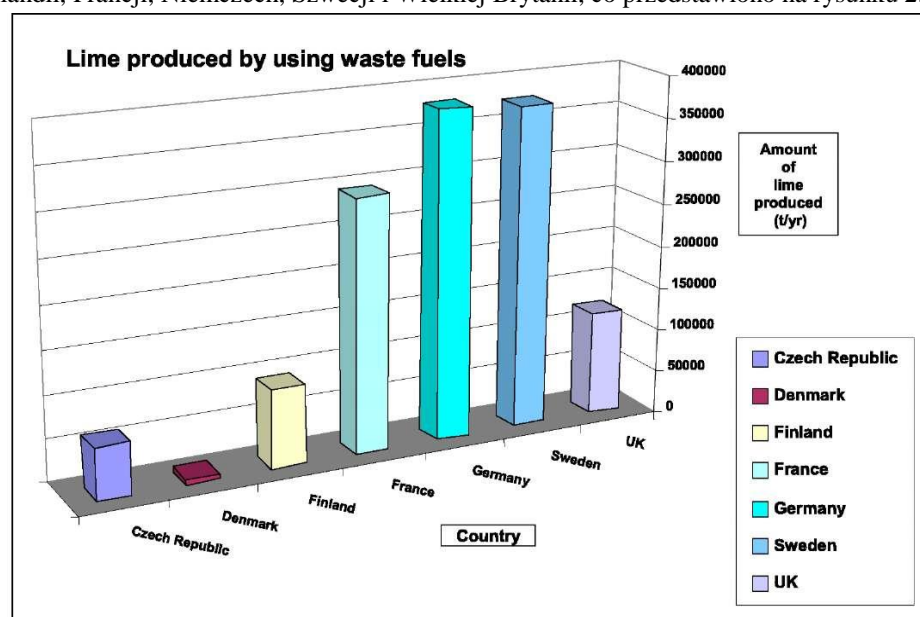


Figure 2.12: Amount of lime produced by using waste fuels in different European countries [50, Germany, 2006], [51, EuLA, 2006]

Rysunek 2.12: Ilość wapna produkowanego z wykorzystaniem paliw odpadowych w różnych krajach europejskich [50, Niemcy, 2006] [51, EuLa, 2006]

Wapno produkowane z wykorzystaniem paliw odpadowych

Ilość wyprodukowanego wapna (t/rok)

Kraj

Czechy Dania Finlandia Francja Niemcy Szwecja Zjednoczone Królestwo

Przydatne informacje na temat obróbki wapienia można znaleźć w Dokumencie Referencyjnym dla najlepszych dostępnych technik obejmujących gospodarowanie odpadami przeróbczymi [48, Komisja Europejska, 2005].

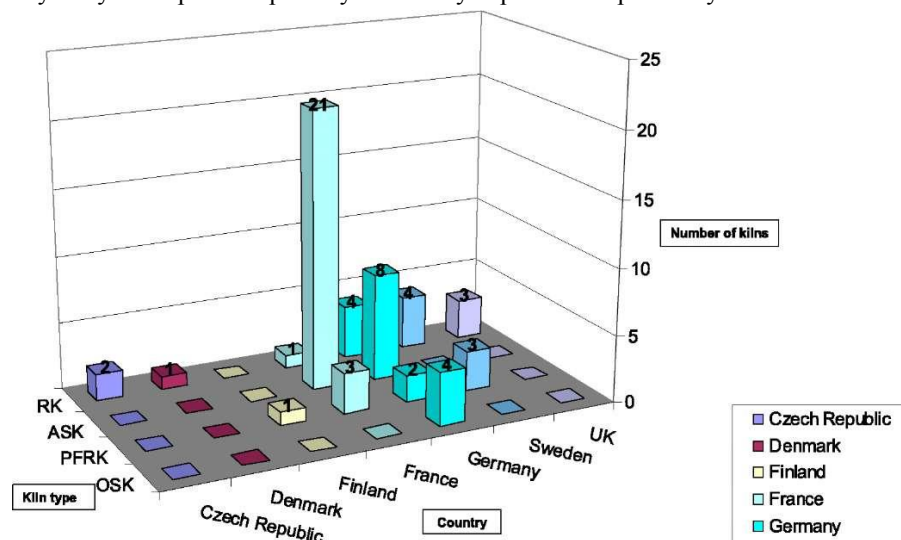
Informacje dotyczące spalania odpadów można również znaleźć w Dokumencie Referencyjnym dla najlepszych dostępnych technik obejmujących spalanie odpadów [87, Komisja Europejska, 2001]. Więcej informacji znajduje się w dyrektywie 2000/76/WE w sprawie spalania odpadów [59, Komisja Europejska, 2000].

2.2.5.2 Aspekty techniczne

Podczas stosowania odpadów jako paliw, proces produkcji wapna nie ulega poważnym zmianom. Piece wapiennicze mogą działać z różną stopą substytucji, od niskich poziomów substytucji, gdzie paliwa odpadowe dostarczają jedynie niewielkiego odsetka całkowitej energii, do całkowitej substytucji.

Odpady mogą być wykorzystywane w piecach obrotowych (RK), piecach szybowych pierścieniowych (ASK), współprądowych piecach regeneracyjnych (PFRK) lub innych piecach szybowych (OSK). Wybór rodzaju pieca zależy od wymogów jakościowych i zdolności produkcyjnych. Rysunek 2.13 przedstawia liczbę i rodzaje pieców spalających paliwa odpadowe w różnych krajach europejskich. Więcej informacji dotyczących różnych rodzajów pieców używanych w przemyśle wapienniczym można znaleźć w rozdziale 2.2.7.

Wykorzystanie paliw odpadowych w różnych piecach wapienniczych



Rysunek 2.13: Rozkład pieców wapienniczych wykorzystujących paliwa odpadowe w różnych państwach europejskich [50, Niemcy, 2006], [51, EuLA, 2006]

Rodzaj pieca
Liczba pieców
Kraj

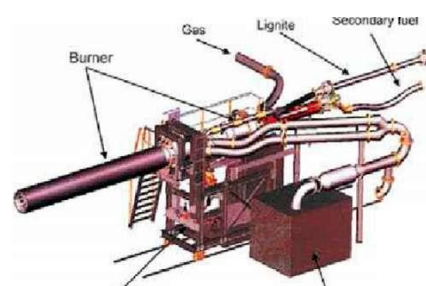
Czechy Dania Finlandia Francja Niemcy

Na potrzeby stosowania paliw odpadowych w wyżej wymienionych piecach, z wyjątkiem współprądowych pieców regeneracyjnych (PFRK), wymagane są specjalne paleniska albo dla paliw lotnych albo dla paliw ciekłych. Piece te są wyposażone w lance przeznaczone do spalania paliw lotnych, ciekłych i stałych.

W piecach obrotowych (RK) używane są tzw. paleniska wielokanałowe do spalania różnych paliw (lotnych, stałych i ciekłych), co przedstawiono na rysunkach 2.14 i 2.15.



Palnik zapłonowy
Ciekłe paliwo wtórne
Stałe paliwo wtórne
Węgiel brunatny
Gaz
Powietrze skłębione
Powietrze osiowe



Palnik Gaz Węgiel brunatny Paliwo wtórne
Przenośnik Wentylator powietrza pierwotnego

Rysunek 2.14: Widok od przodu paleniska wielokanałowego używanego w piecach obrotowych
[50, Niemcy, 2006], [51, EuLA, 2006] (RK)

Rysunek 2.15: Budowa paleniska RK
[50, Niemcy, 2006], [51, EuLA, 2006]

2.2.5.3 Rodzaje używanych paliw odpadowych

Dostępność na rynku w znacznym stopniu wpływa na widoczne różnice między rodzajami paliw odpadowych używanymi w różnych krajach europejskich, co przedstawiono w tabeli 2.12.

Kraj	Rodzaj paliwa odpadowego		
	Ciekłe	Stałe sproszkowane	Stałe - bryły
Czechy	X		X
Dania		X	
Finlandia	X		
Francja	X	X	X
Niemcy	X	X	X
Szwecja	X		X
Zjednoczone Królestwo	X		

Tabela 2.12: Rodzaje paliw odpadowych używanych w różnych krajach europejskich
[50, Niemcy, 2006], [51, EuLA, 2006]

Paliwa odpadowe ciekłe i stałe obejmują następujące komponenty i mogą być spalane w różnych piecach, co przedstawiono w tabelach 2.13 i 2.14.

Paliwa odpadowe ciekłe	Paliwa odpadowe stałe
Olej odpadowy	Paliwa pochodzące z odpadów stałych
Paliwa pochodzące z odpadów rozpuszczalnych i ciekłych	Plastiki (z wyjątkiem PCW)

Tłuszcz zwierzęcy	Drewno odpadowe
	Opony
	Mączka mięsno-kostna

Tabela 2.13: Komponenty paliw odpadowych ciekłych i stałych
[50, Niemcy, 2006], [51, EuLA, 2006]

Rodzaj pieca	Rodzaj paliwa odpadowego		
	Ciekłe	Stałe sproszkowane	Stałe - bryły
Długi piec obrotowy (LRK)	X	X	X
Piec obrotowy z podgrzewaczem (PRK)		X	X
Współprądowy piec regeneracyjny (PFRK)	X	X	
Piec szybowy pierścieniowy (ASK)	X	X	X
Inne piece (OK)	X	X	

Tabela 2.14: Paliwa odpadowe używane w różnych piecach wapienniczych [50, Niemcy, 2006], [51, EuLA, 2006]

Paliwa odpadowe ciekłe mogą być używane w piecach obrotowych (LRK, PRK), piecach szybowych pierścieniowych (ASK), współprądowych piecach regeneracyjnych (PFRK) i specjalnych rodzajach innych pieców (OK), np. piec szybowy regularny z paleniskiem bocznym i piec szybowy dwuskośny. Sproszkowane paliwa stałe mogą być używane we wszystkich wyżej wymienionych rodzajach pieców. Małe bryły paliw stałych mogą być wykorzystywane jedynie w piecach obrotowych (LRK, PRK) i piecach szybowych pierścieniowych. Przy używaniu odpadów jako paliw nie są produkowane ani odpady stałe ani ciekłe.

Techniki używane przez dostawców do przygotowania i mieszania niektórych właściwości paliw zależą od cech materiału wejściowego i wymogów użytkowników. W zakładach przetwarzania odpadów przetwarzane są (np. sortowane, kruszone, granulowane) następujące rodzaje nieszkodliwych odpadów stałych na potrzeby produkcji wapna:

- segregowany materiał odpadowy o wysokiej wartości opałowej, jak zużyte opony, mączka zwierzęca
- mieszanki różnych segregowanych materiałów odpadowych (np. typowe dla produkcji materiały włókiennicze lub odpady plastikowe)
- oddzielone frakcje mieszanych odpadów komunalnych o wysokiej wartości opałowej, mieszane odpady komercyjne lub mieszane odpady z prac budowlanych i rozbiórkowych.

Paliwa odpadowe ciekłe powstają przez mieszanie różnych odpadów, takich jak zużyte rozpuszczalniki lub olej o odpowiedniej wartości opałowej w specjalnych zakładach gospodarowania odpadami. Zazwyczaj wymagane jest proste podgrzanie (usuwanie osadów dennych i wody). W niektórych przypadkach, np. przy używaniu oleju/emulsji z obróbki metali, procesy chemiczne są niezbędne do usunięcia zanieczyszczeń i domieszek metalicznych.

Przydatne informacje na temat gospodarowania odpadami można znaleźć w Dokumencie Referencyjnym dla najlepszych dostępnych technik obejmujących gospodarowanie odpadami przeróbczymi [48, Komisja Europejska, 2005].

Paliwa odpadowe ciekłe mogą być niebezpieczne. Należy ten fakt uwzględnić podczas podawania (np. przechowywania, załadunku) tego rodzaju paliwa. Zatem, recykling odpadów jest stosowany w celu zapobiegania emisji związków organicznych. Systemy recyklingu oparów działają w taki sposób, aby zapewnić przepływ substancji organicznych, który jest możliwy tylko po podłączeniu systemu recyklingu oparów. System recyklingu oparów i powiązane z nim zakłady nie wydzielają gazów do atmosfery w czasie zwyczajowego działania, z wyjątkiem emisji niezbędnych ze względów bezpieczeństwa.

Jeden z przykładów podawania i wykorzystywania oleju odpadowego do procesów spalania został opisany w rozdziale 4.3 (produkcja wapna).

W odniesieniu do używania tłuszczów zwierzęcych należy podkreślić, że z uwagi na kleistość ten materiał odpadowy krzepnie w temperaturze 40°C i może zatykać rury i armaturę. Niezbędne jest zatem poddanie tłuszczów zwierzęcych obróbce w temperaturach powyżej 40°C np. przez dodatkowe podgrzewanie [50, Niemcy, 2006], [51, EuLA, 2006].

2.2.5.4 Kontrola jakości paliw odpadowych stałych

Z uwagi na wymogi dotyczące danych produktów i charakter procesów produkcyjnych, paliwa odpadowe muszą posiadać bardzo dokładnie określone właściwości fizyczne. Do produkcji wapna mogą być wykorzystywane tylko odpady o odpowiednich właściwościach.

Odpad o wysokiej wartości opałowej może zastąpić paliwo pierwotne w piecach wapienniczych, zatem niezbędna jest stała jakość odpadów, np. odpowiednia wartość opałowa, niska wilgotność, zawartość metalu, chloru i popiołu. Ponadto odpady muszą być dostosowane do różnych palenisk. Paliwa te są przygotowywane w specjalnych zakładach przetwarzania odpadów.

Przed przygotowaniem materiału odpadowego przez dostawcę, materiał ten musi być sprawdzony i poddany analizie dotyczącej różnych cech jakościowych, np. określona odpowiednia wartość opałowa, niska wilgotność i niska zawartość zanieczyszczeń, takich jak siarka, chlor i metale, ze względu na możliwe zanieczyszczenie wapnia. Przykłady typowych zawartości zanieczyszczeń, które są dopuszczalne w olejach i tłuszczach zwierzęcych wykorzystywanych do produkcji wapna przedstawiono w rozdziale 4.3.2.2 (zob. tabela 4.30). Paliwa odpadowe mogą być produkowane w różnych formach, np. w formie pelet. Ponadto, zanim dany materiał odpadowy zostanie użyty do opalania pieca, przygotowany i dostarczony materiał zostaje również poddany analizie. Do analizy różnych odpadów używany jest specjalistyczny sprzęt laboratoryjny. Jeden z przykładów kontroli jakości paliw odpadowych stałych w piecach obrotowych przedstawiono w rozdziale 4.3.4 [50, Niemcy, 2006], [51, EuLA, 2006].

Aby zapewnić odpowiednie właściwości paliwa odpadowego wymagany jest system zapewniania jakości. Obejmuje on w szczególności dostarczenie próbek, przygotowanie próbek oraz analizę i niezależny nadzór. Więcej przydatnych informacji można znaleźć w specyfikacjach technicznych Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego, takich jak CEN/TC 343 „Paliwa wytwarzane z odpadów stałych”.

Pochodzenie i klasyfikacja odpadów musi być określona zgodnie z Europejskim Katalogiem Odpadów (EWC) [49, Komisja Europejska, 2000]. Katalog ten klasyfikuje materiały odpadowe i przypisuje je do kategorii na podstawie sposobu ich produkcji i ich właściwości. Do katalogu EWC odnosi się wiele dyrektyw unijnych i decyzji komisji dotyczących gospodarki odpadami.

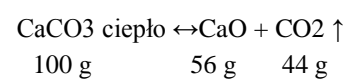
Dostawca odpadów musi sklasyfikować odpad i musi potwierdzić, że paliwa gotowe do użycia mają określone właściwości kwalifikujące do użycia w produkcji wapna w różnych piecach.

Przykład kontroli jakości opisano wraz z wyjaśnieniem klasyfikacji odpadów w rozdziale 4.3.4 [44, EuLA, 2006], [46, Niemcy, 2006]

2.2.6 Produkcja wapna palonego i dolomitu

2.2.6.1 Kalcynacja wapienia – reakcja chemiczna

Wapno jest produkowane poprzez wypalanie węglanów wapnia i/lub magnezu w temperaturach od 900 do 1200°C. Ponadto, możliwe jest stosowanie temperatur ponad 1800°C, np. w celu uzyskania wapna przepalonego (np. przepalonego dolomitu kalcynowanego). Temperatury te są odpowiednio wysokie, aby uwolnić dwutlenek węgla i otrzymać tlenek z tej reakcji. Ta reakcja chemiczna termalnego rozkładu węglanu wapnia jest często nazywana „kalcynacją” i może być wyrażona następującym wzorem:



Zatem proces ten wymaga dostarczenia odpowiedniej ilości ciepła w temperaturze powyżej 800°C dla spowodowania dekarbonizacji i odpowiednio długiego czasu reakcji, tj. utrzymania wapna/wapna palonego przez odpowiedni czas w wystarczająco wysokiej temperaturze 1000-1200°C dla uzyskania odpowiedniej reaktywności.

Reaktywność wapna palonego jest wyznacznikiem stopnia, w jakim wapno palone reaguje w obecności wody. Metoda badania mającego zmierzyć reaktywność mielonego wapna przez gaszenie wapna w wodzie została opisana w europejskiej normie EN 459-2. Do pomiaru reaktywności wapna w kawałkach stosowane są inne metody, jak np. metoda nazywana „Wuhrer-Test” [44, EuLA, 2006].

Reaktywność wapna zależy od różnych parametrów związanych z surowcem i procesem. Tymi parametrami są:

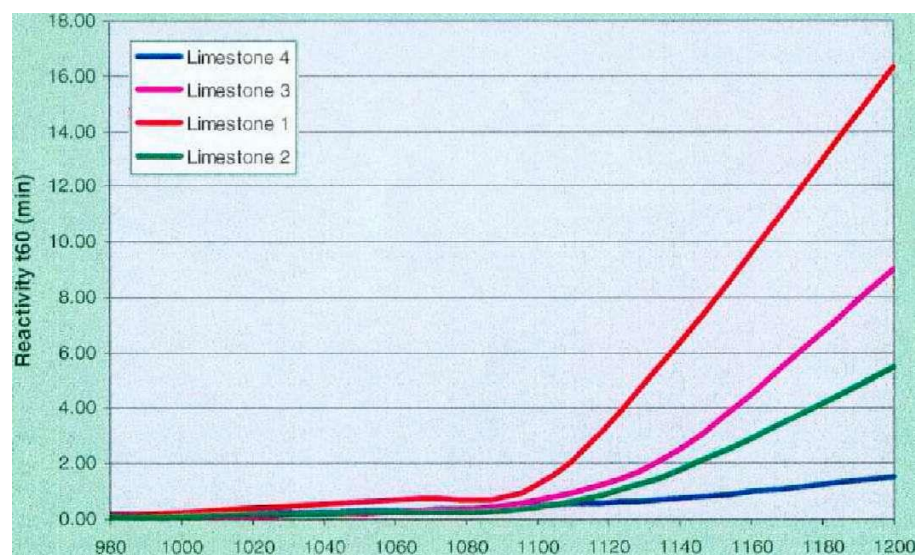
- temperatura i czas spalania
- struktura krystaliczna wapienia
- zanieczyszczenia wapienia
- rodzaj pieca i paliwo.

Klasyfikacja wapna jest często postrzegana w kategoriach jego reaktywności, np.:

- przepalone
- mocno palone
- średnio palone
- lekko palone.

Rysunek 2.16: Zmiana reaktywności a temperatura spalania i rodzaj wapienia [44, EuLA, 2006]

Metoda oceny reaktywności wapna określona w normie europejskiej ma mierzyć czas, tzw. „t60”, który odpowiada czasowi, jaki jest potrzebny mieszance wapna i wody (w standardowych warunkach) do wzrostu od temperatury 20 do 60°C. W praktyce, im wyższy „t60”, tym mniejsza reaktywność wyprodukowanego wapna. Niemniej jednak, nie istnieją normy definiujące jakość produktu (lekko palone, średnio palone, przepalone), ponieważ granice między tymi określeniami nie są wyraźnie określone. Rysunek 2/16 przedstawia zmianę reaktywności (t60) jako funkcję temperatur spalania oraz rodzaju wapienia.



Rysunek 2.16: Zależności między piecami i rodzajami wapna produkowanego zazwyczaj w tych piecach
 Temperatura spalania (°C)
 Reaktywność t60 (min)
 Wapień 4
 Wapień 3
 Wapień 1
 Wapień 2

Wapno o niskiej reaktywności określa się często mianem wapna średniego, twardego lub przepalonego. Spadkowi reaktywności towarzyszy zmniejszenie powierzchni i porowatości wapna, określane mianem spiekania.

Każdy rodzaj wapna ma określoną reaktywność, która z kolei podlega wymogom dotyczącym zastosowania i określonego procesu. Jak już wcześniej wspomniano, właściwości wapna zależą również od materiału surowcowego wapienia, rodzaju pieca i używanego paliwa. Przykładowo piece szybowe opalane koksem produkują wapno palone o reaktywności średniej do niskiej, podczas gdy współprądowe piece regeneracyjne opalane gazem zazwyczaj produkują wapno o wysokiej reaktywności. Chemiczność i reaktywność wapna to główne parametry napędzające rynek.

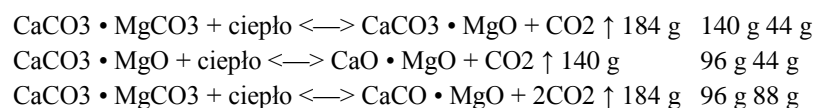
Rysunek 2.17 przedstawia różnice w morfologii (formie cząsteczkowej) i powierzchni wapna lekko palonego w porównaniu z wapnem średnim i twardym uzyskane na obrazie w elektronowym mikroskopie skaningowym (SEM, powiększenie: SEMx5000).

/nie można wkleić zdjęć/

Lekko palone Średnio palone Mocno palone

Rysunek 2.17: Morfologia wapna lekko, średnio i mocno palonego
[44, EuLA, 2006], [168, TWG CLM, 2007]

Rozkład dolomitów i wapieni magnezowych/dolomitowych jest dużo bardziej złożony. Rozkład może nastąpić w jednym lub dwóch stadiach lub nawet w stadiach pośrednich [44, EuLA, 2006]:



Temperatura potrzebna do rozkładu dolomitów i wapieni magnezowych/dolomitowych waha się zazwyczaj w przedziale 500 - 750°C.

2.2.6.2 Kalcynacja wapienia w piecu

Proces obróbki wapienia (z lub bez istotnej zawartości węgla magnezu) w piecu można podzielić na trzy etapy lub trzy strefy wymiany ciepła, które zostały przedstawione na rysunku 2.18 i opisane poniżej:

1. *Strefa podgrzewania wstępnego*: Wapień jest podgrzewany od temperatury otoczenia do ponad 800°C przez bezpośredni kontakt z gazami opuszczającymi strefę kalcynacji, złożonymi głównie z produktów spalania wraz z nadmiarem powietrza i CO₂ z kalcynacji.

2. *Strefa spalania lub strefa kalcynacji*: Paliwo spala się w powietrzu wstępnie podgrzanym ze strefy chłodzenia i (w zależności od typu) w dodatkowym powietrzu „spalania” podawanym razem z paliwem. W tej strefie temperatury osiągają ponad 900°C. W temperaturach z przedziału 800-900°C, powierzchnia wapienia zaczyna ulegać rozkładowi. W temperaturach powyżej temperatury rozkładu wapienia, tj. 900°C, rozkład ma miejsce pod powierzchnią granulek. W temperaturze 900°C granulki są usuwane ze strefy kalcynacji lub osadzają się jako wapień szczątkowy pozostający w tej strefie. Jeśli granulki ulegną całkowitemu rozkładowi i nadal zalegają w strefie kalcynacji, następuje spiekanie.

3. *Strefa chłodzenia*: Wapno palone wychodzące ze strefy kalcynacji w temperaturze 900°C jest chłodzone przez bezpośredni kontakt z powietrzem „chłodzącym”, częścią lub całym powietrzem wspomagającym spalanie, które w ten sposób się wstępnie podgrzewa. Wapno wychodzące z tej strefy ma temperaturę niższą niż 100°C.

/nie można wkleić wykresu/

Legenda:

Wapień w temp. otoczenia

Gazy odlotowe

Paliwo (stałe, dla niektórych rodzajów pieców)

Wapień 800°C STREFA WSTĘPNEGO OGRZEWANIA

Wapno > 900°C STREFA SPALANIA

Paliwo (gazowe, ciekłe lub stałe)

STREFA SCHŁADZANIA

Wapno T < 100°C Powietrze spalania w temp. otoczenia

**Rysunek 2.18: Główne zasady kalcynacji wapna
[44, EuLA, 2006]**

Czas przetrzymywania wapienia w piecu zależy od rodzaju pieca i rodzaju pożądanego produktu końcowego. Czas ten waha się od sześciu godzin do dwóch dni.

W zależności od tego, w jakim stopniu wapno palone jest skalcynowane, nazywamy je wówczas lekko, średnio lub mocno palonym. Stopień reaktywności, tj. reaktywności z wodą, zmniejsza się, gdy rośnie poziom porowatości.

Stopień rozkładu wapienia w piecu zależy zatem od kilku czynników związanych z samymi cząsteczkami wapienia, czyli morfologią i składem, a także z warunkami danego procesu. Do głównych zmiennych zalicza się:

- właściwości chemiczne wapienia
- wielkość i kształt cząsteczek
- zakres temperatur w strefie kalcynacji
- wskaźnik wymiany ciepła między gazami i cząsteczkami.

Większość pieców obecnie stosowanych opiera się na konstrukcji typu szybowego lub obrotowego. Istnieje niewiele konstrukcji opartych na innych zasadach. Projekty wszystkich typów oparte są na koncepcji trzech stref. Piece szybowe zwykle posiadają strefę podgrzewania, zaś niektóre inne piece wapiennicze, mianowicie obrotowe, pracują w połączeniu z oddzielnym podgrzewaczem wstępnym. Stosowane są dwa główne typy podgrzewaczy: pionowy szyb i ruszt wędrowny.

Większość układów piecowych cechuje przeciwny przepływ materiału i gazów, który ma związek z ilością emitowanych zanieczyszczeń.

2.2.6.3 Przetwarzanie wapna palonego

Celem przetwarzania wapna palonego piecowego (ROK) jest produkowanie różnych jego gatunków o rozmiarach ziaren i właściwościach wymaganych przez różne obszary rynku. Stosuje się liczne procesy jednostkowe, włączając przesiewanie, kruszenie, proszkowanie, mielenie, separację powietrzną i transportowanie. Dobrze zaprojektowany zakład przeróbki wapna osiąga wiele celów, mianowicie:

- maksymalizuje wydajność głównych produktów
- maksymalizuje wydajność nadmiaru ziaren (na ogół miału)
- poprawia jakość niektórych produktów
- zapewnia elastyczność zmian wydajności produktów w odpowiedzi na zmiany zapotrzebowania rynku.

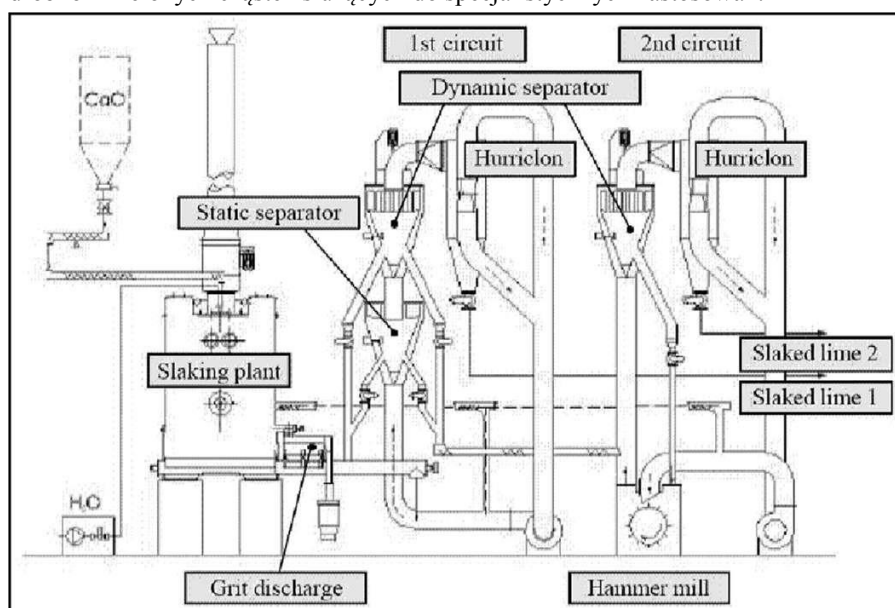
Zakład przeróbki powinien posiadać odpowiednie magazyny zarówno dla produktów, jak i dla półproduktów, gdyż zapewnia to bufor między piecem, który najlepiej pracuje w sposób ciągły, a wysyłką towaru, która bywa na niskim poziomie w ciągu nocy i w weekendy.

Wapno piecowe ROK jest często przesiewane na grubość około 5 mm. Jeżeli wapno piecowe posiada nadmiar ziaren ponad maksymalną wielkość (np.) 45 mm, ich wymiar jest zmniejszany z minimalną produkcją drobnych ziaren. W tym celu powszechnie stosuje się kruszarki szczękowe i rolkowe. Rozdrobnione wapno piecowe wprowadza się następnie na wielopoziomowe sita, po których otrzymuje się wtórną drobną frakcję (np. poniżej 5 mm), oraz ziarnistą, czy „granulowaną”, frakcję wapna (np. 5-15 mm i 15-45 mm).

Produkt magazynuje się w bunkrach, z których można go wysłać albo bezpośrednio do odbiorcy, albo przewieźć do innego zakładu przemiału lub hydratyacji.

2.2.6.3.1 Produkcja wapna palonego mielonego

Popyt na różne gatunki i jakość wapna palonego mielonego wzrósł znacznie od lat 50. Wymagania dotyczące rozmiaru wahają się od grubego produktu stosowanego do stabilizacji gruntu do bardzo drobno zmielonych cząstek służących do specjalistycznych zastosowań.



Pierwszy obieg Drugi obieg

Separator dynamiczny

Hurriclon Hurriclon

Separator statyczny

Zakład gaszenia

Wapno gaszone 2

Wapno gaszone 1

Oddzielacz piasków

Młyn młotkowy

Rysunek 2.19: Schemat pracy hydratora wapienniczego
[16, EuLA, 2001], [168, TWG CLM, 2007]

Grubsze wyroby produkują się stosunkowo taniej po jednokrotnym przejściu przez młyn młotkowy, wyposażony w integralny kosz. Drobniejsze wyroby wytwarza się generalnie w młynach rurowych i pionowych młynach misowo-rolowych. Większość młynów wykorzystuje systemy separacji pneumatycznej.

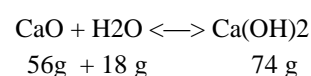
2.2.6.4 Produkcja wapna gaszonego i/lub hydratyzowanego

Wapno gaszone obejmuje wapno hydratyzowane (suchy proszek wodorotlenku wapnia), mleko wapienne i ciasto wapienne (rozproszone cząsteczki wodorotlenku wapnia w wodzie).

2.2.6.4.1 Produkcja wapna hydratyzowanego

Hydratyzacja wapna obejmuje dodawanie wody w hydratorze do tlenku wapnia. Ilość dodanej wody przekracza dwukrotnie zapotrzebowanie stechiometryczne dla procesu hydratacji. Nadmiar wody

dodaje się dla obniżenia temperatury powstającej z ciepła reakcji poprzez jej przejście w parę, co przedstawia poniższy wzór:



Istnieje wiele typów hydratorów, ale sam proces można przedstawić w sposób ukazany na rysunku 2.9. Hydrator składa się, między innymi, z łopatek obrotowych, które intensywnie mieszają wapno z wodą. Następuje silna reakcja egzotermiczna wytwarzająca 1140 kJ na kg tlenku wapnia. Proces hydratacji jest regulowany w taki sposób, aby produkt końcowy miał postać suchego proszku. Po hydratacji produkt przechodzi do separatora powietrznego. Część lub całość grubych cząstek może być przechowywana, mielona i poddawana ponownej obróbce. Produkty są przechowywane w silosach magazynowych.

Niektóre zakłady zajmujące się hydratacją podnoszą jakość wapna hydratyzowanego usuwając ziarna gorszej jakości, czyli grubsze ziarna i ziarna o dużej zawartości węgla. W miarę możliwości ziarna gorszej jakości są dodawane do wybranych produktów. Jeśli nie jest to możliwe, trafiają na składowisko odpadów.

2.2.6.4.2 Produkcja mleka wapiennego i ciasta wapiennego

Mleko wapienne i ciasto wapienne powstaje przez gaszenie wapna nadmiarem wody. Gaszenie odbywa się w gaszalnikach o działaniu okresowym lub ciągłym. Terminem „mleko wapienne” określa się płynną zawiesinę wapna gaszonego w wodzie. Mleko wapienne może zawierać do 40% wagowo ciała stałego. Mleko wapienne o wysokiej zawartości cząstek jest czasem nazywane szlamem wapiennym. Ciasto wapienne to gęsta zawiesina wapna gaszonego w wodzie. Ciasto typowo zawiera od 55% do 70% wagowo ciała stałego. Pasta wapienna czasami nazywana jest półpłynnym ciastem wapiennym.

W wielu zastosowaniach, np. w zaprawach murarskich, jako odczynnik w reakcjach chemicznych, wapno jest stosowane w formie wodorotlenku, jako zawiesina w wodzie (jako szlam) lub jako pasta.

Ze względu na wygodę, podmioty używające wapna wolą – zamiast wapna palonego – stosować wapno hydratyzowane w formie proszku, który rozpuszcza się w wodzie. Proces gaszenia jest delikatnym procesem egzotermicznym, wymagającym specjalnego sprzętu, którego użytkownicy wolą unikać. Ponadto, na wybór wapna hydratyzowanego zamiast palonego może wpływać szybka reakcja z wilgocią. Co więcej, proces hydratacji poprawia jakość produktu (wydajność) poprzez usunięcie niespalonych (CaCO_3) grubszych cząsteczek lub innych grubszych zanieczyszczeń.

2.2.7 Rodzaje pieców wapienniczych – technologie i projekty

Od wielu lat na całym świecie wykorzystuje się dużą różnorodność technologii i projektów pieców. Mimo że w ostatnich latach w sprzedaży pieców wapienniczych odnotowano stosunkową małą liczbę nowych projektów, dostępnych jest wiele alternatywnych modeli, dostosowanych do konkretnych zastosowań. Przy wyborze technologii pieca należy uwzględnić właściwości wapienia, takie jak twardość przed i po wypaleniu, rodzaj dostępnego paliwa i jakość produktu. Wielu producentów wapna korzysta z dwóch lub więcej rodzajów pieców, stosując różne wielkości załadunku wapiennego, wytwarzając wapno różnej jakości, a zatem w lepszy sposób wykorzystując zasoby naturalne, co stanowi dobrą praktykę środowiskową.

Wyróżnia się sześć głównych rodzajów pieców używanych do produkcji wapna. Do głównych czynników wyboru pieca zalicza się:

- rodzaj złoża mineralnego
 - właściwości, dostępność i jakość wapienia
- wsad granulometryczny wsadu
 - właściwości mechaniczne wsadu pieca
 - miał
- zastosowania konsumenckie dotyczące właściwości wapna
- wydajność pieca
- dostępność paliw (w tym paliw odpadowych)
- koszty (paliwa, inwestycyjne i operacyjne).

Typowe wskaźniki produkcji i wielkość wsadu dla różnych rodzajów pieców przedstawiono w tabeli 2.15. Rodzaje pieców używanych do produkcji wapna mają trwałość od 30 do 45 lat.

Rodzaj pieca	Skrót	Zakres wydajności tona/dzień	Zakres rozmiarów kamienia wsadu mm
Długi piec obrotowy	LRK	160-1500	2-60
Piec obrotowy z podgrzewaczem	PRK	150-1500	10-60
Współprądowy piec regeneracyjny	PFRK	100-600	10-200
Piec szybowy pierścieniowy	ASK	80 - 300	10-150
Piec szybowy z wsadem mieszanym	MFSK	60-200	20-200
Inne piece	OK	10-200	20-250

Tabela 2.15: Parametry operacyjne różnych rodzajów pieców wapienniczych [16, EuLA, 2001] [44, EuLA, 2006]

Właściwości fizyko-chemiczne wapna są bezpośrednio związane z rodzajem pieca używanego do kalcynacji. Wybór pieca mogą również determinować inne parametry, takie jak:

- rodzaj i dostępność paliwa
- wydajność pieca
- koszty inwestycyjne
- koszty operacyjne
- wpływ na środowisko.

Tabela 2.16 przedstawia rodzaje pieców powszechnie używanych do produkcji określonych rodzajów wapna pożądanych na rynku.

Reaktywność	t60 3)<3 min						t60 3)>3 min					
	<20		20-60		>60		<20		20-60		>60	
Rozmiar kamienia wapienia (mm)												
Zawartość siarki w wapnie	M1)	L2)	M1)	L2)	M1)	L2)	M1)	L2)	M1)	L2)	M1)	L2)
Długi piec obrotowy (LRK)				+4)					o5)	+4)		
Piec obrotowy z podgrzewaczem (PRK)				+4)			+4)			+4)		
Współprądowy piec regeneracyjny (PFRK)	+4)		+4)		o5)							
Piec szybowy pierścieniowy (ASK)			+4)								+4)	
Piec szybowy na wsad mieszany (MFSK)											o5)	
Inne piece (OK)	+4)		+4)		+4)		+4)			+4)		

1) M=średni: >0,05 %
2) L=niski: <0,05 %
3) t60 = reaktywność wapna wskazująca na czas potrzebny do podgrzania wapna palonego od temperatury 20 do 60°C podczas reakcji z wodą
4) Najczęściej używane
5) Używane w określonych warunkach

Tabela 2.16: Zależność między piecami i rodzajami wapna produkowanego w tych piecach [44, EuLA, 2006]

Tabela 2.17 przedstawia różne właściwości produktu, takie jak reaktywność dla różnych sektorów rynku lub grup konsumentów. Chemiczność i reaktywność wapna to najważniejsze parametry napędzające rynek.

Grupa konsumentów	Odsetek produkcji (%) w 2003 (ILA) ¹⁾	Właściwości wapna				
		Reaktywność		Chemiczność		Zawartość siarki
		t60 ²⁾ <3 min ³⁾	t60 ²⁾ >3 min ³⁾	bardzo czyste	CL 70- 80 ⁴⁾	
I. Przemysł						
1. Hutniczy	39	X		X		X
2. Metali nieżelaznych	3					X
3. Chemiczny	10	X		X		X
4. Inne (np.6						X

	papierniczy)						
II.	Materiały budowlane (przemysł) ⁶⁾	3		X		X	
III.	Materiały budowlane (handel) ⁶⁾	17		X		X	
IV.	Ochrona środowiska ⁶⁾	16					
	1. Oczyszczanie gazów odlotowych						X
	2. Woda pitna						X
	3. Gospodarka ściekami						X
V.	Rolnictwo	2					
Grupa konsumentów		Odsetek (%) produkcji w 2003 (ILA) ¹⁾	Właściwości wapna dolomitowego		Chemiczność		Zawartość
			Reaktywność		bardzo czyste	CL 70- 80 ⁴⁾	siarki
I.	Przemysł stalowy		x ⁵⁾				X
II.	Brak zastosowania dla dolomitu kalcynowanego						
III.	Materiały budowlane		Półpalone			DL 80 DL 85 ⁵⁾	
IV.	Brak zastosowania dla dolomitu kalcynowanego						
V.			Półpalone			DL 80 DL 85 ⁵⁾	
VI.	Brak zastosowania dla dolomitu kalcynowanego						
VII.	Ogniotrwały		Przepalone				X
<p>1) Międzynarodowe Stowarzyszenie Wapna</p> <p>2) t60 = reaktywność wapna wskazująca na czas potrzebny do podgrzania wapna palonego od temperatury 20 do 60°C podczas reakcji z wodą</p> <p>3) Minut</p> <p>4) CL 70 - 80 = norma klasyfikacji</p> <p>CL 70 = wapno zdefiniowane w normie EN 459 „Wapno budowlane” o zawartości CaO + MgO > 65% CL 80 = wapno zdefiniowane w normie EN 459 „Wapno budowlane” o zawartości CaO + MgO > 75%</p> <p>5) DL 80, DL 85 = norma klasyfikacji</p> <p>DL 80 = dolomit kalcynowany zdefiniowany w normie EN 459 „Wapno budowlane” o zawartości CaO + MgO > 75% DL 85 = dolomit kalcynowany zdefiniowany w normie EN 459 „Wapno budowlane” o zawartości CaO + MgO > 80%</p> <p>6) Specyfikacja „bardzo czyste” używana w Wielkiej Brytanii</p>							

Tabela 2.17: Orientacyjne specyfikacje wapna wg grup konsumentów [44, EuLA, 2006]

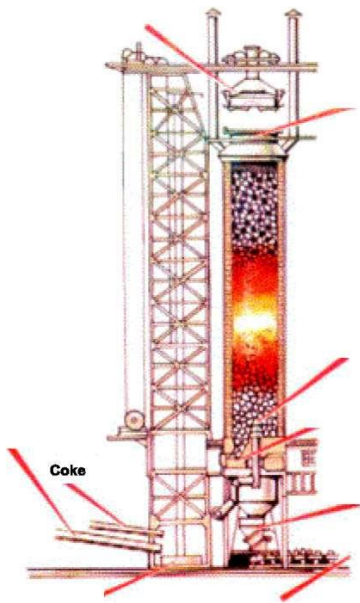
Piece szybowe stanowią ok. 90% wszystkich pieców używanych w Europie, co daje 551 pieców. W niniejszym rozdziale opiszemy podstawowe działanie pieca szybowego, z uwzględnieniem pewnych różnic obserwowanych w rodzajach tego pieca, takich jak:

- piec szybowy na wsad mieszany (MFSK)
 - 116 pieców w krajach UE-27, z czego większość znajduje się w Europie Środkowej
- współprądowy piec regeneracyjny (PFRK)
 - 158 pieców w krajach UE-27
- piec szybowy pierścieniowy (ASK)
 - 74 piece w krajach UE-27
- inne piece (OK)
 - 203 piece w krajach UE-27.

Piece szybowe mają budowę pionową, do 30 metrów wysokości i do 6 metrów średnicy. W tych piecach, wapień jest dozowany od góry i stopniowo przechodzi w dół pieca przez różne poziomy pieca, aż dotrze jako wapno do miejsca rozładunku na dole. Głównym problemem w zakresie wydajności tradycyjnych pieców szybowych jest uzyskanie jednolitego rozkładu ciepła w całym szybie i jednolitego przesuwu wsadu wzdłuż szybu [44, EuLA, 2006].

2.2.7.1 Piec szybowy na wsad mieszany (MFSK)

Piece z mieszanym wsadem stosują kawałki wapienia o maksymalnej wielkości od 20 do 200 mm i o stosunku wymiarów około 2:1. Najszerszym stosowanym paliwem jest koks odporny na kruszenie o niskiej zawartości popiołu. Rozmiar koksu jest tylko nieznacznie mniejszy od kawałków kamienia. Zatem koks porusza się razem z wapieniem, a nie przesypuje się szczelinami. Kamień i koks są dozowane do pieca w taki sposób, aby zminimalizować ich segregację. Z uwagi na cenę i dostępność koksu metalurgicznego coraz częściej używany jest antracyt. Zasady działania pieca szybowego na wsad mieszany przedstawiono na rysunku 2.20, a przykład takiego pieca przedstawia rysunek 2.21.



Zawór zamykający szyb



- Wlot powietrza
- Rozładunek wapna
- Zawór
- System ważenia
- Zasobnik dozujący
- Wapień
- Koks
- Transportowanie wapna

Rysunek 2.20: Zasady działania pieca szybowego na wsad mieszany [44, EuLA, 2006]	Rysunek 2.21: Piec szybowy na wsad mieszany [44, EuLA, 2006]
---	---

Jakość wapna palonego jest raczej umiarkowana, przy reaktywności znacznie niższej niż uzyskiwanej w piecach obrotowych przy tym samym poziomie CaCO_3 . Zatrzymanie siarki z paliwa jest znaczne. Główną charakterystykę techniczną przedstawiono w tabeli 2.18.

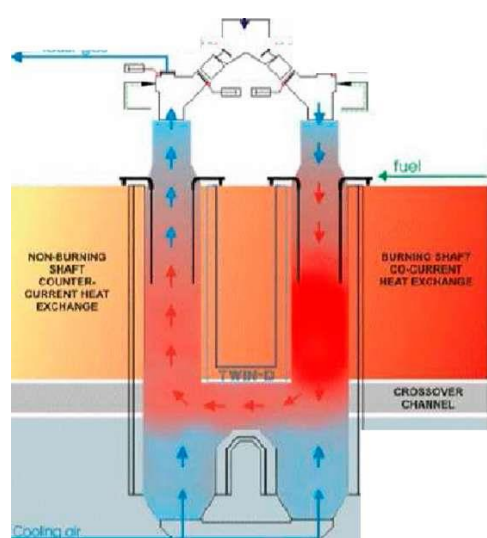
Piec szybowy na wsad mieszany (MFSK)	
Rodzaj wsadu paliwa	Mieszany z wapieniem
Wydajność (ton/dzień)	60-200
Zużycie ciepła (MJ/tonę wapna)	3400-4700
Zużycie energii (kWh/tonę wapna)	5-15

Konstrukcja	Pionowy, cylindryczny lub prostokątny szysz z powłoką ogniotrwałą
Rozmiar kamienia wapienia (mm)	20-200
Typ paliwa	Koks w bryłach ¹⁾ i antracyt
Wlot powietrza spalania	Tylko powietrze chłodzące z dołu
Pobieranie wapna	Mimośrodowy talerz obrotowy
Ważne punkty	Wymaga równomiernego wymieszania kamieni i paliwa Wymaga równomiernego rozłożenia w całym szybie Wysoka retencja siarki z paliwa w wapnie
Zalety	Bezwarunkowy Koszty konstrukcji i utrzymania Dobre narzędzie dla wapna o niskiej reaktywności Niskie zapotrzebowanie na energię elektryczną (wentylatory) (zob. tabela 2.23) Powietrze chłodzące jest wykorzystywane do spalania Niski nadmiar powietrza Dużo CO ₂ dla PCC ²⁾ , cukru i sody w produkcji wapna na potrzeby własne
Wady	Trudno uzyskać równomierne wymieszanie paliwa/powietrza, rozbieżności w stężeniu mieszanki paliwowo-powietrznej Warunki procesu prowadzące do emisji CO Wymaga dużych granulek wapienia, co skraca trwałość złoża Za niska reaktywność by zmieniać parametry (24 godziny), tym samym duża inercja
1) Koks metalurgiczny 2) Wytrącony węgiel wapnia	

Tabela 2.18: Główna charakterystyka techniczna pieców szybowych na wsad mieszany [44, EuLA, 2006], [168, TWG CLM, 2007]

2.2.7.2 Współprądowy piec regeneracyjny (PFRK)

Cechą charakterystyczną pieca PFRK jest to, że składa się z dwóch cylindrycznych szymbów połączonych ze sobą poprzecznym kanałem łączącym. Niektóre wczesne typy posiadały trzy szymbi, inne miały szymbi prostokątne, jednak zasady działania są te same. Typowa wydajność pieców PFRK waha się w granicach 100-600 ton na dzień. Podstawowe zasady działania i przepływu gazu w piecach PFRK przedstawiono na rysunku 2.22 i 2.24, a rysunek 2.23 przedstawia przykładowy piec PFRK.



Wapień Gaz odlotowy Powietrze spalania Paliwo
Przeciwną wymianą ciepła w szymbie niepalącej
Współprądowa wymiana ciepła w szymbie palącej
Kanał przepływu
Strefa chłodzenia
Powietrze chłodzące
Wapno palone

Rysunek 2.22: Zasady działania pieca PFRK [44, EuLA, 2006]

Rysunek 2.23: Przykład pieca PFRK [44, EuLA, 2006]

PIEC PFR

Powietrze spalania w temp. otoczenia

Wapień w temp. otoczenia

Temp. gazu odlotowego > 60 - 80°C

Paliwo
spalinowe
(gazowe/ciekłe/s
proszkowane
stałe)

Temp. powietrza
spalonego = 900°C

STREFA

PODGRZEWANIA

WSTĘPNEGO

Temp. wapienia =
900°C

POPRZECZNY KANAŁ
PRZEPLYWU

Temp. gazu odlotowego = 900°C

Temp. wapna = 90°C

Temp. chłodzenia (gaz odlotowy +
powietrze) = 900°C

STREFA SPALANIA

STREFA CHŁODZENIA

Powietrze chłodzące w temp. = 900°C

Powietrze chłodzące w temp. = 900°C

Powietrze chłodzące w temp. otoczenia

Powietrze chłodzące w temp. otoczenia

Temp. wapna < 100°C

Temp. wapna < 100°C

Rysunek 2.24: Podstawowe zasady działania i przepływu gazu w piecach PFRK [44, EuLA, 2006]

Metoda działania opiera się na dwóch podstawowych zasadach:

- strefa wstępnego podgrzewania w każdym szybie działa jako regeneracyjna strefa wymiany ciepła, oprócz wstępnego podgrzewania kamienia do temperatury kalcynacji. Nadmiar ciepła z gazów jest przekazywany do kamienia w drugim szybie w pierwszym etapie procesu. Następnie ciepło jest przekazywane z kamienia do powietrza spalania, które zostaje podgrzane do temperatury ok. 800°C. Dzięki temu piec ma bardzo niskie zużycie ciepła,
- kalcynacja wapna palonego zostaje zakończona przy względnie umiarkowanej temperaturze ok. 900-1100°C. To sprawia, że piece te są odpowiednie do produkcji średnio i wysoko reaktywnego wapna, z niskim poziomem resztkowego CO₂.

W praktyce partie wapienia załadowywane są na przemian do każdego szybu i przesuwały się w dół przez strefę podgrzewającą, obok lanc paliwowych i do strefy kalcynacji. Ze strefy kalcynacji przesuwały się do strefy chłodzenia.

Praca pieca składa się z dwóch równej długości okresów, które trwają od 8 do 15 minut przy pełnej wydajności. W pierwszym okresie paliwo jest wtryskiwane przez lance w szybie 1 spalając się w powietrzu spalania wdmuchiwanym w dół szybu. Wytwarzane ciepło jest częściowo pochłaniane przez kalcynację wapienia w szybie pierwszym. Od spodu każdego szybu wdmuchiwane jest powietrze dla chłodzenia wapna. Powietrze chłodzące z szybu nr 1 o temperaturze ok. 1050°C przechodzi razem z gazami spalinowymi i dwutlenkiem węgla z procesu kalcynacji przez poprzeczny kanał łączący do szybu nr 2. W szybie nr 2 gazy z szybu nr 1 mieszają się z powietrzem chłodzącym wdmuchiwanym od spodu szybu nr 2 i przechodzą w górę. W ten sposób ogrzewają one kamień w strefie podgrzewania w szybie nr 2.

Gdyby tego typu działanie trwało dłużej, temperatura gazów odlotowych wzrosłaby znacznie powyżej 500°C. Jednak po upływie około 8 do 15 minut dopływ paliwa i powietrza do szybu nr 1 jest zatrzymany i następuje „odwrócenie” cyklu. Po zakończeniu dozowania wapienia do szybu nr 1, paliwo i powietrze są wprowadzane do szybu nr 2, zaś gazy odlotowe wylatują z górnej części szybu nr 1.

Piec może być opalany paliwem gazowym, ciekłym lub stałym sproszkowanym, jak również paliwami odpadowymi i biomasą. Piec ma również wysoki współczynnik regulacyjności, mimo że przy niskich wskaźnikach produkcji może występować pewne obniżenie wydajności energetycznej. Po rozpaleniu pieca nie należy go zamykać, gdyż może to doprowadzić do skrócenia trwałości powłoki ogniotrwałej. Przy większości zastosowań trwałość powłoki ogniotrwałej w strefie spalania i kanale łączącym wynosi od 4 do 8 lat.

Standardowy piec PFRK wymaga czystego kamienia, najlepiej o stosunku wymiarów kamienia nie większym niż 2:1. Minimalny rozmiar kamienia to 30 mm, mimo iż istnieją zmodyfikowane typy pieców PFRK przeznaczone do mialkiego wapna, w których wsad czystego wapienia może mieć wielkość 10-30 mm.

Tabela 2.19 podsumowuje główną charakterystykę techniczną PFRK.

Współprądowy piec regeneracyjny (PFRK)	
Rodzaj wsadu paliwa	Lance do pokładu kamieni
Wydajność (ton/dzień)	100-600
Zużycie ciepła (MJ/tonę wapna)	3200-4200
Zużycie energii (kWh/tonę wapna)	20-41
Konstrukcja	Dwa lub trzy cylindryczne lub prostokątne szyby z powłoką ogniotrwałą połączone ze sobą kanałem do cyrkulacji gorących gazów
Rozmiar kamienia wapienia (mm)	10-200
Typ paliwa	Gazowe, ciekłe lub sproszkowane stałe, paliwa odpadowe lub biomasa
Wlot powietrza spalania	W górnej części (głównie) i lance (10 %)
Pobieranie wapna	Mimośrodowy talerz obrotowy
Ważne punkty	Bardzo ważna jest jakość materiałów ogniotrwałych
Zalety	Elastyczność produkcji Wysoka reaktywność wapna Stosowna elastyczność reaktywności od wysokiej do średniej, gdy pozwala na to wapień Dobre rozprowadzanie paliwa, ze względu na mały obszar przepływu obsługiwany przez jedną lancę Niskie wymagania dotyczące paliwa Niskie zużycie energii (zob. tabela 2.23) Długa trwałość, zatrzymanie dopiero po 5-7 latach
Wady	Ograniczona elastyczność stop/start Nieodpowiedni dla kamieni o dużej dekrepitacji Ograniczona elastyczność (wapno lekko i średnio palone) Powłoka ogniotrwała droższa niż w innych typach pieców wapienniczych

Tabela 2.19: Charakterystyka techniczna współprądowych pieców regeneracyjnych [44, EuLA, 2006]

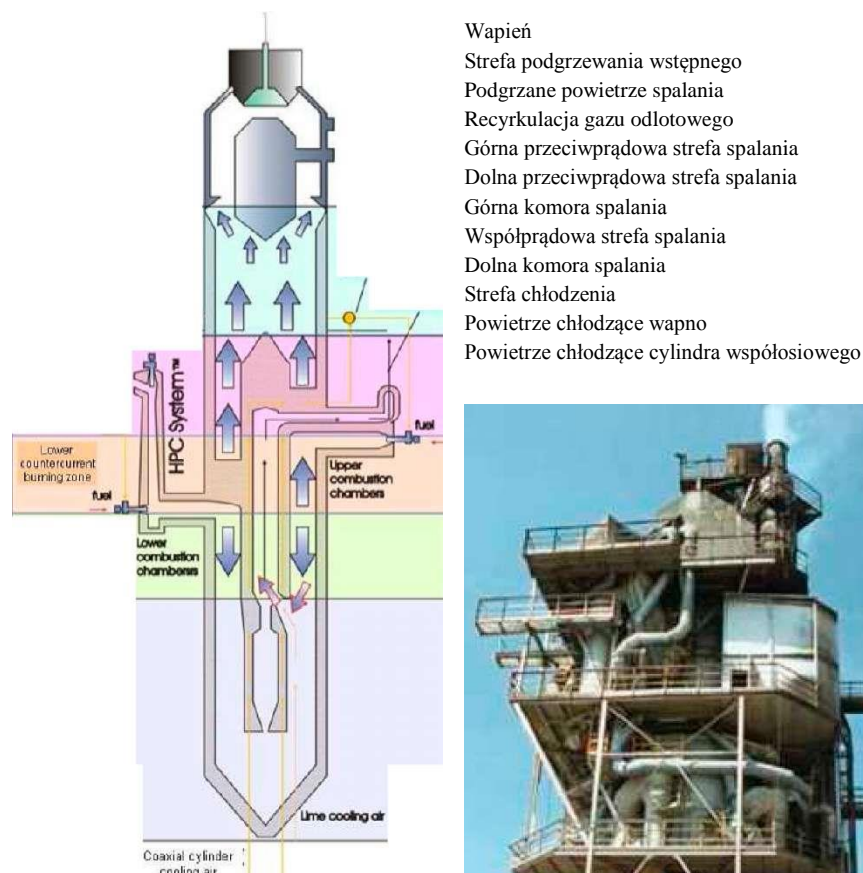
2.2.7.3 Piece szybowe pierścieniowe (ASK)

Główną cechą pieca szybowego pierścieniowego jest centralny cylinder ograniczający szerokość pierścienia, który razem ze sklepieniami do dystrybucji gazów spalinowych zapewnia dobre rozprowadzanie ciepła (zob. rysunek 2.25 i 2.27). Centralna kolumna umożliwia także odciąganie części gazów spalinowych z dolnych palników w dół szybu, by ponownie wprowadzić je do dolnej komory.

Ta recykulacja obniża temperaturę na dolnych palnikach i zapewnia przebieg ostatniej fazy kalcynacji przy niskiej temperaturze. Pomaga to otrzymać produkt o niskim poziomie CaCO_3 i wysokiej reaktywności. Piec szybowy pierścieniowy (przykład na rysunku 2.26) może być opalany paliwem gazowym, ciekłym lub stałym. Gazy odlotowe mają wysokie stężenie CO_2 .

Piec szybowy pierścieniowy

Rysunek 2.25: Piec szybowy pierścieniowy [44, EuLA, 2006]



Rysunek 2.26: Przykład pieca szybowego pierścieniowego używanego do produkcji wapna [44, EuLA, 2006]

PIEC SZYBOWY PIERŚCIENIOWY (ASK)

Kamień w temp. otoczenia

Gaz odlotowy

Czasami paliwo stałe czasami

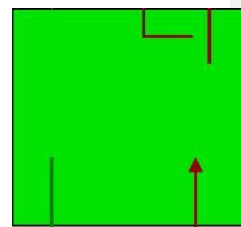
Temp. wapienia
900°C

STREFA
PODGRZEWANIA
WSTĘPNEGO

Powietrze
spalania dla
dolnego palnika

Paliwo spalinowe
(gazowe/ciekłe/s
proszkowane
stałe)

STREFA
SPALANIA
Paliwo spalinowe
(gazowe/ciekłe/spr
oszkowane stałe)
Temp. wapna =
90°C



STREFA
CHŁODZENIA

Temp. wapna < 100°C
Powietrze spalania w temp. otoczenia

Rysunek 2.27: Zasady działania pieca szybowego pierścieniowego (ASK)
[44, EuLA, 2006]

W tabeli 2.20 przedstawiono charakterystykę techniczną pieców szybowych pierścieniowych [44, EuLA, 2006]

Piec szybowy pierścieniowy (ASK)	
Rodzaj wsadu paliwa	Górna i dolna komora spalania; czasem zmieszane z wapieniem
Wydajność (ton/dzień)	80-300
Zużycie ciepła (MJ/tonę wapna)	3300-4900
Zużycie energii (kWh/tonę wapna)	18-35 (do 50 dla wielkości ziarna poniżej 40 mm)
Konstrukcja	Poziomy cylinder z powłoką ogniotrwałą i wewnętrznym cylindrem Zewnętrzne komory i palniki
Rozmiar wapienia (mm)	kamienia (10) 40-150
Typ paliwa	Gazowe, ciekłe lub sproszkowane stałe Paliwa odpadowe lub biomasa
Wlot powietrza spalania	W górnej części: przewód odpylanie wentylator
Pobieranie wapna	Mimośrodowy talerz obrotowy
Ważne punkty	Wymaga bardzo dokładnej kontroli procesu
Zalety	Niski poziom resztkowego CO ₂ Reaktywność wysoka do średniej Oszczędność paliwa dzięki systemowi odzyskiwania ciepła Główny cylinder ogranicza szerokość pierścienia Dobre rozprawienie ciepła
Wady	Utrzymanie systemu odzyskiwania ciepła i zewnętrznych komór Stosunkowo duży koszt budowy, z uwagi na złożony projekt

Tabela 2.20: Charakterystyka techniczna pieców szybowych pierścieniowych [44, EuLA, 2006]

2.2.7.4 Inne piece (OK)

2.2.7.4.1 Inne piece szybowe jednokomorowe

Ta grupa pieców obejmuje kilka konstrukcji nieopisanych powyżej. W tych rozwiązaniach paliwo wprowadza się poprzez ściany pieca, spalanie następuje w strefie kalcynacji, a produkty spalania przesuwają się ku górze w przeciwnym kierunku do wapna i kamienia wapiennego. W niektórych typach pieców paliwo jest częściowo spalane w zewnętrznych generatorach gazów. W innych wprowadzane jest przez takie urządzenia jak centralny palnik, boczny palnik lub wtryskiwane poniżej wewnętrznych sklepień.

2.2.7.4.2 Piece szybowe dwuskośne

Ten rodzaj pieca wytwarza reaktywny produkt o niskiej zawartości węglanów. Jest on zasadniczo prostokątny w przekroju poprzecznym, jednak wewnątrz zawiera dwa skośne odcinki w strefie kalcynacji. Naprzeciw każdego skośnego odcinka odsunięte sklepienia tworzą przestrzeń, w których poprzez komory spalania spalane jest paliwo w podgrzanym powietrzu.

Powietrze chłodzące wlatuje od spodu pieca, gdzie jest podgrzewane, odciągane i wprowadzone ponownie do pieca poprzez komory spalania. Kręta droga przejścia dla gazów i wsadu, powiązana z dwustronnym opalaniem, zapewnia efektywny rozkład ciepła. Można stosować różne paliwa stałe, ciekłe i gazowe, lecz należy je starannie dobierać dla uniknięcia nadmiernego zarastania, spowodowanego obecnością popiołu paliwowego i siarczanu wapnia.

Podstawową budowę pieca szybowego dwuskośnego przedstawiono na rysunku 2.28.

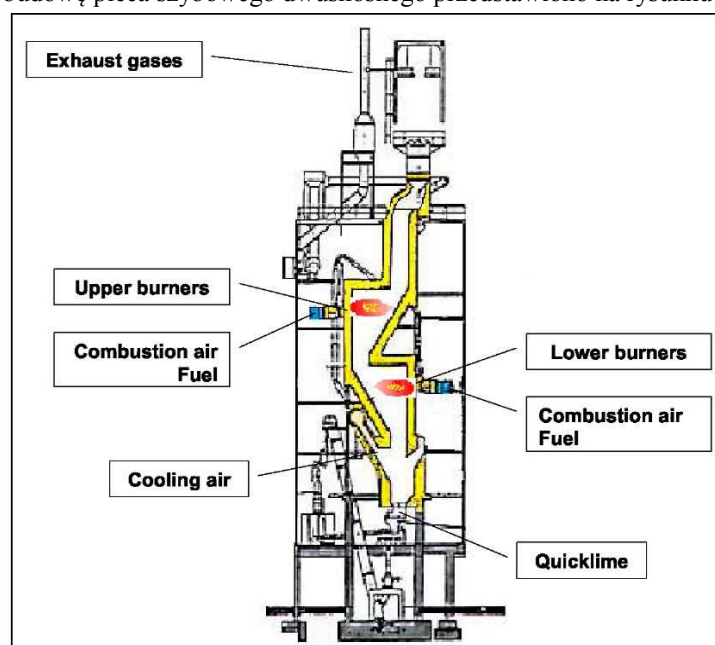


Figure 2.28: Double inclined shaft kiln
[40, Ullmann's, 1990], [168, TWG CLM, 2007]

Gazy odlotowe	
Górne palniki	
Powietrze spalania	Dolne palniki
Paliwo	Powietrze spalania / Paliwo

Powietrze schładzania Wapień

Rysunek 2.28: Piec szybowy dwuskośny
[40, Ullmann's, 1990], [168, TWG CLM, 2007]

2.2.7.4.3 Piece szybowe wielokomorowe

Ten piec jest typem pieca dwuskośnego. Składa się on z czterech lub sześciu naprzemiennie pochylonych odcinków w strefie kalcynacji z położonymi naprzeciwko każdego z nich sklepieniami. Sklepienia te spełniają taką samą funkcję jak w piecu dwuskośnym.

Powietrze chłodzące jest podgrzewane w strefie chłodzenia, a następnie jest odciągane, odpylane i ponownie wprowadzone do pieca poprzez komory spalania.

Szczególną cechą tego pieca jest to, że temperatura w dolnych komorach spalania może być zmienna dla regulowania reaktywności wapna w szerokim zakresie. Piec ten może być opalany paliwem stałym, ciekłym i gazowym lub mieszaniną różnych rodzajów paliw.

2.2.7.4.4 Piec z rusztem wędrownym

Dla kamienia wapiennego o rozmiarach 15 do 45 mm opcję stanowi piec z "wędrownym rusztem", inaczej CID. Projekt tego pieca został opracowany w Niemczech.

Składa się on z prostokątnej szybowej strefy podgrzewania, z której wapień przechodzi do strefy kalcynacji. W strefie kalcynacji wapień powoli spada kaskadą przez pięć drgających talerzy, naprzeciw których znajduje się rząd palników. Wapno przechodzi do prostokątnej strefy chłodzenia.

Przedmiotowy piec może spalać paliwa gazowe, ciekłe lub sproszkowane i wg dostępnych danych wytwarza lekko palone wapno z resztkową zawartością CaCO₃ poniżej 2,3%. Cztery dotychczas zbudowane piece tego typu mają wydajności od 80 do 130 ton dziennie wapna palonego.

2.2.7.4.5 Piec „top-shaped”

Piec wapienniczy „top-shaped” jest stosunkowo nowym rozwiązaniem akceptującym wsad kamienia w zakresie 10 – 25 mm. Projekt tego pieca został opracowany w Japonii.

Piec ten składa się z pierścieniowej strefy podgrzewania, skąd wapień jest przesuwany prętowymi popychaczami do cylindrycznej strefy kalcynacji. Gazy spalinowe z centralnego, skierowanego w dół palnika olejowego umieszczonego w środku strefy podgrzewania, są przeciągane do strefy kalcynacji przez eżektor. Następnie wapno przechodzi w dół do stożkowej strefy chłodzenia.

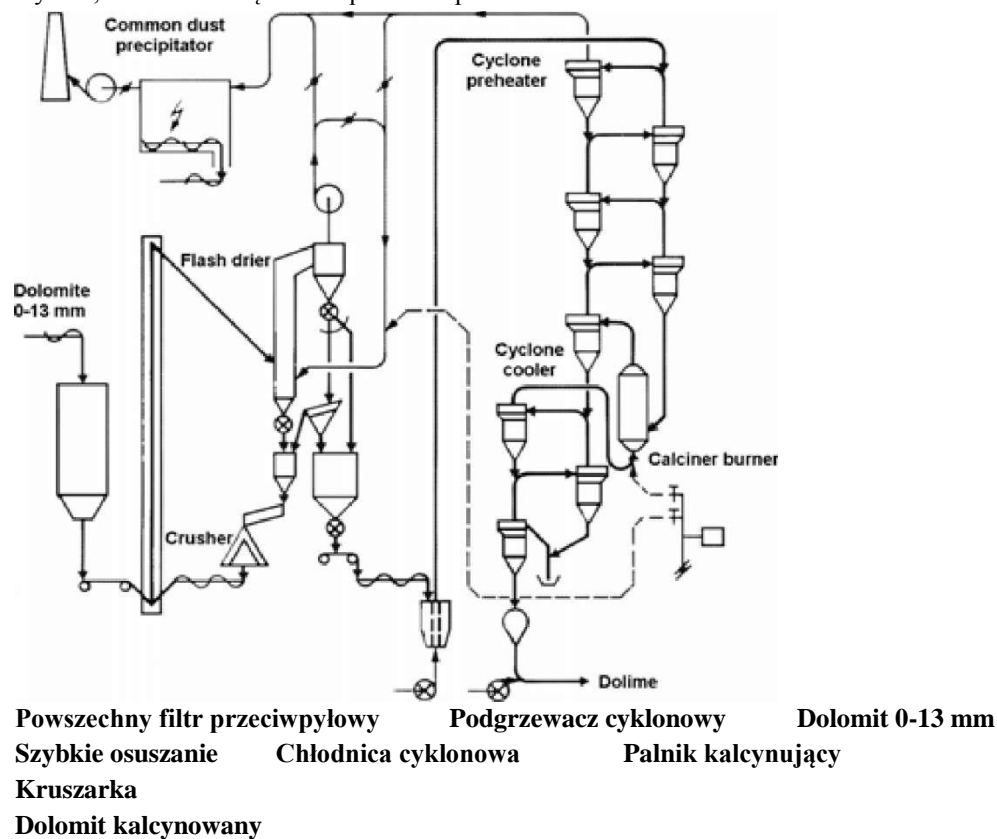
Wg dostępnych danych ten typ pieca produkuje wysokiej jakości wapno palone, odpowiednie do produkcji stali i wytrąconego węgla wapnia. Wydajność pieca sięga 100 ton wapna palonego na dobę. Udowodniono, że z powodu małej wysokości piec może przyjmować wapień o niskiej wytrzymałości.

2.2.7.4.6 Kalcynacja w stanie zawieszenia (GSC)

Kalcynacja w stanie zawieszenia (GSC) jest nową techniką obróbki minerałów, takich jak kalcynacja sproszkowanego wapienia, dolomitu i magnezytu dla otrzymania produktu o wysokiej reaktywności i jednolitości. Jednak w 2007 r. tylko jeden zakład na terenie Unii Europejskiej stosował tę technologię. Większość procesów w instalacji, takich jak suszenie, podgrzewanie, kalcynacja i chłodzenie przeprowadza się w zawieszynie gazowej. Dlatego też zakład posiada urządzenia stacjonarne i niewiele części ruchomych, co pokazano na rysunku 2.29.

Ilość materiału obecnego w układzie jest niewielka, co znaczy, że po kilku minutach obróbki produkt będzie spełniał wymogi techniczne. Nie ma straty materiału ani jakości podczas rozruchu i zatrzymywania procesu, nie występuje też produkt pozaklasowy. Produkt z procesu GSC ma wysoką reaktywność nawet, gdy jest w wysokim stopniu skalcynowany.

Materiał do obróbki w stanie zawieszenia musi być odpowiednio rozdrobniony. Z doświadczeń wynika, że rozmiar cząstek nie powinien przekraczać 2 mm.



Rysunek 2.29: Schemat procesu kalcynacji w stanie zawieszenia [53, Norsk Hydro Norwegia, 2001]

Zakład GSC produkujący wapno dolomitowe pracuje nieprzerwanie w Norsk Hydro, Porsgrunn w Norwegii od sierpnia 1986 r. Kilka wskaźników bilansowych pracy zakładu GSC i instalacji kruszenia/suszenia przedstawiono poniżej [53, Norsk Hydro Norwegia, 2001]:

- wydajność zakładu 430 ton dziennie
- zużycie paliwa 4,8 GJ na tonę produktu
- zużycie energii 33 kWh na tonę produktu

2.2.7.4.7 Piece z obrotowym paleniskiem

Ten rodzaj pieca, obecnie prawie zapomniany, zaprojektowano do produkcji granulek wapna. Składa się on z pierścieniowego, ruchomego paleniska przenoszącego dozowany wapień. Wapień jest kalcynowany przy użyciu wielu palników podczas obrotu na pierścieniowym palenisku. Powietrze spalania jest podgrzewane przez nadmiar ciepła w gazach odlotowych i/lub przez użycie go do schłodzenia wapna palonego.

Z uwagi na mniejsze ścieranie w porównaniu z piecami obrotowymi i szybowymi, piece z obrotowym paleniskiem produkują wapno o wysokim udziale granulatu.

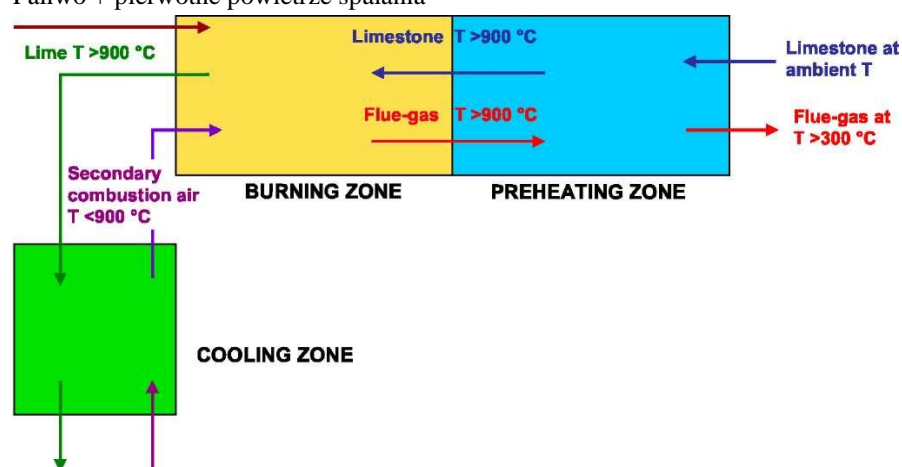
2.2.7.5 Długi piec obrotowy (LRK)

W 2008 r. w przemyśle wapienniczym używano ok. 29 długich pieców obrotowych w UE, zlokalizowanych w większości na północy Europy. Długi piec obrotowy składa się z obrotowego walczaka (o długości do 150 m i średnicy ok. 2-4,5 m) pochylonego pod kątem od 1 do 4 stopni od poziomu. Wapień dozowany jest do górnego końca, zaś paliwo razem z powietrzem – do dolnego. Wapno palone przechodzi z pieca do chłodnika wapna, gdzie jest wykorzystane do podgrzewania powietrza spalania. Stosuje się różne konstrukcje chłodników, włączając „planetarne”, zamontowane wokół płaszcza pieca, ruszty wędrownie i różne typy chłodników szybowych przeciwwądowych.

Na rysunku 2.30 przedstawiono schemat pracy długiego pieca obrotowego i typowy dla niego przeciwwądowy proces produkcji wapna; przykład takiego pieca przedstawiono na rysunku 2.31. W tabeli 2.21 zawarto główną charakterystykę techniczną.

DŁUGI PIEC OBROTOWY (LRK)

Paliwo + pierwotne powietrze spalania



Wapno $T > 900^{\circ}\text{C}$ Wapień $T > 900^{\circ}\text{C}$ Wapień w temp. otoczenia

Gazy odlotowe $T > 900^{\circ}\text{C}$ Gazy odlotowe w $T > 300^{\circ}\text{C}$

Wtórne powietrze spalania $T < 900^{\circ}\text{C}$

STREFA SPALANIA STREFA WSTĘPNEGO PODGRZEWANIA

STREFA CHŁODZENIA

Temp. wapna $< 100^{\circ}\text{C}$ Powietrze w temp. otoczenia

Rysunek 2.30: Zasady działania długiego pieca obrotowego [44, EuLA, 2006]

Długi piec obrotowy (LRK)	
Rodzaj wsadu paliwa	Palnik przy dozowaniu wapna
Wydajność (ton/dzień)	160-1500
Zużycie ciepła (MJ/tonę wapna)	6000-9200
Zużycie energii (kWh/tonę wapna)	18-25
Konstrukcja	Skośny obrotowy walczak z „mieszadłami” z powłoką ogniotrwałą poprawiającymi wymianę ciepła: do 150 m długości 2-4,5 m średnicy Zewnętrzne komory i palniki
Rodzaj podgrzewacza	Brak
Rodzaj chłodnika	planetarny wokół płaszczu pieca ruszt wędrowny lub walczak obrotowy lub chłodnik statyczny szybowy
Rozmiar wapienia (mm)	2-60
Typ paliwa	Gazowe, ciekłe lub sproszkowane stałe Paliwa odpadowe lub biomasa
Wlot powietrza spalania	Powietrze chłodzące na krańcu chłodnika i powietrze pierwotne z paliwem
Wydalenie gazów spalinowych	Na końcu przewodu, po stronie wsadu wapienia: przewód chłodzenie odpylanie wentylator
Pobieranie wapna	Na krańcu chłodnika
Ważne punkty	Jakość materiału ogniotrwałego Drobne mielenie węgla w celu zapewnienia odpowiedniego spalania i ograniczenia zużycia Stale pomiary CO i O ₂ niezbędne do prawidłowego spalania i bezpieczeństwa
Zalety	Elastyczność produkcji Bardzo szybka reakcja na zmiany parametrów Szeroki zakres wymiarów kamienia sprzyja zachowaniu złóż/zasobów naturalnych Bardzo niski poziom resztkowego CO ₂ Elastyczność reaktywności od palonego lekko do średnio, możliwość wyprodukowania dolomitu przepalonego Elastyczność paliwa Można używać słabego wapienia (wytwarzającego dużo mialu podczas kalcynacja), jeśli nie można takiego wapienia stosować w piecach szybowych
Wady	Wysokie zapotrzebowanie energetyczne (gorące gazy spalinowe i wysoka temperatura płaszczu) Tworzenie się tzw. „pierścieni”

	(popiół węglowy, siarczan wapnia, glina)
--	--

Tabela 2.21: Charakterystyka techniczna długich pieców obrotowych (LRK)
[44, EuLA, 2006]



Rysunek 2.31: Przykład długiego pieca obrotowego używanego w przemyśle wapienniczym
[44, EuLA, 2006]

Budowa palnika jest ważna dla efektywnej i niezawodnej pracy pieca. Płomień powinien być dostosowany do rodzaju paliwa.

Z powodu łatwości, z jaką regulowane są długie piece obrotowe, mogą one wytwarzać wapno o szerokim zakresie reaktywności i niższym poziomie resztkowego CO₂ niż piece szybowe. Stosunkowo słabe kamienie, takie jak złoża łupkowe lub łamliwy wapień, które nie nadają się jako wsad do pieców szybowych, mogą się sprawdzić jako odpowiednie dla pieców obrotowych.

Piece obrotowe mogą być opalane wieloma rodzajami paliw. Ponieważ wymiana ciepła w strefie kalcynacji odbywa się głównie przez promieniowanie, a emisyjność w podczzerwieni wzrasta w układzie gaz, ropa, paliwo stałe, dobór paliwa może mieć znaczny wpływ na zużycie ciepła. Straty promieniowania i konwekcji z pieca obrotowego są stosunkowo duże w porównaniu z innymi typami pieców wapienniczych, co z kolei prowadzi do dużego zużycia energii.

Zaletą pieców obrotowych jest to, że siarka z paliwa oraz w mniejszym stopniu z wapienia, może być wydalana z pieca z gazami piecowymi poprzez połączenie regulacji temperatury i zawartości CO w strefie kalcynacji. Zatem można produkować wapno o niskiej zawartości siarki z użyciem zasiarczonych paliw, jednak bez limitu dopuszczalnej zawartości SO₂ w gazach odlotowych.

W długich piecach obrotowych można stosować różne paliwa i różne rozmiary kamienia wapiennego, szczególnie drobniejsze frakcje.

2.2.7.6 Piec obrotowy z podgrzewaczem (PRK)

Piece obrotowe mogą być wyposażone w podgrzewacze i są na ogół znacznie krótsze niż zwykle piece obrotowe (np. od 40 do 90 m). Dzięki temu rozwiązaniu obniżeniu ulega zużycie ciepła z powodu mniejszych strat promieniowania i konwekcji, jak również zwiększenia odzysku ciepła z gazów odlotowych.

W roku 2008 w Europie działało 20 pieców obrotowych z podgrzewaczem.

Główne elementy pieca obrotowego z podgrzewaczem wykorzystywanego przy produkcji wapna przedstawiono na rysunku 2.32.

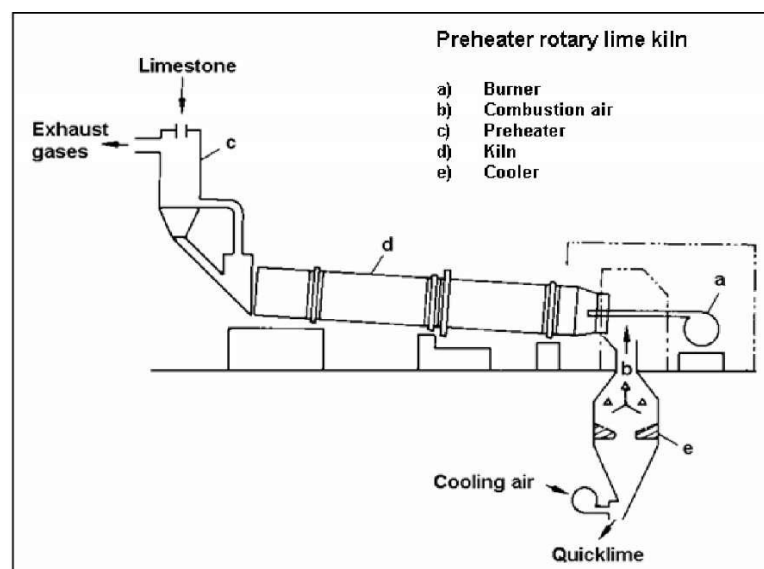


Figure 2.32: Rotary kiln with a preheater or a preheater rotary kiln (PRK)

Piec obrotowy z podgrzewaczem

Wapień Gazy odlotowe

Powietrze chłodzące

Wapno palone

- a) Palnik
- b) Powietrze spalania
- c) Podgrzewacz
- d) Piec
- e) Chłodnik

Rysunek 2.32: Piec obrotowy z podgrzewaczem (PRK)

[40, Ullmann's, 1990]

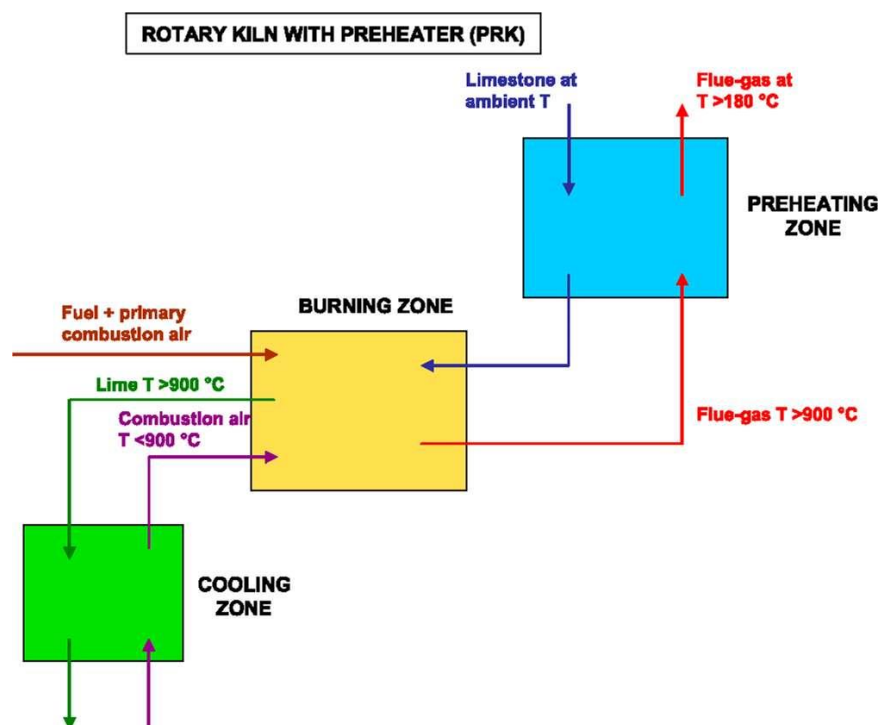
Opracowano wiele typów podgrzewaczy, obejmujących pionowe szyby i wędrowne ruszty. Podgrzewacz powinien być dobrany pod względem granulacji i właściwości kamienia wsadowego. Większość przyjmuje dolny wymiar 10 mm; niektóre przyjmują kawałki wielkości mniejszej od 6 mm, część zaś nie toleruje słabego lub łamliwego kamienia.

Ponieważ eliminacja siarki jest trudniejsza w piecach z podgrzewaczami istnieje wiele sposobów, którymi można to osiągnąć:

- prowadząc piec w warunkach redukcyjnych i dostarczając dodatkowe powietrze na wlot pieca (działa tylko przy niektórych rozwiązaniach podgrzewaczy), oraz do:
 - palnika
 - powietrza spalania
 - podgrzewacza
 - pieca
 - chłodnika
- dodając odpowiednio drobny wapień do wsadu po to, aby zaabsorbował SO_2 , a następnie albo został wyłapany w odpylaczu gazów piecowych albo odsiany od wapna wychodzącego z chłodnika.

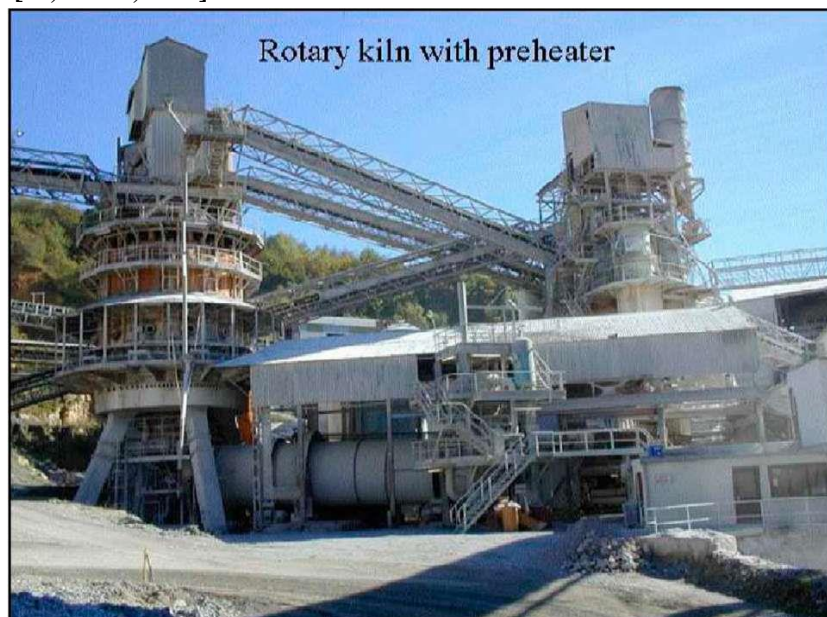
Na rysunku 2.33 przedstawiono schemat pracy pieca obrotowego z podgrzewaczem wykorzystywanego do produkcji wapna, a przykład takiego pieca przedstawiono na rysunku

2.34. W tabeli 2.22 zawarto główną charakterystykę techniczną.



Piec obrotowy z podgrzewaczem
 Wapień w temp. otoczenia Gaz odlotowy w $T > 180^{\circ}\text{C}$
 STREFA WSTĘPNEGO PODGRZEWANIA
 Paliwo + pierwotne powietrze spalania STREFA SPALANIA
 Wapno $T > 900^{\circ}\text{C}$
 Powietrze spalania $T < 900^{\circ}\text{C}$
 STREFA CHŁODZENIA
 Temp. wapna $< 100^{\circ}\text{C}$ Powietrze w temp. otoczenia

Rysunek 2.33: Zasady działania pieca obrotowego z podgrzewaczem (PRK)
 [44, EuLA, 2006]



Rysunek 2.34: Przykład pieca obrotowego z podgrzewaczem
[44, EuLA, 2006]

Piec obrotowy z podgrzewaczem (PRK)	
Rodzaj wsadu paliwa	Palnik przy dozowaniu wapna
Wydajność (ton/dzień)	100-1500
Zużycie ciepła (MJ/tonę wapna)	5100-7800
Zużycie energii (kWh/tonę wapna)	17-45
Konstrukcja	Skośny obrotowy waleczak z „mieszadłami” z powłoką ogniotrwałą poprawiającymi wymianę ciepła: maksymalnie 90 m długości 2-4,5 m średnicy
Rodzaj podgrzewacza	Szyb pionowy Ruszt ruchomy
Rodzaj chłodnika	planetarny wokół płaszczu pieca Ruszt wędrowny Waleczak obrotowy
Rozmiar kamienia wapienia (mm)	10-60
Typ paliwa	Gazowe, ciekłe lub sproszkowane stałe Paliwa odpadowe lub biomasa
Wlot powietrza spalania	Powietrze chłodzące na krańcu chłodnika
Wydalenie gazów spalinyowych	Gorące gazy przechodzące przez podgrzewacz: • przewod i chłodzenie oraz odpylanie i wentylator
Pobieranie wapna	Na krańcu chłodnika
Ważne punkty	Jakość materiału ogniotrwałego Drobne mielenie węgla w celu zapewnienia odpowiedniego spalania i ograniczenia zużycia Hermetyczność łączenia między podgrzewaczem i piecem Rozmiar wapienia: zbyt duża ilość drobinek może zatkać podgrzewacz Stale pomiary CO i O ₂ niezbędne do prawidłowego spalania i bezpieczeństwa
Zalety	Elastyczność produkcji Bardzo szybka reakcja na zmiany parametrów Szeroki zakres wymiarów kamienia sprzyja zachowaniu złóż/zasobów naturalnych Bardzo niski poziom resztkowego CO ₂ Elastyczność reaktywności od palonego lekko do średnio, możliwość wyprodukowania dolomitu przepalonego Elastyczność paliwa Można używać słabego wapienia (wytwarzającego dużo mialu podczas kalcynacji), jeśli nie można takiego wapienia stosować w piecach szybowych Mniejsze zapotrzebowanie na paliwo z uwagi na lepszą wymianę ciepła w podgrzewaczu (początek odwęglania)
Wady	Powstawanie tzw. „pierścieni” (popiół węglowy, siarczany wapnia, glina)

	Podgrzewacz jest dodatkową częścią sprzętu, która wymaga konserwacji
--	--

Tabela 2.22: Charakterystyka techniczna pieców obrotowych z podgrzewaczem (PRK) [44, EuLA, 2006]

2.2.8 Magazynowanie i transport

2.2.8.1 Magazynowanie

2.2.8.1.1 Magazynowanie wapna palonego

Wapno palone najlepiej przechowywać w suchych warunkach, bez przeciągów, by ograniczyć gaszenie powietrzem. Przykłada się wielką wagę do usunięcia wody z wapna, ponieważ hydratacja uwalnia ciepło i powoduje ekspansję, a oba te zjawiska mogą być niebezpieczne.

Pojazdy rozładowywane sprężonym powietrzem mogą wdmuchiwać ładunek prosto do zbiornika magazynowego wyposażonego w filtr usuwający pył z powietrza transportowego. Filtr powinien być odporny na warunki atmosferyczne i wilgoć. Wychwycony pył można zawrócić z powrotem do zbiornika. Zbiornik powinien posiadać próżniowo/ciśnieniowe urządzenie zabezpieczające.

Wszystkie zbiorniki magazynowe powinny posiadać całkowicie uszczelnione dna w celu umożliwienia prac konserwacyjnych mechanizmu rozładunku.

Jeżeli ilość wapna palonego jest zbyt mała, aby uzasadnić potrzebę zbiornika magazynowego, można je przechowywać na betonowym podłożu, najlepiej w wydzielonym miejscu budynku, by zapobiec nadmiernemu gaszeniu powietrzem.

2.2.8.1.2 Magazynowanie wapna hydratyzowanego

Wapno hydratyzowane absorbuje dwutlenek węgla z atmosfery, tworząc węglan wapnia i wodę. Dlatego najlepiej przechowywać je w warunkach suchych i bez przewiewu.

Wapno hydratyzowane pakowane w papierowe worki najlepiej przechowywać pod dachem, by chronić je przed pogorszeniem jakości przez wilgoć i nasycaniem dwutlenkiem węgla. Wapno pakowane w duże worki (tzw. „big bags”) również powinno być magazynowane pod dachem dla ochrony przed uszkodzeniami. Palety z workowanym hydratem można z powodzeniem przechowywać na zewnątrz; palety z workami opakowuje się termokurczliwą folią.

Wapno hydratyzowane luzem przechowuje się w silosach, które muszą być całkowicie odporne na warunki atmosferyczne. Silos jest wentylowany poprzez filtr workowy, także odporny na wpływy atmosferyczne i zdolny do przenoszenia wymaganego przepływu powietrza. Tam, gdzie filtr montuje się na górze silosu, odebrany pył zawraca do wnętrza silosu. Górna część silosu może też posiadać właz inspekcyjny i odpowietrzający zawór ciśnieniowy. Można również zainstalować wskaźnik górnego poziomu napełnienia lub alarm, by zapobiec przeładowaniu silosu. Zaleca się, aby dno silosu było nachylone pod kątem 60° do poziomu, otwór rozładowczy miał wymiar nie mniejszy niż 200 mm oraz by zainstalować zawór odcinający dla umożliwienia konserwacji urządzeń znajdujących się pod silosem.

Ponieważ wapno hydratyzowane ma tendencję do „zawieszania się” w silosie, należy zamontować odpowiednie urządzenia wspomagające, na przykład poduszki aeracyjne, wibratory lub sprzęt mechaniczny. Z drugiej strony należy zabezpieczyć silosy przed „wypływem” napowietrzonego pyłu.

2.2.8.1.3 Magazynowanie mleka wapiennego

Wielu nabywców stosujących w swoich zakładach dodatek wapna gaszonego zauważyło, że mleko wapienne jest wygodne do magazynowania i transportu. Wprowadzając pewne zabezpieczenia, mleko wapienne można traktować jak ciecz.

Przy każdym systemie magazynowania i transportu należy zwrócić uwagę na fakt, że gdy mleko wapienne rozcieńczy się wodą lub, gdy wapno hydratyzowane rozpuści się w wodzie, to każda twardość węglanowa powoduje osadzanie się węglanu wapnia. Jeśli nie podejmie się właściwych działań to pojawiają się narosty na ściankach rur i na wirnikach oraz obudowie pomp. Można przyjąć dwie metody zapobiegania temu. Można albo zaprojektować system niedopuszczający do narastania kamienia, albo zapobiegać i minimalizować tworzenie osadów.

Ważne jest, by zapobiegać osadzaniu się mleka, gdyż powstałe w ten sposób ciasto jest trudne do ponownego rozpuszczenia. Dlatego w zbiornikach magazynowych powinny być mieszadła. Intensywność mieszania może być niska, aby nie dopuścić do tworzenia wiru, mogącego zwiększyć absorpcję dwutlenku węgla z atmosfery.

Rura wylotowa ze zbiornika nieuchronnie tworzy martwy odcinek, dlatego musi zawierać króciec do zwrotnego przemywania wodą w celu usunięcia blokad.

2.2.8.2 Transport

Wiele typów urządzeń stosuje się do przenoszenia produktu i stale opracowuje się nowe rozwiązania. Poniższe urządzenia/technologie sprawdziły się w działaniu, jednak może się okazać, że nie są one odpowiednie dla wszystkich zastosowań.

Wyciąg pochyły skipowy można stosować do wszystkich rodzajów granul i brył, jednak najlepiej sprawdza się dla cząstek o rozmiarach powyżej 100 mm. *Elewatory* – zarówno kubełkowe taśmowe, jak i kubełkowo-łańcuchowe – stosuje się do wszystkich rodzajów wapna palonego. *Przenośniki zgarniakowe* są odpowiednie do wapna granulowanego i drobnego wapna. Generalnie używa się ich do przenoszenia w poziomie lub pod kątem. *Przenośniki taśmowe* szeroko stosuje się do przenoszenia kawałkowego i granulowanego materiału w poziomie i pochyleniu ku górze. *Przenośniki śrubowe* są szeroko stosowane do drobnego wapna palonego. *Wibracyjne przenośniki nieckowe* stosowano do kawałków o rozmiarach do 40 mm. Działają one lepiej, gdy są lekko nachylone w dół od punktu wlotu do rozładunku.

Transport pneumatyczny może być używany dla rozmiarów cząstek do 20 mm i często jego koszty inwestycyjne są niższe niż dla innych wariantów, lecz koszty eksploatacji są wyższe. Produkt podaje się do obrotowego, uszczelnionego podajnika połączonego z dmuchawą. Średnica rurociągu oraz ciśnienie/objętość podmuchowego powietrza jest zaprojektowana odpowiednio do rozmiaru transportowanego wapna, jego ilości i długości/trasy rurociągu. Silos odbiorczy posiada filtr powietrza i zawór odpowietrzający.

2.2.9 Inne rodzaje wapna

2.2.9.1 Produkcja wapna hydraulicznego

Naturalne wapno hydrauliczne wytwarza się z krzemionkowych lub gliniastych wapieni zawierających pewną ilość krzemionki, tlenków glinu i żelaza. Typowy skład procentowy w wapieniu to; SiO₂: 4 do 16 %, Al₂O₃: 1 do 8 %, Fe₂O₃: 0,3 do 6%. Łączna zawartość węglanów wapnia i magnezu waha się od 78% do 92%.

Wapno jest kalcynowane zwykle w piecach szybowych pod ścisłą kontrolą, by zapewnić jak największy stopień reakcji krzemionki i tlenku glinu bez spiekania wolnego wapna. Typowa temperatura kalcynacji to 950-1250°C: wymagana temperatura wzrasta ze wzrostem wskaźnika cementacji (tj. od słabego do mocno hydraulicznego wapna).

Skalcynowane wapno jest hydratyzowane taką ilością wody, aby wolne CaO przeszło w Ca(OH)₂. Jeżeli zawartość wolnego CaO jest większa niż 10% do 15 %, mocno spieczone bryły rozpadają się na pył. W innych przypadkach wapno musi być zmielone przed hydratyzacją. Może być także konieczny przemiał hydratyzowanego produktu, aby uzyskać wymagany stopień rozdrobnienia i prędkość wiązania.

„Specjalne”, naturalne wapno hydrauliczne powstaje przez dokładne zmieszanie naturalnego wapna hydraulicznego ze sproszkowanymi pyłami pucolanowymi lub hydraulicznymi. Sztuczne wapno hydrauliczne wytwarza się mieszając dokładnie zmielone wapno hydratyzowane ze sproszkowanym materiałem pucolanowym lub hydraulicznym.

2.2.9.2 Produkcja skalcynowanego dolomitu

Dolomit kalcynuje się w piecach szybowych i obrotowych. Produkuje się trzy gatunki skalcynowanego dolomitu – lekko palony, przepalony i średnio palony.

Lekko palony dolomit jest głównie produkowany w piecach obrotowych i szybowych. Zasady wytwarzania lekko palonego dolomitu są podobne jak w przypadku wapna palonego o wysokiej zawartości wapienia. Mniejsze jest zużycie ciepła dzięki niższemu ciepłu kalcynacji i niższej temperaturze dysocjacji dolomitu (MgCO₃).

Przepalony dolomit produkuje się w dwóch gatunkach. Gatunek o wysokiej czystości, używany w produkcji materiałów ogniotrwałych, wytwarza się poprzez kalcynację dolomitu w temperaturze do 1800°C, w piecach obrotowych lub szybowych. „Gorszy” gatunek uzyskuje się kalcynując dolomit z domieszką 5 do 10% tlenku żelaza w temperaturze 1400 do 1600°C, zwykle w piecu obrotowym. Gazy odlotowe obydwu procesów mają wyższą temperaturę niż gazy odlotowe w innych piecach wapienniczych; są one najczęściej chłodzone do temperatury poniżej 420°C w wymiennikach ciepła, powietrzem lub rozpyloną wodą.

Średnio palony dolomit (CaCO₃•MgO) produkuje się drogą powolnej kalcynacji dolomitu w temperaturze ok. 650°C. Wytwarza się go w niewielkich ilościach, a jedynym krajem produkującym go w Europie są Niemcy.

2.2.10 Uwagi ogólne dotyczące pieców wapienniczych wykorzystywanych do produkcji na potrzeby własne

W wielu gałęziach przemysłu, jak np. w przemyśle hutniczym, cukrowniczym czy papierniczym, jak również w branży chemicznej, wapno jest niezbędne, dlatego też niektóre z tych sektorów mają swoje własne, specjalistyczne piece do produkcji wapna.

2.2.10.1 Piece wapiennicze w hutnictwie żelaza i stali

Większość wapna w hutnictwie żelaza i stali stosuje się do wytapiania zanieczyszczeń w zwykłym piecu tlenowym. Niewielkiej ilości wapna używa się także w procesie spiekania przy przygotowywaniu rudy żelaza, w odsiarczaniu surówki, jako topnika w innych tlenowych procesach produkcji stali, w procesie produkcji stali w łuku elektrycznym i wielu wtórnych procesach wytwarzania stali.

Piece wapiennicze w hutnictwie żelaza i stali to zwykle piece szybowe różnych typów i o różnej wydajności. Nie różnią się w one pod względem zużycia/emisji od komercyjnych pieców wapienniczych.

Przydatne informacje dotyczące przemysłu hutniczego można znaleźć w Dokumencie Referencyjnym dla najlepszych dostępnych technik w produkcji żelaza i stali [87, Komisja Europejska, 2001].

2.2.10.2 Piece wapiennicze w przemyśle papierniczym

W europejskim przemyśle papierniczym w roku 2001 pracowało około 100 pieców wapienniczych. Wszystkie są piecami obrotowymi o wydajności ok. 30 do 400 ton wapna palonego dziennie. Większość pieców to długie piece obrotowe, jednak istnieje także kilka nowoczesnych pieców z podgrzewaczami.

Długie obrotowe piece wapiennicze są zasilane szlamem węglanu wapnia o zawartości wody od 30%. Podstawowym paliwem jest przeważnie gaz ziemny lub ropa. Poza tym zazwyczaj spala się nieskondensowane gazy z procesu produkcji masy celulozowej, powodując wzrost zawartości H₂S, organicznych związków siarki i SO₂ w gazach kominowych. W niektórych przypadkach jako paliwa używa się także trocin i gazów uzyskanych z gazyfikacji biomasy.

Do oczyszczania gazów odlotowych instaluje się płuczki mokre typu Venturi i elektrofiltry (dla szczególnych substancji).

Przydatne informacje dotyczące przemysłu celulozowo-papierniczego można znaleźć w Dokumencie Referencyjnym dla najlepszych dostępnych technik w przemyśle celulozowo-papierniczym [124, Komisja Europejska, 2001].

2.2.10.3 Piece wapiennicze w przemyśle cukrowniczym

Większość pieców wapienniczych w europejskim przemyśle cukrowniczym to piece szybowe z mieszanym wsadem. Podczas kampanii cukrowniczej, która w sezonie 1997/1998 trwała od 63

do 170 dni, średnio 86 dni, większość pieców wytwarzała od 50 do 350 ton wapna palonego dziennie.

W przemyśle cukrowniczym używa się zarówno wapna palonego jak i CO₂ zawartego w gazach odlotowych. Gaz wytwarzany w piecu zatrzymuje się i odpyła w płuczce mokrej przed zastosowaniem w procesie cukrowniczym (saturacja). Większość CO₂ miesza się z mlekiem wapiennym tworząc CaCO₃.

Najczęściej spotykanym paliwem w przemyśle cukrowniczym jest koks. Wynika to stąd, że wytworzony gaz zawiera więcej CO₂ (40-42 % CO₂ objętościowo), niż ten z pieców opalanych ropą lub gazem (28-32% CO₂ objętościowo).

Poziom zużycia (wapienia i paliwa) dla pieców wapienniczych w przemyśle cukrowniczym jest podobny jak dla tych samych typów pieców w innych gałęziach przemysłu.

Przydatne informacje dotyczące przemysłu cukrowniczego można znaleźć w Dokumentie Referencyjnym dla najlepszych dostępnych technik w przemyśle spożywczym, produkcji napojów i mleczarskim (FDM). Jednak informacje dotyczące rodzaju i ilości produkowanego wapna, jak również stosowanych pieców i paliw nie zostały jeszcze uwzględnione we wspomnianym dokumencie [125, Komisja Europejska, 2006].

2.3 Obecne poziomy zużycia i emisji

Najważniejszymi problemami ochrony środowiska związanymi z produkcją wapna są zanieczyszczenie powietrza i zużycie energii. Głównym źródłem emisji i podstawowym konsumentem energii jest proces wypalania wapna. Wtórne procesy gaszenia i mielenia wapna także mogą mieć znaczenie, podczas gdy dodatkowe procesy (kruszenie, przesiewanie, transport, składowanie i rozładunek) wiążą się ze stosunkowo niskimi poziomami emisji i zużycia energii.

Należy podkreślić, że – o ile w niniejszym dokumencie nie zamieszczono innej definicji - dla rozdziałów dotyczących przemysłu wapienniczego, standardowe warunki pomiaru natężenia przepływu i stężenia gazów odlotowych wiąże się z poniższymi definicjami, które zamieszczono również w glosariuszu:

m ³ /h	przepływ objętościowy: o ile niniejszy dokument nie stanowi inaczej, natężenie przepływu odnosi się do 11 % objętości tlenu i stanu standardowego
mg/m ³	le niniejszy dokumentnie stanowi inaczej, stężenie substancji gazowych lub mieszanek substancji odnosi się do suchego gazu odlotowego o natężeniu 11 % objętości tlenu i stanu standardowego
owy	odnosi się do temperatury 273 K, ciśnienia 1013 hPa i suchego gazu

Ponadto, należy zaznaczyć, że wahania emisji odnoszą się do poziomu referencyjnego tlenu 11%, mimo iż rzeczywisty poziom tlenu w procesie spalania jest znacznie niższy niż 11%. Wzór na obliczenie stężenia emisji przedstawiono poniżej:

$$E_R = 21 - O_R / 21 - O_M * E_M$$

E_R (mg/Nm³): stężenie emisji związane z referencyjnym poziomem tlenu O_R

O_R (obj. %): referencyjny poziom tlenu

E_M (mg/Nm³): stężenie emisji związane ze zmierzonym poziomem tlenu O_M

O_M (obj. %): zmierzony poziom tlenu

Dodatkowe informacje dotyczące monitoringu można znaleźć w Dokumentie Referencyjnym dla ogólnych zasad monitoringu (MON) [151, Komisja Europejska, 2003].

2.3.1 Zużycie wapienia

Produkcja wapna na ogół zużywa od 1,4 do 2,2 ton wapienia na tonę handlowego wapna gaszonego. Zużycie zależy od rodzaju produktu, czystości wapienia, stopnia kalcynacji oraz ilości pyłu unoszonego z pieca i gazów odlotowych.

2.3.2 Zużycie energii

2.3.2.1 Kalcynacja wapienia

Zużycie energii dla danego rodzaju pieca zależy również od kilku czynników, takich jak jakość wykorzystywanego kamienia, stopień przemiany węgla wapnia w tlenek wapnia, wielkość kamienia, wilgotność, paliwo, model pieca, kontrola procesu, hermetyczność.

Ciepło dysocjacji kamienia wapiennego wynosi 3,2 GJ/tonę dla wapna (ok. 9% mniej dla dolomitu kalcynowanego). Zużycie ciepła netto na tonę wapna palonego znacznie się różni w zależności od rodzaju pieca. Piece obrotowe na ogół wymagają więcej ciepła niż piece szybowe. Zużycie ciepła rośnie wraz ze wzrostem stopnia wypalenia (zob. rozdział 2.2.6.1).

Zużycie energii elektrycznej waha się od 5-15 kWh/tonę wapna dla pieców szybowych z mieszanym wsadem do 20-40 kWh/tonę dla bardziej zaawansowanych konstrukcji pieców szybowych i dla pieców obrotowych.

Typowe zużycia ciepła i energii elektrycznej dla różnych rodzajów pieców wapienniczych przedstawiono w tabeli 2.23. Zużycie ciepła stanowi ok. 95% całkowitego zużycia energii do produkcji wapna.

Rodzaj pieca	Rodzaj energii użytej do produkcji wapna i dolomitu kalcynowanego	
	Użycie/zużycie ciepła ¹⁾ GJ/tonę	Użycie energii pieca kWh/tonę
Długi piec obrotowy (LRK)	6,0-9,2	18-25
Piec obrotowy z podgrzewaczem (PRK)	5,1-7,8	17-45
Współprądowy piec regeneracyjny (PFRK)	3,2-4,2	20-40
Piec szybowy pierścieniowy (ASK)	3,3-4,9	18 – 35 ²⁾ Do 50 ³⁾
Piec szybowy na wsad mieszany (MFSK)	3,4-4,7	5-15
Inne piece (OK)	3,5-7,0	20-40

¹⁾ Użycie/zużycie ciepła stanowi ok. 80% całkowitego zużycia energii do produkcji wapna
²⁾ Dla wielkości kamienia wapiennego między 40 a 150 mm

³⁾ Dla wielkości kamienia wapiennego < 40 mm

Tabela 2.23: Typowe zużycie ciepła i energii w różnych typach pieców w krajach UE-27 przy produkcji wapna i dolomitu kalcynowanego
[46, Niemcy, 2006], [54, EuLA, 2006], [64, Czechy, 2006], [168, TWG CLM, 2007]

Na wartości zużycia energii podane w tabeli 2.23 mogą wpływać następujące parametry:

- wielkość kamienia
 - do 5%
- wilgotność wapienia
 - 1 – 10%
- paliwo (suche, efektywność, itp.)
 - do 5%
- poziom resztkowego CO₂:
 - 0,5 – 5%
- dolomit kalcynowany:
 - do 9%/wapno
- wapno przepalone:
 - ok. 10 %.

Zawartość resztkowego CO₂ w produktach również może wpłynąć na zużycie energii. Zużycie energii wzrasta wraz z twardością produktów. Zawartość resztkowego CO₂ determinuje wykorzystanie wapna; wapno o zawartości CO₂ na poziomie 5% jest wykorzystywane w przemyśle stalowym, wapno o zawartości CO₂ na poziomie 1,5% jest wykorzystywane do odsiarczania gazów odlotowych.

W szczególnym przypadku przepalonego dolomitu kalcynowanego, zużycie energii waha się między 6,5 a 13 GJ/tonę, w zależności od rodzaju pieca [54, EuLA, 2006].

Aby ograniczyć wysokie zużycie energii paliwowej, w różnych rodzajach pieców wapienniczych wdrożono różne środki/techniki, takie jak

- optymalizacja i kontrola procesu;
- zmniejszenie nadmiaru powietrza.

2.3.2.2 Hydratyzacja wapna

Proces hydratyzacji jest egzotermiczny, zatem nadmiar wody jest dodawany w celu kontrolowania temperatury w hydratorach. Niewielki nadmiar wody przekształca się w parę, którą odprowadza się do atmosfery razem z niewielką ilością powietrza wprowadzonego do hydratora, by zapobiec wnikaniu wilgoci i pyłu do urządzeń dozujących wapno palone oraz wspomagać proces odparowania nadmiaru wody.

Hydratory, separatory powietrzne oraz urządzenia transportujące mają zapotrzebowanie na energię średnio 5 do 30 kWh/tonę wapna palonego.

2.3.2.3 Przemiał wapna

Zużycie energii przy mieleniu wapna waha się od 4-10 kWh/tonę wapna palonego dla grubszych klas (np. używanych do stabilizacji gleby) do 10-40 kWh/tonę dla drobnych klas wapna palonego. Ilość wymaganej energii zależy także od stosowanych urządzeń. Młynów udarowych do drobnego przemiału można także używać do grubszych produktów. Młyny kulowe, rolowo-misowe i wysokociśnieniowe prasy rolowe plus dezaglomeratory (o coraz niższym zużyciu energii) używane są przy wytwarzaniu drobniejszych produktów.

2.3.3 Emisje do atmosfery

W czasie produkcji wapna powstają emisje do atmosfery oraz emisje hałasu. Ponadto, występują emisje do wody, odpady technologiczne oraz w nielicznych przypadkach – specyficzna woń. W niniejszym rozdziale, zakresy emisji zanieczyszczeń atmosferycznych zostały przedstawione dla procesu produkcji wapna, a także dla innych etapów procesu, takich jak magazynowanie i transport surowców, paliw czy produktów.

Istotne poziomy emisji do atmosfery w produkcji wapna wynikają z procesu kalcynacji. Do najważniejszych emisji do atmosfery z kalcynacji wapienia należą:

- tlenki węgla (CO, CO₂)
- tlenki azotu (NO_x)
- dwutlenek siarki (SO₂)
- pył (cząstki stałe).

Na rodzaj i stężenie emisji wpływają takie czynniki jak:

- rodzaj i model pieca
- warunki operacyjne lub warunki procesu
- chemiczność i jakość surowca wapiennego
- wykorzystane paliwa
- techniki ograniczające emisje.

W procesie produkcji mogą pojawiać się inne emisje do atmosfery, takie jak:

- chlorek wodoru (HCl)
- fluorek wodoru (HF)
- związki organiczne
- metale ciężkie
- polichlorowane dibenzodioksyny i dibenzofurany (PCDD/F)
- siarkowodór (H₂S).

Rodzaj i model pieca

Wyboru rodzaju pieca dokonuje się dostosowując go, między innymi, do wielkości i rodzaju dostępnego wapienia i możliwości spełnienia określonych wymogów jakościowych.

Modele pieców mogą posiadać różne cechy, jak np.:

- możliwość używania w nich określonych rodzajów wapienia (właściwości chemiczne i zakres wielkości kamieni)
- rodzaje używanych paliw i metody wtrysku paliwa do pieca
- współczynnik powietrza do paliwa

- profile temperatur operacyjnych
- rozprawianie ciepła w piecach.

Innym ważnym czynnikiem związanym z rodzajem pieca jest oddziaływanie gaz-ciało stałe, które zależy od profilu temperatur w danym piecu. Umożliwia on reakcję pewnych komponentów gazów (najczęściej SO₂ i HCl) z wapnem palonym lub wapieniem. Komponenty te są usuwane z gazu, łączone z produktem i opuszczają piec jako komponent produktu.

Warunki procesu

Parametry procesu są wybierane w taki sposób, aby zminimalizować zużycie paliw i zapobiec otrzymaniu niespalonego wapienia. Precyzyjnie dobrane parametry procesu mają znaczenie przy spełnianiu wymogów jakościowych względem produktu i mają wpływ na emisje.

Właściwości chemiczne wapienia

Na emisje może wpływać stężenie zanieczyszczeń i zachowanie kamienia podczas kalcynacji. Zróżnicowana zawartość siarki i chloru w wapieniu/dolomicie odgrywa ważną rolę i ma wpływ na zakres emisji SO₂ i HCl w gazach odlotowych. Zależy to od rodzaju pieca i warunków procesu wymaganych przy wytwarzaniu produktów określonej jakości.

Typ paliwa

Na emisje do atmosfery wpływ ma naturalny skład paliw stałych, ciekłych i gazowych, wartość opałowa i cechy spalania używanych paliw, jak również zawartość różnych komponentów, takich jak siarka czy chlor.

Przykład systemu dozowania paliwa stosowanego w piecach szybowych przedstawiono na rysunku 2.10 w rozdziale 2.2.4.

Sprzęt obniżający emisje gazów

Piece wapiennicze są na ogół wyposażone w technologie obniżające emisje do atmosfery, np. pyłów. Rodzaj zastosowanej technologii obniżającej zależy m.in. od rodzaju pieca i używanego paliwa. Emisje pyłów nie pojawiają się wyłącznie podczas procesu kalcynacji, ale również na innych etapach procesu produkcji wapna, takich jak przesiewanie, kruszenie, mielenie, hydratacja i pakowanie.

W 2006 r. europejscy producenci wapna opublikowali aktualne zakresy emisji do atmosfery. W tabeli 2.24 przedstawiono typowe emisje dla europejskich pieców wapienniczych.

Substancja zanieczyszczająca	Stężenie		Współczynnik/tonę wapna	
	Min mg/Nm ³	Maks mg/Nm ³	Min kg/tonę wapna	Maks kg/tonę wapna
Cząstki stałe				
Pył	1 ²⁾ <10	>250	0,003-0,006	>1,3
Gazy				
NO _x	<50-<100	>2500	<0,15	>12,5
SO ₂	<50	>2000	0	>10,0

CO ₂			987	1975
CO	100	>2500	<0,3	>12,5
HCl	0,022) -10	>250	0,00006	>1,3
Dioksyny (średnio)	0,0155 ng I-TEQ/Nm ³	0,0638 ng I-TEQ/Nm ³	4,7* 10 ⁻⁸	3,2 *10 ⁻⁷
Metale ciężkie (w postaci gazowej i cząsteczkowej)¹⁾				
Arszenik	<0,01	<0,10	<5*10 ⁻⁵	<5*10 ⁻⁴
Kadm	<0,01	<0,10	<5*10 ⁻⁵	<5*10 ⁻⁴
Miedź	<0,01	<0,10	<5*10 ⁻⁵	<5*10 ⁻⁴
Mangan	<0,01	<0,10	<5*10 ⁻⁵	<5*10 ⁻⁴
Rtęć	<0,01	<0,10	<5*10 ⁻⁵	<5*10 ⁻⁴
Cyna	<0,01	<0,10	<5*10 ⁻⁵	<5*10 ⁻⁴
Tellur	<0,01	<0,10	<5*10 ⁻⁵	<5*10 ⁻⁴
Tal	<0,01	<0,10	<5*10 ⁻⁵	<5*10 ⁻⁴
Wanad	<0,01	>0,10	<5*10 ⁻⁵	<5*10 ⁻⁴
Chrom	<0,01	>0,10	<5*10 ⁻⁵	<5*10 ⁻⁴
Antymon	<0,01	<0,04	<5*10 ⁻⁵	<2*10 ⁻⁴
Selen	<0,01	<0,06	<5*10 ⁻⁵	<3*10 ⁻⁴
Kobalt	<0,01	<0,06	<5*10 ⁻⁵	<3*10 ⁻⁴
Ołów	<0,10	>1,00	<5*10 ⁻⁴	<5*10 ⁻³
Cynk	<0,10	>1,00	<5*10 ⁻⁴	<5*10 ⁻³
<p>Stężenia emisji są średnie i wskazują wartości uzyskane na podstawie różnych technik pomiaru.</p> <p>W oparciu o następujące typowe objętości suchych gazów odlotowych, normalne warunki stanu standardowego tj. ciśnienie 1013 hPa i temperatura 273,15 K, znormalizowane dla zawartości O₂ rzędu 11%:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3000 Nm³/tonę wapna dla standardowych pieców szybowych, pieców szybowych pierścieniowych i współprądowych pieców regeneracyjnych (min) • 3700 Nm³/tonę wapna dla pieców obrotowych z podgrzewaczem • 5000 Nm³/tonę wapna dla długich pieców obrotowych (maks) <p>¹⁾ Dolny zakres odpowiada poziomowi wykrywalności metali ²⁾ Pomiar punktowy</p>				

Tabela 2.24: Przykłady typowych emisji z pieców wapienniczych w Europie [54, EuLA, 2006], [168, TWG CLM, 2007]

2.3.3.1 Pył (cząstki stałe)

2.3.3.1.1 Skanalizowana emisja pyłów

Kalcynacja wapienia

Pył (ang. particulate matter/PM – cząstki stałe) powstaje z drobno zmielonych cząstek wsadu wapiennego, z termicznej i mechanicznej dekrepitacji (degradacji wapna i wapienia) wewnątrz pieca oraz, w mniejszym stopniu, z popiołu paliwowego. Poziom pyłu na wlocie urządzeń

odpylających jest zróżnicowany i zależy między innymi od typu pieca, wydajności i użytego surowca.

Z powodu dużego zróżnicowania cech gazów odlotowych stosuje się różne urządzenia odpylające, m.in. cyklony, płuczki mokre, filtry tkaninowe, elektrofiltry i filtry nasypowe. Przeciężny cyklon usuwa ok. 90% pyłu z pieców wapienniczych.

Po oczyszczeniu, typowy zakres emisji wynosi od 10 do 250 mg/Nm³, przy czym 20 do 100 mg/Nm³ uzyskano przy użyciu płuczek mokrych. Rysunek 2.35 przedstawia wyniki pomiaru punktowego i pokazuje, że 70% badań pieców wapienniczych wykorzystujących elektrofiltry i filtry tkaninowe wykazuje emisje pyłu poniżej 20 mg/Nm³ (z czego 60% to mniej niż 10 mg/Nm³) oraz że podobną wartość uzyskuje jedynie 6% badań pieców wapienniczych wykorzystujących płuczki mokre. Ponadto, odnotowano również emisje punktowe pyłu powstałe w procesie spalania w zakresie 1,4 do 2 mg/Nm³ [16, EuLA, 2001], [45, Schorcht, 2006], [46, Niemcy, 2006], [66, Austria, 2006], [68, EuLA, 2006], [71, Węgry, 2006].

Rozkład emisji pyłu (mg/Nm³) z różnych pieców wapienniczych wyposażonych w różne systemy odpylające

/brak wykresu – nie można go skopiować, gdyż oryginał jest zabezpieczony/

Filtry tkaninowe (EuLA – 581 testów)
Elektrofiltry (EuLA – 151 testów)
Płuczka mokra (EuLA – 62 testy)

Rysunek 2.35: Emisje pyłu dla różnych rodzajów pieców wapienniczych wykorzystujących różne technologie obniżające emisje w krajach UE (pomiar punktowy jako wartości pomiaru półgodzinny)
[129, EuLA, 2006]

Wszystkie piece szybowe w Niemczech są wyposażone w filtry tkaninowe. Po oczyszczeniu gazów odlotowych w filtrach tkaninowych, typowy zakres emisji pyłu waha się od <10 do <20 mg/Nm³ (pomiar punktowy, stan standardowy, 10% O₂ przy użyciu odpadów). Filtry tkaninowe osiągające takie poziomy cechują się obciążeniem powierzchni filtracyjnej rzędu <1 do 1,2 m³/m²*min. Piece obrotowe są wyposażone w elektrofiltry. Typowy zakres emisji jest mniejszy niż 20 mg/m³. Pył oddzielony w filtrach tkaninowych lub elektrofiltrach jest najczęściej używany jako produkt. W Niemczech badano emisje pyłu w czystym gazie po zastosowaniu płuczek mokrych i filtrów nasypowych, a typowy zakres tych emisji wyniósł od 30 do 60 mg/Nm³, mierzony jako wartości średnich pomiarów dziennych w standardowych warunkach. Niemniej jednak, w celu uzyskania emisji pyłu na poziomie niższym niż 20 mg/Nm³, płuczki mokre i filtry zastąpiono filtrami tkaninowymi. Pomiar pokazuje, że wartości emisji pyłu nie zależą od rodzaju używanego paliwa, tj. kopalnego czy odpadowego. W przypadku stosowania paliw odpadowych, np. w piecach szybowych, emisje pyłów wahają się od <5 do <10 mg/Nm³ jako wartości średniodobowe [46, Niemcy, 2006].

Hydratacja wapna

Ilość gazów odlotowych z instalacji hydratacji jest raczej niewielka; osiąga poziom około 800 m³/tonę hydratyzowanego wapna, jednak gazy mogą zawierać nawet 2 g/m³ pyłu przed oczyszczeniem. Zatem poziom powstającego pyłu może osiągnąć 1,6 kg/tonę hydratyzowanego wapna. Do odpylania gazów odlotowych stosuje się zarówno płuczki mokre, jak i filtry tkaninowe. Zawartość wilgoci w emisjach może mieć wpływ na poziom emisji. Dlatego też, w

instalacjach hydratacji często stosowane są mokre płuczki. Dzięki zastosowaniu mokrych płuczek nowej generacji, poziomy emisji po oczyszczeniu wahają się od 10 do 30 mg/Nm³, co odpowiada ok. 0,008 do 0,024 kg/tonę wapna hydratyzowanego. W 2007 r. w Wielkiej Brytanii, trzy największe płuczki mokre osiągnęły wyniki 11 mg/Nm³, 17 mg/Nm³ i 18 mg/Nm³. Jednak odnotowano również emisje pyłu do 60 mg/Nm³ (w mokrych warunkach) [168, TWG CLM, 2007], [177, EULA, 2008].

Przemiał wapna

Powietrze przechodzi przez wszystkie urządzenia przemiałowe w celu usunięcia mielonego wapna o wymaganym uziarnieniu. Produkt jest oddzielany od powietrza w filtrach workowych, często poprzedzanych cyklonami. Zatem odpylanie jest integralną częścią procesu. Po oczyszczeniu, poziomy emisji wahają się od <10 do 50 mg/Nm³. W Niemczech wartości emisji z procesu przemiału wapna osiągają na ogół wartość poniżej 20 mg/Nm³.

Procesy/działania powiązane i pomocnicze

Niemal wszystkie procesy powiązane i pomocnicze w zakładzie wapienniczym, takie jak kruszenie, przesiewanie, transport, gaszenie, składowanie i rozładunek, mogą powodować emisje pyłu. Kontrola emisji pyłu odbywa się przez stosowanie obudów. Powietrze to przechodzi i jest oddzielane przez filtry tkaninowe m.in. dla następujących procesów:

- pierwotne/wtórne kruszenie
- magazynowanie wapienia
- urządzenia rozdrabniające do wapna palonego
- urządzenia przesiewające
- silosy magazynujące wapno palone
- magazynowanie paliw stałych (np. sproszkowanego węgla brunatnego)
- transport wapna palonego.

Wychwycony pył zazwyczaj ponownie trafia do produktu. W urządzeniach rozdrabniających i przy transporcie wapna palonego stosowana jest metoda odsysania. Wartości emisji pyłu z tych źródeł wahają się w przedziale mniej niż 10 do 20 mg/m³, co jest bezpiecznym poziomem.

2.3.3.1.2 Niezorganizowana emisja pyłów

Niezorganizowana emisja pyłów pojawia się głównie z magazynowania i transportu surowców, paliw i wapna oraz z pojazdów przewożących te materiały do zakładów produkcyjnych. Aby zminimalizować możliwe źródła rozprzestrzeniania się pyłu zaleca się zastosowanie prostego i liniowego rozkładu w zakładzie.

Rozprzestrzenianie się pyłu np. ze składowisk surowców i paliw stałych może powodować problemy, które można ograniczyć stosując następujące środki/techniki:

- odpowiednie nawilżenie składowisk, punktów załadunku i rozładunku;
- używanie taśm transportujących o regulowanej wysokości.

Jeśli istnieje prawdopodobieństwo emisji pyłów z materiałów pylastych, przenośniki i elewatory są budowane jako systemy zamknięte. Drogi na terenie zakładu, po których jeżdżą samochody ciężarowe, są wybetonowane i regularnie czyszczone, aby zapobiec niezorganizowanym emisjom pyłów. Ponadto, instalacje w zakładzie są spryskiwane wodą. W miarę możliwości wykorzystywane są zamknięte systemy magazynowania. Aby zmniejszyć niezorganizowane

emisje pyłów podczas dozowania wypalonego wapna, można użyć wlewów elastycznych wyposażonych w system ekstrakcji pyłu. Wlewy elastyczne są wyposażone w urządzenia odprowadzające, co zapewnia dozowanie materiałów bez pyłu. Są one umieszczone przy podłożu załadunku w samochodzie, skąd materiał przechodzi do góry, aż do osiągnięcia zaprogramowanego poziomu zapełnienia. Po przejechaniu ciężarówki 30 cm w przód, elastyczne wlewy zostają ustawione na pozycji wyjściowej i załadunek rozpoczyna się od nowa [46, Niemcy, 2006], [66, Austria, 2006].

2.3.3.2 Tlenki azotu

NO i NO₂ są głównymi tlenkami azotu (NO_x) wykrywanymi w gazach odlotowych pochodzących z produkcji wapna w piecach obrotowych, mimo że mogą one być również emitowane z paliwa w procesie spalania. Wyróżniamy dwa główne źródła powstawania NO_x:

- termiczne NO_x powstają głównie w wysokich temperaturach w reakcji azotu z tlenem podczas spalania (termiczne NO_x); proces ten w znacznym stopniu zależy od temperatury i zastosowanych paliw
- paliwowe NO_x powstają w wyniku reakcji między związkami azotu występującymi w paliwie z tlenem z powietrza spalanego.

Termiczne NO_x powstają w temperaturach powyżej 1000°C, czyli w strefie spalania pieca, gdzie temperatury są odpowiednio wysokie. Ilość emitowanych termicznych NO_x wzrasta wraz ze wzrostem temperatur i rosnącą zawartością tlenu w strefie spalania. W związku z tym, że piece wytwarzające wapno przepalone o niskiej reaktywności muszą pracować przy wyższych temperaturach w strefie spalania, często emitują one więcej termicznych NO_x niż piece wytwarzające wapno lekko palone o wysokiej reaktywności. Ze względu na zależność od temperatur, emisje NO_x w pionowych piecach szybowych są zazwyczaj niższe niż w piecach obrotowych, co przedstawiono na rysunku 2.36.

Paliwowe NO_x powstają poprzez utlenienie związków azotu występujących w paliwie. W zależności od warunków spalania, azot paliwowy albo łączy się z atomami azotu i tworzy N₂ albo wchodzi w reakcję z tlenem i tworzy NO_x. W strefach spalania w piecach obrotowych temperatury są zazwyczaj na tyle wysokie, że następuje utlenienie azotu paliwowego do postaci paliwowego NO_x.

Rozkład emisji NO_x (mg/Nm³ przy 11% O₂) z pieców wapienniczych

/brak wykresu – nie można go skopiować, gdyż oryginał jest zabezpieczony/

Współprądowy piec regeneracyjny (PFRK) (EuLA - 312 testów)

Piec szybowy pierścieniowy (ASK) (EuLA -166 testów)

Piec szybowy na wsad mieszany (MFSK) (EuLA - 54 testy)

Inne piece szybowe (OSK) (EuLA -18 testów)

Długi piec obrotowy (LRK) (EuLA - 93 testy)

Piec obrotowy z podgrzewaczem (PRK) (EuLA -113 testów)

Rysunek 2.36: Emisje NO_x dla różnych rodzajów pieców wapienniczych w krajach UE (pomiar punktowy jako wartości pomiaru półgodzinnego)
[129, EuLA, 2006]

Jak przedstawiono na rysunku 2.36, emisje NO_x z pieców obrotowych wahają się od 300 do 2000 mg/Nm³ w zależności od rodzaju pieca, użytego paliwa i rodzaju produkowanego wapna. Pomiar punktowy pokazuje, że w przeprowadzonych testach 68% emisji NO_x z pieców

obrotowych plasowało się poniżej 500 mg/Nm³. Emisje NO_x z pieców szybowych wahały się od <100 do 500 mg/Nm³ w zależności od rodzaju pieca i rodzaju produkowanego wapna. Pomiary punktowe pokazują, że w przeprowadzonych testach 60% emisji NO_x z pieców szybowych plasuje się poniżej 100 mg/Nm³. Ponadto, ok. 80% pieców PFRK, MFSK i OSK oraz ok. 50% pieców ASK osiąga wartości emisji NO_x rzędu <100 mg/Nm³ przy półgodzinnym pomiarze wartości.

Piece obrotowe (długi piec obrotowy (LRK) lub piec obrotowy z podgrzewaczem (PRK))

W piecach obrotowych płomień jest większy, a jego temperatura wyższa niż w piecach szybowych. Z powodu różnic w procesach wymiany ciepła, maksymalna temperatura gazów piecowych jest także wyższa, co przyczynia się do wzrostu poziomu termicznych NOx.

W piecach obrotowych produkowany jest głównie dolomit przepalony. Proces ten wymaga wysokich temperatur, co powoduje jeszcze wyższe poziomy emisji NOx.

Emisje NOx dla tych pieców wahają się zazwyczaj od 300 do 2000 mg/Nm³, w zależności od rodzaju produkowanego wapna/dolomitu (od lekko do mocno palonego) oraz w zależności od zawartości azotu w paliwach, temperatur procesu, nadmiaru powietrze i wytworzonego produktu. W oparciu o typową objętość gazów odlotowych:

- 5000 Nm³/tonę przy 11 % O₂ dla LRK
- 4000 Nm³/tonę przy 11 % O₂ dla PRK,

typowa objętość tlenu azotu plasuje się w przedziale od 1,5 do 10 kg/tonę wapna dla LRK i od 1,2 do 8 kg/tonę wapna dla PRK.

Piece szybowe (inne piece (OK), na wsad mieszany (MFSK), pierścieniowe (ASK) i współprądowo-regeneracyjne (PFRK))

Piece szybowe emitują mniej NOx niż piece obrotowe, ponieważ temperatury w piecach szybowych zwykle nie przekraczają 1400°C, zatem tworzenie się termicznych NOx jest stosunkowo niższe.

Dodatkowo w procesie spalania zwykle występują niższe temperatury płomienia oraz mało intensywne warunki mieszania, co powoduje niższy poziom paliwowego NOx.

Emisje NOx dla tego rodzaju pieców wahają się zazwyczaj od 100 do 500 mg/Nm³, w zależności od rodzaju produkowanego wapna/dolomitu. W oparciu o typową objętość gazów odlotowych:

- 3000 Nm³/tonę (11% O₂) dla PFRK i ASK
- 2500 Nm³/tonę (11% O₂) dla MFSK i OK,

typowa objętość tlenu azotu plasuje się w przedziale od 0,3 do 1,5 kg/tonę wapna dla PFRK/ASK i od 0,25 do 1,3 kg/tonę wapna dla MFSK/OK.

Jednakże tam, gdzie piece szybowe używane są do produkcji mocno palonego wapna lub przepalonego dolomitu, emisja NOx jest na wyższym poziomie i może osiągać nawet 2000 kg/Nm³.

2.3.3.3 Dwutlenek siarki

W większości procesów wypalania wapna znaczna część siarki zawartej w wapieniu i paliwie jest wychwytywana przez wapno palone. Efektywny kontakt między gazami piecowymi a wapnem palonym zwykle prowadzi do skutecznej absorpcji dwutlenku siarki. Typowe emisje SO₂ nie przekraczają 50 mg/Nm³ przy pomiarze półgodzinnym z pieców wapienniczych w krajach UE i zależą od rodzaju pieca użytego w produkcji wapna, co przedstawiono na rysunku 2.37.

Rozkład emisji SO₂ (mg/Nm³ przy 11% O₂) z pieców wapienniczych opalanych paliwami kopalnymi

/brak wykresu – nie można go skopiować, gdyż oryginał jest zabezpieczony/

- Współprądowy piec regeneracyjny (PFRK) (EuLA - 262 testy)
- Piec szybowy pierścieniowy (ASK) (EuLA -104 testy)
- Piec szybowy na wsad mieszany (MFSK) i inne piece szybowe (OSK) (EuLA - 40 testów)
- Długi piec obrotowy (LRK) (EuLA - 49 testów)
- Piec obrotowy z podgrzewaczem (PRK) (EuLA - 22 testy)

Rysunek 2.37: Emisje SO₂ z różnych rodzajów pieców wapienniczych wykorzystujących paliwa kopalne w krajach UE-27 (pomiar punktowy przy pomiarze półgodzinnym)
[129, EuLA, 2006]

Jak przedstawiono na rysunku 2.37, emisje SO_x z pieców obrotowych wahają się od 50 do 2000 mg/Nm³ w zależności od rodzaju pieca, użytego paliwa i rodzaju produkowanego wapna. Pomiar punktowy pokazuje, że w przeprowadzonych testach 63% emisji SO_x z pieców obrotowych plasowało się poniżej 500 mg/Nm³. Emisje SO_x z pieców szybowych wahały się od <50 do 1000 mg/Nm³ w zależności od rodzaju pieca i rodzaju produkowanego wapna. Pomiar punktowy pokazuje, że w przeprowadzonych testach 87% emisji SO_x z pieców szybowych plasuje się na poziomie 50 mg/Nm³ lub niższym. Ponadto, pomiar punktowy wykazuje, że w przeprowadzonych testach ponad 90% emisji SO_x z pieców PFRK osiągnęło poziom <50 mg/Nm³, a 90% emisji SO_x z pieców OSK osiągnęło poziom <200 mg/Nm³ (przy pomiarach półgodzinnych). Ponadto, blisko 90% pieców obrotowych z podgrzewaczem (PRK), ok. 78% pieców szybowych pierścieniowych (ASK), innych pieców szybowych (OSK) i pieców szybowych na wsad mieszany (MFSK) osiągało wartości rzędu 50 mg/Nm³ lub niżej (przy pomiarach półgodzinnych).

Należy podkreślić, że przy zastosowaniu do spalania paliw odpadowych, 100% pieców PFRK i ASK, 90% pieców PRK oraz ok. 80% pieców LRK osiągało emisje SO_x rzędu 50 mg/Nm³ lub niżej (przy średnich pomiarach półgodzinnych), co przedstawiono na rysunku 2.38.

Rozkład emisji SO₂ (mg/Nm³) z pieców wapienniczych opalanych paliwem kopalnym i odpadowym

/brak wykresu – nie można go skopiować, gdyż oryginał jest zabezpieczony/

Współprądowy piec regeneracyjny (PFRK) (EuLA - 7 testów)

Piec szybowy pierścieniowy (ASK) (EuLA - 27 testów)

Piec szybowy na wsad mieszany (MFSK) i inne piece szybowe (OSK) (EuLA - 0 testów)

Długi piec obrotowy (LRK) (EuLA - 42 testy)

Piec obrotowy z podgrzewaczem (PRK) (EuLA - 71 testów)

Rysunek 2.38: Emisje SO₂ z różnych rodzajów pieców wapienniczych wykorzystujących paliwa kopalne i paliwa odpadowe w krajach UE-27 (pomiar punktowy przy pomiarze półgodzinnym)

[129, EuLA, 2006]

Długi piec obrotowy (LRK)

W długich piecach obrotowych produkowane jest wapno palone o niskiej zawartości siarki w atmosferze redukującej. W tym przypadku, część siarki z paliwa i wapienia jest wydalana jako dwutlenek siarki głównie z gazami odlotowymi.

Emisje SO_x dla tych pieców wahają się zazwyczaj w przedziale 50 do 1500 mg/Nm³ w zależności od rodzaju użytego paliwa i atmosfery redukującej (utleniającej) w piecu, która jest niezbędna do uzyskania różnych właściwości produktu. Wyższe emisje są związane z paliwami o wysokiej zawartości siarki, jako że paliwa o niskiej zawartości siarki nie są powszechnie dostępne. W oparciu o typową objętość gazów odlotowych 5000 Nm³/tonę (11 % O₂), typowa objętość siarki waha się między 0,3 a 7,5 kg/tonę wapna.

Piec obrotowy z podgrzewaczem (PRK)

W piecach obrotowych z podgrzewaczem produkuje się wapno palone o niskiej zawartości siarki w atmosferze redukującej, ale w tym przypadku część siarki z paliwa jest przechwytywana przez wapno i pył. Dlatego też, emisje siarki są niższe niż z pieców LRK.

Emisje SO_x dla tych pieców wahają się zazwyczaj w przedziale 50 do 400 mg/Nm³ w zależności od rodzaju użytego paliwa i atmosfery redukującej (utleniającej) w piecu, która jest niezbędna do uzyskania różnych właściwości produktu. W oparciu o typową objętość gazów odlotowych 4000 Nm³/tonę (11 % O₂), typowa objętość siarki waha się między 0,2 a 1,6 kg/tonę wapna.

Piece szybowe (inne piece (OK), na wsad mieszany (MFSK), pierścieniowe (ASK) i współprądowo-regeneracyjne (PFRK))

W piecach szybowych efektywny kontakt między gazami piecowymi a wapnem palonym zwykle prowadzi do skutecznej absorpcji dwutlenku siarki (co może prowadzić do uzyskania wapna palonego o wysokiej zawartości siarki i paliwa o wysokiej zawartości siarki).

Emisje SO_x dla tych pieców wahają się zazwyczaj w przedziale 50 do 400 mg/Nm³ w zależności od rodzaju użytego paliwa, z wyjątkiem pieców ASK, gdzie maksymalna emisja dochodzi do 1000 mg/Nm³. W oparciu o typową objętość gazów odlotowych:

- 3000 Nm³/tonę (11% O₂) dla PFRK i ASK
- 2500 Nm³/tonę (11% O₂) dla MFSK i OK,

typowa objętość tlenku siarki plasuje się w przedziale od 0,2 do 1,2 kg/tonę wapna dla PFRK/ASK i od 0,1 do 1,0 kg/tonę wapna dla MFSK/OK.

2.3.3.4 Tlenki węgla (CO_x)

2.3.3.4.1 Dwutlenek węgla (CO₂)

Emisje CO₂ określa się mianem gazów cieplarnianych. Emisje CO₂ pochodzące z przemysłu wapienniczego są uwzględnione w Systemie Handlu Emisjami. Informacje na temat emisji CO₂ i Systemu Handlu Emisjami można znaleźć w dyrektywie 2003/87/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 13 października 2003 r. ustanawiającej system handlu przydziałami emisji gazów cieplarnianych we Wspólnocie oraz zmieniającej dyrektywę Rady 96/61/WE [99, Unia Europejska, 2003].

Podstawową reakcję mineralogiczną przy produkcji wapna/dolomitu kalcynowanego można wyrazić następującym wzorem:

- wapno: $\text{CaCO}_3 + \text{energia} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ z procesu + CO₂ ze spalania
 - dolomit kalcynowany: $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3 + \text{energia} \rightarrow \text{CaO} \cdot \text{MgO} + 2\text{CO}_2$ z procesu + CO₂ ze spalania
- (CO₂ z procesu) oznaczony z produkcji wapna/dolomitu kalcynowanego
(CO₂ ze spalania) oznaczony ze zużycia energii

W tabeli 2.25 przedstawiono ilość CO₂ pochodzącego z procesu i spalania, wg rodzaju pieca:

Typ pieca ¹⁾	Tona CO ₂ z procesu na tonę wapna (CaO) ²⁾	Tona CO ₂ z procesu na tonę dolomitu kalcynowanego (CaO·MgO) ²⁾	Tona CO ₂ ze spalania na tonę wapna/dolomitu	Współczynnik aktywności emisji CO ₂ ogółem
Długi piec obrotowy (LRK)	0,785	0,913	0,365-1,062	Wapno 1,150-1,847 Dolomit kalcynowany 1,278-1,975
Piec obrotowy podgrzewaczem (PRK)	0,785	0,913	0,269 – 0,617	Wapno 1,054-1,402 Dolomit kalcynowany 1,182-1,530

Współprądowy piec regeneracyjny (PFRK)	0,785	0,913	0,202 – 0,425	Wapno 0,987-1,210 Dolomit kalcynowany 1,115-1,338
Piec szybowy pierścieniowy (ASK)	0,785	0,913	0,224 – 0,465	Wapno 1,009-1,250 Dolomit kalcynowany 1,137-1,378
Piec szybowy na wsad mieszany (MFSK)	0,785	0,913	0,224 – 0,708	Wapno 1,009-1,493 Dolomit kalcynowany 1,137-1,621
Inne piece (OK)	0,785	0,913	0,224 – 0,508	Wapno 1,009-1,291 Dolomit kalcynowany 1,137-1,419
<p>¹⁾ Rodzaj pieca zależy od pożądanej jakości produktu, jakości wapienia i wsadu granulometrycznego</p> <p>²⁾ Współczynnik emisji CO₂ z procesu zdefiniowany w wytycznych UNFCCC IPCC. Więcej informacji można znaleźć w wytycznych IPCC dla krajowych zasobów gazów cieplarnianych „2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 3, Industrial Processes and Product Use”.</p>				

Tabela 2.25: Współczynniki emisji CO₂ z różnych rodzajów pieców w przemyśle wapienniczym [54, EuLA, 2006]

Do roku 2008, emisje dwutlenku węgla na tonę wapna palonego w większości krajów UE-27 zostały zmniejszone, nie tylko przez zastąpienie starych pieców piecami bardziej efektywnymi termicznie, ale również przez poprawę zużycia energii (np. przez lepszą kontrolę procesu) oraz zwiększenie wydajności (np. zmniejszając ilość pyłów odpadowych).

2.3.3.4.2 Tlenek węgla (CO)

Typowe emisje CO z zakładów wapienniczych przedstawiono na rysunku 2.39. Emisje CO z pieców wapienniczych wahają się od poniżej 100 do 2500 mg/Nm³ w zależności od rodzaju pieca i rodzaju użytego paliwa. Ok. 50% wyników testów punktowym wykazuje wartości emisji CO nieprzekraczające 100 mg/Nm³.

Rozkład emisji CO (mg/Nm³ przy 11% O₂) z różnych pieców wapienniczych

/brak wykresu – nie można go skopiować, gdyż oryginał jest zabezpieczony/

Współprądowy piec regeneracyjny (PFRK) (EuLA - 245 testów)
Piece szybowe pierścieniowe (ASK) (EuLA-149 pieców)
Piece szybowe na wsad mieszany (MFSK) (EuLA-20 testów)
Inne piece szybowe (OSK) (EuLA-34 testy)
Długi piec obrotowy bez podgrzewacza (LRK) (EuLA – 88 testów)
Piec obrotowy z podgrzewaczem (PRK) (EuLA EuLA-115 testów)

Rysunek 2.39: Emisje CO z różnych rodzajów pieców wapienniczych używanych w krajach UE-27 [129, EuLA, 2006]

Badania przeprowadzone na piecach wapienniczych pokazują, że poprzez zastosowanie utleniania termicznego, można osiągnąć stężenie CO na poziomie 2 % objętości. Niemniej jednak, stężenie emisji CO w czystym gazie wynosi zawsze <100 mg/Nm³ [142, EnvNGO/Tebert, 2007].

Pomiaru stężenia CO dokonuje się u podstawy komina. Gdy CO dostanie się do atmosfery, zostanie szybko utleniony do CO₂ i rozproszy się.

Gdy CO pochodzi z niepełnego spalania, emisje tlenu wapnia świadczą na ogół o spadku efektywności. Zatem, operatorzy starają się ograniczać emisje CO ze swoich pieców.

Piece obrotowe

Emisje CO są stale monitorowane na ujściu wlotu, po stronie gazów odlotowych. Emisje CO są związane z docelową jakością wapna, gdy w wapieniu i/lub paliwie występuje siarka.

Emisje CO dla tego rodzaju pieców wahają się zazwyczaj od 100 do 400 mg/Nm³, w zależności od rodzaju użytego paliwa. W oparciu o określony przepływ gazów odlotowych:

- 5000 Nm³/tonę przy 11 % O₂ dla LRK
- 4000 Nm³/tonę przy 11% O₂ dla PRK,

typowa objętość tlenu węgla plasuje się w przedziale od 0,5 do 2,0 kg/tonę wapna dla LRK i od 0,4 do 1,6 kg/tonę wapna dla PRK.

Piece szybowe (inne piece (OK), na wsad mieszany (MFSK), pierścieniowe (ASK) i współprądowo-regeneracyjne (PFRK))

Piece szybowe pierścieniowe (ASK), ze względu na podstawową budowę, wykorzystują nadmiar tlenu na poziomie dolnego palnika i w warunkach stechiometrycznych na poziomie górnego palnika. Zatem, typowy przedział emisji zawiera się między 100 a 2500 mg/Nm³. W oparciu o typową objętość gazów odlotowych 3000 Nm³/tonę (11% O₂), typowa objętość tlenu węgla plasuje się w przedziale od 0,3 do 7,5 kg/tonę wapna.

W przypadku innych pieców szybowych (OSK), ilość pomiarów nie pozwala na określenie stałych przedziałów emisji CO.

W odniesieniu do pieców szybowych na wsad mieszany należy podkreślić, że - w przeciwieństwie do innych procesów spalania - poziom emisji CO dla tych pieców nie oznacza automatycznie niepełnego spalania. Warunki pracy pieców wapienniczych są zawsze narzucone przez wymogi dotyczące produktu, tj. przez pożądane właściwości spalonego wapna. Jako że wyższe emisje CO odpowiadają wyższemu zużyciu energii przez piec (+1% CO w gazach odpadowych równa się dodatkowemu zużyciu energii o ok. 200 kJ/kg wapna), piece wapiennicze pracują zazwyczaj w taki sposób, aby emisje CO były możliwie najniższe, w zależności od poszczególnych produktów. W niemieckim przemyśle wapienniczym poziom CO w gazie odpadowym utrzymuje się na ogół poniżej 3% dzięki środkom/technikom optymalizacji procesu. Optymalizacja procesu jest jedyną metodą ograniczenia emisji CO [46, Niemcy, 2006]. Co więcej, w przypadku pieców szybowych na wsad mieszany podczas wytwarzania niektórych produktów obserwuje się emisje CO z przedziału 1 do 6%. W tych przypadkach kontrolowanie poziomów tlenu węgla jest niezbędne do uzyskania pożądanej jakości produktu. Niemniej jednak, niektóre zastosowania wapna wymagają wapna mocno palonego, które jest produkowane głównie w piecach szybowych na wsad mieszany. Emisje CO z pieców szybowych na wsad mieszany określa się poprzez testowanie reaktywności (ang. Boudouard reaction - reakcja Boudouard'a), co przedstawiono na rysunku 2.40.

W przypadku współprądowych pieców regeneracyjnych (PFRK), na początku cyklu pojawiają się bardzo krótkie maksymalne wartości emisji CO. Na końcu cyklu następuje zatrzymanie wtrysku paliwa, a przed „odwróceniem” cyklu przez jakiś czas wtryskiwane jest tylko powietrze, aby zapewnić spalenie całego paliwa. Z doświadczenia wynika, że mimo tego pod lancami mogą pozostać niewielkie ilości paliwa. Po odwróceniu cyklu, paliwo nadal się spala w niekorzystnych warunkach, osiągając „szczytowy poziom” CO.

Emisje CO dla tego rodzaju pieców wahają się zazwyczaj od 100 do 400 mg/Nm³, w zależności od rodzaju użytego paliwa. W oparciu o typową objętość gazów odlotowych 3000 Nm³/tonę (11 % O₂), typowa objętość tlenu węgla waha się między 0,3 a 1,2 kg/tonę wapna.

Wapień + paliwo

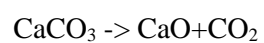
Zapotrzebowanie na ciepło dla:
Odparowania wody z wapienia i ze spalania paliwa
Wstępnego podgrzania wapienia i paliwa
Kalcynacji $MgCO_3$
Utrata ciepła przez promieniowanie
Entalpie reakcji



Strefa redukcji

Wytworzenie CO (reakcja endotermiczna)
Utrata węgla przez redukcję do CO

Strefa podgrzewania wstępnego



Strefa spalania/utleniania

Kalcynacja $CaCO_3$

Utrata ciepła przez promieniowanie Entalpie reakcji

Strefa chłodzenia

Utrata ciepła przez promieniowanie

Powietrze spalania

Rysunek 2.40: Reakcje chemiczne i zużycie energii w piecu szybowym na wsad mieszany (testowanie reaktywności – Boudouard reaction) [46, Niemcy, 2006]

Testowanie reaktywności (Boudouard reaction) określa się głównie przez profil temperatury paliwa w atmosferze niezawierającej tlenu. Do innych istotnych czynników zaliczają się wielkość kamieni, reaktywność paliwa, homogeniczność podawanego materiału, prędkość przepływu powietrza i początkową zawartość CO_2 . Wskaźnik generowania CO wzrasta wraz ze wzrostem temperatur w strefie redukcji. Tym samym, zapobieganie emisjom CO z pieców szybowych na wsad mieszany może być trudne i – do pewnego stopnia – niemożliwe [46, Niemcy, 2006].

Produkcja wapna hydraulicznego

Niektóre rodzaje wapienia zawierają węgiel, co może prowadzić do większych emisji CO z procesu wypalania wapna, jak ma to miejsce w przypadku zakładów naturalnego wapna hydraulicznego (zob. rozdział 2.2.2) wykorzystujących piece OSK, gdzie wapień zawiera 65-90% CaCO_3 i MgCO_3 . Czystość tego surowca różni się w zależności od surowców użytych do produkcji innych rodzajów wapna. W wyniku okresowych pomiarów (dwa razy do roku) przeprowadzonych w latach 2003-2006 odnotowano emisje CO w przedziale od 5904 do 12560 mg/Nm^3 (pomiar punktowy, 8% O_2 , stan standardowy) (odpowiednio 4541-9555 mg/Nm^3 przy 11% O_2) [128, Portugalia, 2007].

2.3.3.5 Związki organiczne/ogólny węgiel organiczny (TOC)

Emisja lotnych związków organicznych jest zazwyczaj mierzona jako ogólny węgiel organiczny (TOC). Szczegółowe analizy pokazują, że część TOC pochodzi głównie z metanu, jednak w wynikach pomiarów znalazł się również benzen. W przypadku pieców szybowych na wsad mieszany stwierdzono 80-90% metanu i 2% [46, Niemcy, 2006] [54, EuLA, 2006]. Typowe emisje związków organicznych mierzone jako ogólny węgiel organiczny (TOC) z różnych rodzajów pieców wapienniczych (LRK, PFRK, ASK) przedstawiono na rysunku 2.41.

Rozkład emisji TOC (mg/Nm³ przy 11% O₂) z różnych pieców wapienniczych
/brak wykresu – nie można go skopiować, gdyż oryginał jest zabezpieczony/

Współprądowy piec regeneracyjny (PFRK) (EuLA - 65 testów)
Piec szybowy pierścieniowy (ASK) (EuLA - 62 testy)
Długi piec obrotowy (LRK) (EuLA - 37 testów)
Piec obrotowy z podgrzewaczem (PRK) (EuLA - 85 testów)

Rysunek 2.41: Emisje TOC z różnych rodzajów pieców wapienniczych używanych w krajach UE-27 [129, EuLA, 2006]

Emisje lotnych związków organicznych są często związane z emisjami CO, w wyniku niepełnego spalania paliwa. Z uwagi na fakt, że producenci starają się ograniczać emisje CO z pieców, emisje lotnych związków organicznych plasują się zazwyczaj na niskim poziomie. W rzadkich przypadkach, gdy surowiec zawiera do 0,1% substancji organicznych, lotne związki organiczne mogą być emitowane w sposób ciągły.

W przypadku wszystkich rodzajów pieców z wyjątkiem współprądowych pieców regeneracyjnych (PFRK) i pieców szybowych na wsad mieszany (MFSK), emisje lotnych związków organicznych mogą pojawić się w krótkim okresie podczas rozruchu lub w przypadku zakłóceń, co prowadzi do emisji poniżej 10 mg/Nm³ (eqC). W piecach PFRK proces ten obejmuje cykliczne zmiany warunków spalania co 10-12 minut. Zatem poziomy emisji lotnych związków organicznych są trochę wyższe od tych odnotowywanych dla innych pieców. W przypadku starszych typów pieców MFSK, mogą wystąpić wyższe emisje lotnych związków organicznych ze względu na szczególne warunki procesu w górnej części pieca (strefa redukcji).

Produkcja wapna hydraulicznego

Kwestia emisji w przypadku produkcji naturalnego wapna hydraulicznego przedstawia się inaczej. Czystość używanego surowca różni się od czystości surowca, który jest używany do produkcji innych rodzajów wapna. Wysoka zawartość substancji organicznych w surowcu wynika

z fosylizacji organizmów w materiale na przestrzeni wieków zamiast przekształcenia ich w dwutlenek węgla i wodę. Zawartość materiału organicznego (wyrażona jako TOC) waha się zazwyczaj w przedziale 0,8-5%. Studium przypadku z roku 2005 pokazuje, że w przypadku gdy zawartość surowca w substancjach organicznych wahała się od 2,8 do 5%, zawartość TOC w produkcie skalcynowanym wynosiła między 0,7 a 1,2%. W rzadkich przypadkach, gdy wapień zawiera znaczne ilości substancji organicznych, lotne związki organiczne (wyrażone jako TOC) mogą być emitowane w sposób ciągły. W wyniku okresowych pomiarów (dwa razy do roku) przeprowadzonych w latach 2003-2006 odnotowano emisje TOC w przedziale od 593 do 2169 mg/Nm³ (pomiar punktowy, 8% O₂, stan standardowy) (odpowiednio 456-1668 mg/Nm³ przy 11% O₂) [128, Portugalia, 2007].

2.3.3.6 Polichlorowane dibenzodiodksyny (PCDD) i polichlorowane dibenzofurany (PCDF)

Surowce lub paliwa zawierające chlorki mogą potencjalnie powodować tworzenie się PCDD/F we wszystkich strefach procesu, w których temperatury mieszczą się w przedziale od 300 do 450°C.

Dane opublikowane w dokumencie „Identification of Relevant Industrial Sources of Dioxins and Furans in Europe” („Wskazanie istotnych przemysłowych źródeł dioksyn i furanów w Europie”) wykazują, że zakłady wapiennicze mają niewielki udział w całkowitej emisji PCDD/F w Europie [31, LUA NRW, 1997].

Aby uzyskać lepsze rozeznanie w kwestii emisji PCDD/F przeprowadzono pomiary w przemyśle wapienniczym, głównie na potrzeby własne. Dane uzyskane w 2006 r. były dość reprezentatywne dla produkcji wapna w UE, co przedstawiono w tabeli 2.26.

Rodzaj pieca	Średnie emisje PCDD/F (ng TEQ/Nm ³) (11% O ₂)	Liczba I-skontrolowanych pieców	Liczba pieców ogółem w UE-27	Odsetek (%)
Długi piec obrotowy (LRK)	0,0638	11	25	44
Piec obrotowy z podgrzewaczem (PRK)	0,0698	15	20	75
Współprądowy piec regeneracyjny (PFRK)	0,0198	45	149	30
Piec szybowy pierścieniowy (ASK)	0,0155	40	77	52
Piec szybowy na wsad mieszany (MFSK)	0,0532	25	115	22
Inne piece (OK)	0,0050	1	158	0,6

Tabela 2.26: Średnie emisje PCDD/F dla różnych rodzajów pieców w krajach UE-27 [54, EuLA, 2006]

2.3.3.7 Chlorowodory i fluorowodory (HCl i HF)

Przykłady typowych emisji HCl i HF z różnych rodzajów pieców wapienniczych przedstawiono w tabeli 2.27.

Rodzaj pieca	mg HCl/Nm ^{3 1)}	mg HF/Nm ^{3 1)}
Wapno palone (lekko do mocno palonego)		

Długi piec obrotowy (LRK)	<5-<50	<1
Piec obrotowy z podgrzewaczem (PRK) ²⁾	<5-<20	<1
Współprądowy piec regeneracyjny (PFRK)	<10	<1
Piec szybowy pierścieniowy (ASK)	<20-<40	<2
Piec szybowy na wsad mieszany (MFSK)	<15-<20	<1
Inne piece (OK)	<10	<1
Dolomit kalcynowany (lekko palony do przepalonego)		
Długi piec obrotowy (LRK)	<150	<1
Piec obrotowy z podgrzewaczem (PRK)	<30	<1
Piec szybowy na wsad mieszany (MFSK)	<20	<1
Wykorzystanie odpadów		
Różne rodzaje pieców	10 ³⁾	1 ³⁾
	60 ⁴⁾	4 ⁴⁾
¹⁾ Stężenia emisji są mierzone jako średnia z pomiaru półgodzinnego i odnoszą się do 10% O ₂ , aby wartości były porównywalne ²⁾ Piec obrotowy z podgrzewaczem rusztu ³⁾ Wartość średniobowa ⁴⁾ Wartość średnia półgodzinna		

Tabela 2.27: Typowe emisje HCl i HF z różnych rodzajów pieców wapienniczych w krajach UE-27 [46, Niemcy, 2006], [168, TWG CLM, 2007]

Zachowanie HCl w piecach wapienniczych jest bardzo podobne do zachowania SO₂. Zatem w większości działań związanych z wypalaniem wapna, większość chlorku występującego w surowcu (wapieniu) i paliwie jest przechwytywana przez wapno palone. Efektywny kontakt między gazami piecowymi a wapnem/dolomitem kalcynowanym zwykle prowadzi do skutecznej absorpcji HCl. Taką reakcję obserwujemy w szczególności w piecach pionowych, gdzie występuje efektywny kontakt między gazami piecowymi a wapnem/dolomitem kalcynowanym. Niemniej jednak, emisje HCl z pieców szybowych zależą w znacznym stopniu od zawartości związków chlorku w wapieniu. Emisje HCl bywają wyższe, gdy wypalany jest suchy wapień. W niektórych przypadkach, emisje HCl można ograniczyć poprzez dodanie wody do gazu odlotowego.

W związku z tym, że zawartość chlorku jest wyższa w dolomicie kalcynowanym (100 do ok. 1000 ppm) niż w wapieniu (10 do 150), emisje HCl są na ogół wyższe przy produkcji dolomitu kalcynowanego. W przypadku pieców obrotowych produkujących dolomit kalcynowany stwierdzono, że emisje te mogą przekraczać wartość emisji 10 mg/Nm³ (próg określony w dyrektywie w sprawie spalania odpadów), nawet jeśli używane jest niechlorowane paliwo [59, Unia Europejska, 2000].

Rozkład emisji HCl z różnych rodzajów pieców wapienniczych (LRK, PFRK, ASK) przedstawiono na rysunku 2.42.

Rozkład emisji HCl (mg/Nm³ przy 11% O₂) z różnych pieców wapienniczych

Współprądowy piec regeneracyjny (PFRK) (EuLA - 65 testów)

Piec szybowy pierścieniowy (ASK) (EuLA - 62 testy)

Piec szybowy na wsad mieszany (MFSK) (EuLA - 22 testy)

Inne piece szybowe (OSK) (EuLA - 7 testów)

Długi piec obrotowy (LRK) (EuLA - 37 testów)

Piec obrotowy z podgrzewaczem (PRK) (EuLA - 85 testów)

Rysunek 2.42: Emisje HCl z różnych rodzajów pieców wapienniczych używanych w krajach UE-27 [129, EuLA, 2006]

W niektórych przypadkach, gdy jako paliwo i/lub surowce używane były odpady, wartości emisji rzędu 10 mg/Nm³ dla HCl i 1,0 mg/Nm³ dla HF ustalano jako wartości średniodobowe (10% zawartości tlenu). Również przy pomiarach punktowych lub okresowych należy uwzględniać te poziomy emisji [46, Niemcy, 2006], [168, TWG CLM, 2007].

2.3.3.8 Siarkowodór (H₂S)

Z uwagi na silne warunki redukcji występujące w górnej części pieców szybowych na wsad mieszany, emisje H₂S pojawiają się tylko w tym rodzaju pieca. Odnotowuje się emisje do 20 mg/Nm³.

Nie stwierdzono jednak żadnej zależności między emisjami H₂S i zawartością siarki w nadawie pieca, czyli w kamieniu i paliwie. Wynika to z faktu, że część siarki (z nadawy pieca) występuje w ograniczonej formie, np. jako piryt, organicznie wiązana siarka lub siarka elementarna, a pozostała część przyjmuje formy utlenione, np. siarczan. Proporcja tych części nie jest zazwyczaj wiadoma, gdyż typowa analiza siarki wykazuje jedynie ogół składu. Niemniej jednak, podczas procesów chemicznych zachodzących w górnej części pieca szybowego na wsad mieszany, tylko zredukowane lub elementarne formy siarki prowadzą do tworzenia się H₂S [46, Niemcy, 2006], [54, EuLA, 2006].

2.3.3.9 Metale

Istnieje niewiele danych na temat następujących metali: antymon, arsenik, kadm, chrom, kobalt, miedź, ołów, mangan, rtęć, nikiel, selen, tellur, tal, wanad i cynk. Ponadto, wykorzystanie materiałów odpadowych przyczynia się do wzrostu emisji metali, co przedstawiono na przykładzie w rozdziale 4.3.4 (zob. tabela 4.40).

Dane dotyczące emisji metali w krajach UE-27 zestawiono w tabeli 2.28. W tabeli tej wyniki (C) odnoszą się do 11% zawartości tlenu i stanowią zestawienie metali w formie oparów i w formie cząstek. W przypadku, gdy mierzone stężenie nie osiągało granicy wykrywalności, przyjmowano, że wynik jest równy granicy wykrywalności. W przypadku większości z tych pomiarów można stwierdzić, że emisje nie osiągały analitycznej granicy wykrywalności w przypadku stosowania paliw odpadowych. Wartości emisji wahały się w przedziale od 0,01 do 0,1 mg/Nm³. W przypadku ołowiu i cynku, w szczególnych przypadkach z większymi emisjami pyłu, wartości dochodziły do 0,40 mg/Nm³.

Szczegółowe wartości dotyczące rozkładu różnych rodzajów stężeń metalu w gazach odlotowych z pieców wapienniczych w krajach UE-27 przedstawiono w rozdziale 4.3.1 [56, EuLA, 2006].

Metale	Wyniki emisji metali (C) w mg/Nm ³										
	C≤0,010	0,010<C	0,020<C	0,030<C	0,040<C	0,050<C	0,060<C	0,070<C	0,080<C	0,090<C	0,100<C
	≤0,020	≤0,030	≤0,040	≤0,050	≤0,060	≤0,070	≤0,080	≤0,090	≤0,100		
Arszenik (As)											
Wszystkie rodzaje paliw, pieców, systemów odpylających	283	7	1	1	0	0	1	1	1	1	2
Kadm (Cd)											
Wszystkie rodzaje paliw, pieców, systemów odpylających	279	30	9	8	0	1	0	0	0	0	2
Kobalt (Co)											
Wszystkie rodzaje paliw, pieców, systemów odpylających	248	15	1	0	3	1	0	0	0	0	0
Chrom (Cr)											
Wszystkie rodzaje paliw, pieców, systemów odpylających	242	30	13	13	3	1	0	0	0	0	2

Wszystkie rodzaje paliw, pieców, systemów odpylających	159	40	18	10	1	1	0	0	0	1	0			
Wanad (V)														
Wszystkie rodzaje paliw, pieców, systemów odpylających	210	19	2	1	0	1	0	0	0	0	11			
				Wyniki emisji metali (C) w mg/Nm ³										
				$C \leq 0,1$	$0,1 < C \leq 0,2$	$0,2 < C \leq 0,3$	$0,3 < C \leq 0,4$	$0,4 < C \leq 0,5$	$0,5 < C \leq 0,6$	$0,6 < C \leq 0,7$	$0,7 < C \leq 0,8$	$0,8 < C \leq 0,9$	$0,9 < C \leq 1$	$1 < C$
Cynk (Zn)														
Wszystkie rodzaje paliw, pieców, systemów odpylających	184	14	11	5	1	3	1	0	2	0	9			

Tabela 2.28: Liczba zakładów osiągających różne poziomy emisji metali w krajach UE-27 [56, EuLA, 2006]

2.3.3.10 Wpływ zastosowania materiałów odpadowych na poziom emisji

2.3.3.10.1 Przykłady emisji przy stosowaniu oleju odpadowego

Przykład zakładu z Niemiec pokazuje specyfikację emisji z pieca szybowego opalanego olejem odpadowym. Taki piec szybowy jest wyposażony w filtr tkaninowy. W 10 komorach spalania pieca szybowego pierścieniowego, typowy zakres temperatur wynosi od 1140 do 1300°C. Spalony olej odpadowy jest dostarczany przez specjalną jednostkę zajmującą się gospodarką i mieszaniem olejów odpadowych. Przed wprowadzeniem oleju odpadowego do palnika, przechodzi on przez sito filtracyjne o wielkości oczek 200 µm. Jakość oleju odpadowego (wartość opałowa ok. 0,030 – 0,039 GJ/kg i zawartość wody ok. 4-13% wagowo) spalonego w piecu szybowym pierścieniowym przedstawiono w tabeli 2.29. Tabela pokazuje specyfikację z 2002 r.

Substancja zanieczyszczająca	Jedn.	Typowa zawartość substancji zanieczyszczających w oleju odpadowym po filtracji (200 µm) ¹⁾
Siarka	% wagowo	0,34-0,55
Chlor ogółem	% wagowo	0,03 – 0,04
Hg	mg/kg	<0,05
Cd	mg/kg	0,2-0,3
Pb	mg/kg	<0,5
Metale		
Σ Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Ni, Mn, V,	mg/kg	42-244
Sn		
Σ 6 PCB 28, 52, 101,153,138, 180	mg/kg	<1

¹⁾ Specyfikacja z 2002 r.

Tabela 2.29: Specyfikacja jakości oleju odpadowego używanego w niemieckich piecach szybowych [46, Niemcy, 2006]

Tabela 2.30 przedstawia wyniki poszczególnych pomiarów emisji z 2002 r. w Niemczech. Olej odpadowy był jedynym paliwem stosowanym podczas tych pomiarów.

Parametr	Jedn.	Zakres poszczególnych pomiarów półgodzinnych
Pył	mg/Nm ³	1-11
TOC/lotne związki organiczne	mg/Nm ³	<4
CO	g/Nm ³	0,06-1,2
NO _x	mg/Nm ³	110-240
SO ₂	mg/Nm ³	1-13
HF	mg/Nm ³	<0,2
HCl	mg/Nm ³	11-19
PCDD/F	ng I-TEQ/Nm ³	<0,004 ¹⁾
Metale ciężkie		
Σ Cd, Ti	mg/Nm ³	<0,01
Hg	mg/Nm ³	<0,01
Σ Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Ni, Mn, V,	mg/Nm ³	<0,04
Sn		
Zawartość tlenu: 10 %, 273,15 K, 101,3 kPa, suchy gaz		

¹⁾ w przypadku PCDD/F, okres pomiarowy: 6 godzin

Tabela 2.30: Poszczególne pomiary emisji z pieca szybkiego opalanego olejem odpadowym w Niemczech [46, Niemcy, 2006], [168, TWG CLM, 2007]

Badania wykazały, że emisje metali są bardzo niskie, niezależnie od rodzaju pieca i spalanej paliwa. Pomiary z różnych typów pieców wapienniczych pokazują poziom kadmu (Cd) w przedziale <0,001-0,05 mg/Nm³. Dla grupy takich metali jak arsenik (As), ołów (Pb), chrom (Cr), miedź (Cu), nikiel (Ni), selen (Se) i tellur (Te), typowe poziomy emisji z pieców szybkich wynoszą od 0,01 do 0,04 mg/Nm³. W piecach obrotowych, emisje takich metali jak arsenik (As), ołów (Pb), chrom (Cr), miedź (Cu), nikiel (Ni), selen (Se) i tellur (Te) były w niektórych przypadkach wyższe, do 0,16 mg/Nm³. Emisje rtęci ze wszystkich rodzajów pieców wynosiły na ogół <0,05 mg/Nm³. Należy zwrócić uwagę na ewentualne skażenie paliw odpadowych zawierających rtęć (np. drewno odpadowe). Ze względu na lotność rtęci, mogą wystąpić odpowiednio wyższe poziomy emisji rtęci. Należy zatem ograniczyć emisje rtęci z paliw odpadowych.

W przypadku stosowania odpadów, zmierzone emisje rtęci mieściły się w przedziale poniżej 0,03 mg/Nm³ mierzone jako wartość średniodobowa, lub 0,05 mg/Nm³ mierzone jako średnia półgodzinna. Dla grupy takich metali jak kadm i tal, zmierzone emisje plasowały się poniżej 0,05 mg/Nm³ mierzone jako średnia półgodzinna, a dla grupy metali takich jak: arsenik, kobalt, chrom, miedź, mangan, ołów, antymon, cyna i wanad, zmierzone emisje plasowały się poniżej 0,5 mg/Nm³ mierzone jako średnia półgodzinna (zawartość tlenu: 10%) [46, Niemcy, 2006].

2.3.3.10.2 Przykłady emisji z wykorzystywania odpadów stałych w piecach obrotowych

Odpady stałe są używane w czterech piecach obrotowych w przykładowym zakładzie w Niemczech. Rodzaje wybranych i używanych odpadów stałych zależą od wymogów technicznych procesu spalania i jakości produktu. Przykład kontroli jakości odpadów stałych opisano w rozdziale 4.3.4. Wszystkie piece obrotowe są wyposażone w system ograniczający emisje, np. cyklony, elektrofiltry ograniczające emisję pyłów i system selektywnej redukcji niekatalitycznej (SNCR) ograniczający emisje NO_x.

Stałych pomiarów następujących emisji i czynników referencyjnych dokonuje się w kominach pieców:

- pył (w tym PM₁₀)
- tlenki azotu (NO_x)
- tlenki siarki (SO₂) (rozpoczęte w 2007 r.)
- objętość gazów odlotowych
- wilgotność gazów odlotowych
- ciśnienie gazów odlotowych
- temperatura gazów odlotowych
- zawartość tlenu.

Instrumenty pomiarowe i jednostki prowadzące analizy są zgodne z DIN/ISO 14181. Zmierzone wartości są zapisywane i przekazywane bezpośrednio do organu monitorującego. Tabela 2.31 przedstawia stałe pomiary pyłów i NO_x odnotowane w 2006 r. Podział okresów pomiarowych wynika ze zmian w ustawodawstwie krajowym. Do końca 2006 r. SO_x mierzono okresowo, a stałe pomiary SO_x rozpoczęły się na początku 2007 r.

Parametr	Jedn.	Wartość emisji (średnia roczna)
styczeń - październik 2006		
Pył	mg/Nm ³	6,1
NOx ¹⁾	mg/Nm ³	376
NOx ²⁾	mg/Nm ³	737
Listopad – grudzień 2006		
Pył	mg/Nm ³	4,1
NOx ³⁾	mg/Nm ³	366
¹⁾ Produkcja wapna lekko palonego ²⁾ Produkcja wapna średnio do mocno palonego ³⁾ Produkcja wapna lekko, średnio i mocno palonego		

Tabela 2.31: Stałe pomiary emisji dokonane w 2006 r. z pieca obrotowego opalanego paliwem stałym w Niemczech
[156, Niemcy, 2007,164, Rheinkalk, 2007]

Oprócz stałych pomiarów, dokonuje się również okresowych pomiarów różnych parametrów emisji, zgodnie z ustawodawstwem krajowym. Tabela 2.32 przedstawia poszczególne pomiary emisji (wartości średniodobowe).

Parametr	Jedn.	Wartość emisji (wartość średniodobowa)		
		Dzień 1	Dzień 2	Dzień 3
Ogólny C (substancje organiczne)	mg/Nm ³	1,7	1,7	0,2
HCl	mg/Nm ³	2,0	1,2	0,9
HF	mg/Nm ³	<0,1	<0,2	<0,2
SO ₂	mg/Nm ³	8,9	2,5	5,2
Hg	mg/Nm ³	0,006	0,005	0,004
Σ Cd, Tl i składniki	mg/Nm ³	0,003	0,007	0,005
Σ Metale i związki	mg/Nm ³	<0,009	<0,066	<0,049
Be	mg/Nm ³	<0,0001	<0,0001	<0,0001
PCDD/F	ng/Nm ³	0,072	0,044	0,025
Stan standardowy, suchy gaz, 10,25% O ₂				

Tabela 2.32: Okresowe pomiary poszczególnych emisji dokonane w 2006 r. w Niemczech, piec obrotowy opalany paliwami stałymi
Tabela 2.32: [164, Rheinkalk, 2007]

2.3.4 Straty/odpady procesowe

W wyniku kalcynacji wapienia może powstać wapno pozaklasowe z drobnymi cząstkami i poziomami dekarbonizacji, które nie zawsze odpowiadają wymogom rynku. Ten produkt pozaklasowy może być wychwycony bezpośrednio przy wylocie z pieca przy rozruchu zimnego pieca i przy jego zatrzymywaniu, podczas przesiewania lub odpylania gazów odlotowych. Produkty pozaklasowe stanowią od 1 do 5% całkowitej produkcji rocznej. Niewielkie ilości częściowo skalcynowanego wapna pojawiają się przy rozruchu zimnego pieca i przy jego zatrzymywaniu. Takie zdarzenia mają miejsce z częstotliwością od jednego razu na 6 miesięcy do jednego razu na 10 lat.

Fracje stałe oddzielone przy płukaniu wapienia, np. naturalne zanieczyszczenia, takie jak krzemionka, glina i bardzo drobne cząstki mogą być zutyliżowane lub wykorzystane ponownie:

- przy rekultywacji skażonych gleb (np. kwaśnych)
- jako surowiec w przemyśle cementowym lub
- do ulepszania gleby w rolnictwie.

Pył zgromadzony w filtrach tkaninowych może być wykorzystany w różnego rodzaju produktach komercyjnych [46, Niemcy, 2006]

2.3.5 Wykorzystanie i oczyszczanie wody

Surowce z kamieniołomu mogą zawierać niewielkie ilości gliny i piasku. W takim przypadku, zanim wapień trafi do pieca jest on płukany. Zapotrzebowanie na wodę przy płukaniu wapienia wynosi od 0,5 do 2 m³ na tonę surowca, w zależności od rodzaju i ilości zanieczyszczeń. Po zakończeniu płukania, woda zawiera od 50 do 200 ml niewypłukanych ciał stałych na litr, co odpowiada zawartości ciał stałych rzędu 5 do 20 g/l. Na ogół woda po płukaniu nie zawiera żadnych innych substancji zanieczyszczających.

Woda wykorzystywana do płukania wapienia pochodzi zazwyczaj z wód powierzchniowych lub ze zbiornika wody podziemnej obniżonego podczas wydobywania. Woda ta może również pochodzić z opadów deszczu lub ze studni.

Oczyszczona woda z obu systemów jest ponownie wykorzystywana do płukania. Wskaźnik ponownego wykorzystania wody wynosi ok. 85%; tylko 15% stanowi ubytek technologiczny, który należy zastąpić świeżą wodą.

Obróbka w koncentratorze i mechaniczna dehydratacja generuje wyluki z resztkową zawartością wilgoci rzędu 10-20% [46, Niemcy, 2006].

2.3.6 Hałas

Emisje hałasu występują w całym procesie produkcji wapna, od wydobywania i przygotowania surowca, przez proces produkcji wapna i magazynowanie materiału, aż do wysyłki i transportu produktów końcowych. Przykładowo, w procesie produkcji wapna, załadunek kawałkowego wapienia do pieca wapienniczego może wiązać się z hałasem i/lub wibracjami o natężeniu, które wymaga tłumienia. Źródłami hałasu mogą być jednak w szczególności:

- ciężkie maszyny
- zsypy i zasobniki
- wszelkie działania związane z zsypywaniem, kruszeniem, mieleniem i przesiewaniem wapna
- wentylatory wyciągowe
- dmuchawy
- wibracje przewodów.

Zakłady wapiennicze muszą spełniać normy dotyczące redukcji hałasu, zgodnie z krajowym ustawodawstwem.

2.3.7 Zapachy

Emisje nieprzyjemnych zapachów mogą występować w zakładach wapienniczych wykorzystujących piece obrotowe na wsad mieszany, ze względu na fakt, że powstają w nich emisje siarkowodoru (H₂S). Przy zastosowaniu mieszanki paliwa składającej się w 30% z koksu i w 70% z antracytu, emisje H₂S wahały się w między 6 a 9,5 mg/Nm³. Przy zastosowaniu samego antracytu stwierdzono mniejsze emisje H₂S, od niewykrywalnych do 1,6 mg/Nm³.

Do emisji nieprzyjemnych zapachów mogą się również przyczynić odpady stosowane jako surowce lub paliwa, szczególnie na różnych etapach procesu, jak np. przygotowanie i magazynowanie.

2.3.8 Monitoring

Według Europejskiego Stowarzyszenia Wapienniczego (EuLA), w przypadku pionowych pieców wapienniczych, warunki procesu są na ogół stabilne. Poziom emisji może ulec zmianie dopiero wtedy, gdy zmieniony zostanie skład chemiczny wapienia i/lub paliwa oraz warunki procesu wymagane do osiągnięcia określonej jakości produktu.

Dodatkowe informacje dotyczące monitoringu można znaleźć w Dokumencie Referencyjnym dla ogólnych zasad monitoringu (MON) [151, Komisja Europejska, 2003].

2.3.8.1 Pomiary stałe

Pomiary emisji rzeczywiście potwierdzają stabilność emisji. W celu kontrolowania procesu spalania w piecach wapienniczych, stale monitorowanych jest kilka parametrów procesu, wykazujących stabilność procesu, np.:

- temperatura
- zawartość O₂
- przepływ powietrza
- ciśnienie.

Ponadto, niektóre z tych parametrów procesu są reprezentatywne i tym samym są związane z parametrami emisji, takimi jak intensywność pracy elektrofiltrów i emisje pyłów. Co więcej, w niektórych przypadkach stwierdzono, że stałe pomiary mają znaczenie dla następujących parametrów:

- NO_x
- SO₂
- Pył
- CO.

Niemniej jednak, jeśli materiały odpadowe są używane jako paliwa, wymagany jest stały monitoring emisji zgodnie z dyrektywą w sprawie spalania odpadów, podobnie jak ma to miejsce w przypadku emisji pyłów i NO_x, oraz – w niektórych przypadkach - SO₂ oraz lotnych substancji organicznych/TOC. Więcej informacji i wymogów, które należy zdefiniować przy stosowaniu odpadów znajduje się w dyrektywie w sprawie spalania odpadów 2000/76/WE. Przy współspalaniu

odpadów należy spełniać wymogi dyrektywy w sprawie spalania odpadów (WID) [59, Unia Europejska, 2000].

Stosownie wydaje się również monitorowanie emisji z dużych pieców obrotowych, z uwagi na zmienność niektórych parametrów procesu. Co więcej, w zależności od stosowanych paliw, warunków procesu i znaczenia emisji, konieczne może być przeprowadzenie dodatkowych pomiarów [46, Niemcy, 2006], [54, EuLA, 2006].

2.3.8.2 Pomiary okresowe

O ile poniższe substancje zanieczyszczające nie są stale monitorowane, podlegają one pomiarom okresowym:

- pył
- dwutlenek siarki (SO₂)
- tlenek azotu (NO_x).

W zależności od rodzaju paliwa, szczególnie gdy stosowane są paliwa odpadowe, warunków procesu i znaczenia emisji, przeprowadza się dodatkowe pomiary dla następujących substancji zanieczyszczających:

- tlenek węgla (CO)
- ogólny węgiel organiczny (TOC)
- chlorek wodoru (HCl)
- fluorek wodoru (HF)
- metale ciężkie
- polichlorowane dibenzodioskyny (PCDD) i polichlorowane dibenzofurany (PCDF).

W niektórych przypadkach monitorowany jest benzopiren (C₂₀H₁₂), (zgodnie z klasyfikacją IARC, kategoria 2A - prawdopodobne działanie rakotwórcze).

2.4 Techniki uwzględniane przy doborze najlepszych dostępnych technik BAT

W niniejszym rozdziale opisujemy techniki, które powszechnie uznaje się za sprzyjające osiągnięciu wysokiego poziomu ochrony środowiska w sektorach przemysłu opisywanych w przedmiotowym dokumencie. Techniki te obejmują systemy zarządzania, techniki zintegrowane z procesem i działania/techniki "końca rury", jednak przy dążeniu do optymalnych wyników można zazębiać w pewnym stopniu te trzy techniki. Oprócz wymienionych działań/technik, w niniejszym rozdziale omówiono również zużycie wapienia, zużycie energii i wybór stosowanego paliwa.

Uwzględniono także procedury zapobiegania, kontroli, minimalizacji i recyklingu, jak również ponowne wykorzystanie materiałów i energii.

Działania/techniki mogą być prezentowane pojedynczo lub łącznie, w celu osiągnięcia założeń dyrektywy IPPC. Załącznik IV do przedmiotowej dyrektywy zawiera listę okoliczności, które należy uwzględnić przy doborze najlepszych dostępnych technik BAT, dlatego też w działania/techniki omówione w niniejszym rozdziale będą odnosić się do wspomnianych okoliczności. W miarę możliwości, stosowana jest standardowa struktura wyszczególniania działań/technik, aby umożliwić ich porównanie i obiektywną ocenę w odniesieniu do definicji BAT zawartej w dyrektywie IPPC.

Niniejszy rozdział nie zawiera wyczerpującej listy działań/technik; istnieją lub mogą zostać opracowane inne metody, które również mogą być zgodne z zakresem dyrektywy IPPC i najlepszych dostępnych technik BAT.

Standardowa struktura zastosowana do wyszczególnienia działań/technik została przedstawiona w tabeli 2.33. W związku z tym, że granice między elementami wymienionymi w poniższej tabeli mogą ząbiać się do pewnego stopnia, struktura ta jest elastyczna i odzwierciedla poszczególne indywidualne przypadki.

Rodzaj informacji	uwzględnianej	Rodzaj zawartej informacji
Opis		Techniczny opis środków/technik (w tym niezbędne rysunki, schematy)
Osiągnięte środowiskowe	korzyści	Główne korzyści środowiskowe (w tym ograniczenie zużycia energii, wody, surowców, jak również wzrost wydajności produkcji, efektywność energetyczna itd.) wynikające z danego działania/techniki
Oddziaływanie na procesy i środowisko		Główne skutki uboczne dla środowiska i negatywny wpływ na inne procesy wynikający z zastosowania danego działania/techniki. Szczegółowy opis skutków środowiskowych danego działania/techniki w porównaniu z innymi technikami
Dane operacyjne		Dane dotyczące poziomów zużycia i emisji z zakładów wykorzystujących dane działania/techniki (w tym warunki referencyjne i stosowane metody monitoringu). Wszelkie istotne informacje w sprawie działania, utrzymania i kontroli danej techniki
Zastosowanie		Wskazanie rodzaju zakładów, w których dane działanie/technika może być stosowana, z uwzględnieniem np. roku powstania zakładu (nowo powstający lub istniejący), wielkości zakładu (duży czy mały), już wprowadzonych działań/technik i rodzaju lub jakości produktu
Kwestie ekonomiczne		Informacje na temat kosztów (zarówno inwestycyjnych, jak i operacyjnych) i ewentualne możliwe oszczędności (np. ograniczenie zużycia surowca lub energii, wykorzystanie odpadów) lub przychody z uwzględnieniem szczegółowego sposobu obliczania/szacowania tych kosztów/oszczędności lub przychodów
Siła sprawcza wdrożenia		Lokalne warunki lub wymogi prowadzące do wdrożenia lub stymulujące wdrażanie. Informacje dotyczące powodów wdrażania danych technik spoza gałęzi środowiska (np. wzrost produktywności, bezpieczeństwo)
Przykładowe zakłady		Odniesienie do zakładu/zakładów, w których stosowane są dane działania/techniki, od których zebrano informacje stanowiące podstawę opracowania niniejszego rozdziału
Materiały referencyjne		Literatura lub inne materiały referencyjne (np. książki, raporty, badania, strony internetowe), które wykorzystano do opracowania niniejszego rozdziału oraz które zawierają dużo więcej szczegółowych danych na temat działań/technik

Tabela 2.33: Rozkład informacji dla każdego działania/techniki opisanej w niniejszym rozdziale

Trzy podstawowe kamienie węgielne: wapień, proces i produkt stanowią podstawę matrycy i zależą od siebie nawzajem przy wytwarzaniu produktu odpowiadającego różnym rodzajom popytu. Stosowane są różne działania/techniki, specjalne rodzaje pieców oraz różne rodzaje paliwa. Jakość używanego surowca, tj. wapienia, CaCO_3 i dolomitu $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ odgrywa szczególną rolę w procesie produkcji i w istotny sposób wpływa zarówno na projekt pieca (w tym rodzaj działań/technik ograniczających emisje) i końcową jakość wapna. Kolejne główne czynniki mające wpływ na wybór modelu pieca i technologii pieca to cena dostępnych paliw i wydajność danego pieca. Czynniki te wpływają w istotny sposób na właściwości produkowanego wapna. Zatem, w ciągu ostatnich 30 lat, na całym świecie opracowano różne rodzaje pieców w odniesieniu do optymalnego połączenia piec-paliwo dla różnych właściwości wapna, jak również połączenia ze stosowanymi technikami ograniczającymi negatywny wpływ na środowisko.

Tabela 2.34 przedstawia przegląd technik mających pozytywny wpływ na emisje z produkcji wapna, tj. ograniczających przedmiotowe emisje. Wyszczególnione środki/techniki są bardziej szczegółowo opisane w kolejnych rozdziałach.

Koszt środków/technik ograniczających emisje musi być oceniany w odniesieniu do rodzaju używanego pieca, wielkości instalacji oraz skuteczności działań/technik oraz indywidualnych okoliczności stosowania tychże technik. W rozdziale 2.4.5.3.5 przedstawiono przykłady dotyczące kosztów inwestycyjnych, kosztów utrzymania i kosztów operacyjnych redukcji emisji pyłów przy użyciu różnych środków/technik ograniczających.

Rodzaj pieca	Środki/techniki	Substancje				
		Pył	NO _x	SO ₂	CO	Inne (np. PCDD/F, HCl, HF)
Piece obrotowe: - Długi piec obrotowy (LRK) - Piec obrotowy z podgrzewaczem (PRK)	Kontrola procesu i optymalizacja	X	X	X	X	X
	Wybór paliwa		X	X		X
	Rodzaj palnika w piecu		X			
	Technika dodawania absorbentu (obecnie ¹⁾ nie jest stosowana w przemyśle wapienniczym)			X		
	Separatory odśrodkowe/cyklony	X				
	Elektrofiltry	X				
	Filtry tkaninowe	X				
	Odpylacze	X				
	System selektywnej redukcji niekatalitycznej (SNCR) (obecnie ¹⁾ stosowany w niektórych rodzajach pieców PRK ²⁾		X			
	System selektywnej redukcji katalitycznej (SCR) (obecnie ¹⁾ nie jest stosowany w przemyśle wapienniczym)		X			

	Obniżanie emisji niezorganizowanej	X				
Piece szybowe:	Kontrola procesu i optymalizacja				X	X
- Współprądowy piec regeneracyjny (PFRK)	Separatory odśrodkowe/cyklony	X				
- Piec szybowy pierścieniowy (ASK)	Elektrofiltry	X				
- Piec szybowy na wsad mieszany (MFSK)	Filtry tkaninowe	X				
- Inne piece (OK)	Odpylacze (płuczki mokre)	X				
	Obniżanie emisji niezorganizowanej	X				
	Wtryskiwanie wody					X ³⁾
Zakłady dokonujące przemiału	Elektrofiltry	X				
	Filtry tkaninowe	X				
Zakłady dokonujące hydratacji	Filtry tkaninowe	X				
	Odpylacze (płuczki mokre)	X				
¹⁾ W 2008 ²⁾ W 2008 r. jeden piec wapienniczny w UE był wyposażony w system SNCR ³⁾ HCl						

Tabela 2.34: Przegląd środków/technik stosowanych w przemyśle wapiennicznym

2.4.1 Zużycie wapienia

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Maksymalizacja pola wydobycia z kamieniołomów poprzez optymalizację wydobycia (wiercenia i wysadzania), technik obróbki oraz udziału sprzedanego wapna palonego z kamienia piecowego pozwala na minimalne i zrównoważone zużycie wapienia. Można to osiągnąć przez zastosowanie zoptymalizowanych technik w piecach, w których można wypalać wapień o różnym uziarnieniu, takich jak piece PFRK przeznaczone do mialkiego wapna i/lub piece obrotowe.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Brak oddziaływania na procesy i środowisko.

Dane operacyjne

Parametry operacyjne dla różnych rodzajów pieców wapiennicznych przedstawiono w tabeli 2.15.

Zastosowanie

Powszechne zastosowanie w przemyśle wapiennicznym, jednak techniki obróbki i wypalania zależą od jakości wapienia.

Kwestie ekonomiczne

Brak danych.

Sila sprawcza wdrożenia

Skończona dostępność wapienia.
Korzyść środowiskowa wynikająca z wydłużenia żywotności kopalni (trwałość).
Wymogi prawne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady wapiennicze w krajach UE-27 [54, EuLA, 2006]

2.4.2 Ograniczenie zużycia energii (efektywność energetyczna)

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

W przemyśle wapienniczym stosowany jest system zarządzania energią na potrzeby monitorowania zużycia energii w piecach.

Jeśli uwzględnimy tylko efektywność energetyczną i emisje CO₂, najbardziej wydajnymi piecami są głównie piece pionowe i współprądowe piece regeneracyjne (PFRK). Mimo że energia i CO₂ odgrywają fundamentalną rolę, przed podjęciem decyzji dotyczącej wyboru pieca (zob. rozdziały 2.2.7 i 2.3.2) lub surowca należy jednak uwzględnić inne zmienne. W niektórych przypadkach, zmienne te decydują o technicznej przewadze pieców obrotowych, w szczególności ulepszonych pieców obrotowych.

W większości przypadków nowe piece zastępują stare, jednak niektóre istniejące piece zostały zmodernizowane w celu obniżenia zużycia energii uzyskanej z paliwa. Zakres tych modyfikacji waha się od niewielkich modyfikacji do znacznych zmian w układzie piecowym, w zależności od aspektów technicznych wykonalności tych zmian, kosztów i rzeczywistych potrzeb, jak np.:

- instalacja wymienników ciepła w długich piecach obrotowych w celu odzysku ciepła nadmiarowego z gazów odlotowych lub by umożliwić stosowanie szerszego asortymentu paliw.
- wykorzystanie ciepła nadmiarowego z pieców obrotowych do osuszenia wapienia w innych procesach, np. przy mieleniu wapienia
- kiedy piece szybowe przestały być opłacalne, w niektórych przypadkach możliwa okazała się ich przebudowa na nowoczesne konstrukcje, np. przez zmianę prostego pieca szybowego na piec pierścieniowy lub utworzenie pieca współprądowo-regeneracyjnego przez połączenie dwóch pieców szybowych. Przebudowa wydłuża żywotność droższych elementów instalacji, np. konstrukcji nośnej pieca, systemu dozowania kamienia i zakładu zajmującego się transportem/składowaniem wapna
- w wyjątkowych przypadkach może się opłacać skrócenie długiego pieca obrotowego i wstawienie podgrzewacza, co obniża zużycie paliwa
- zużycie energii elektrycznej można minimalizować przez stosowanie energooszczędnych urządzeń.

Niektóre opisane poniżej środki/techniki mają pozytywny wpływ na oszczędność energii:

- kontrola procesu, np. nadmiar powietrza spalania, prędkość przepływu paliwa
- konserwacja sprzętu, np. szczelność, niszczenie powłoki ogniotrwałej
- zoptymalizowana wielkość kamienia.

W tabeli 2.35 wyszczególniono inne działania mające pozytywny wpływ na efektywność energetyczną w piecach wapienniczych wg poszczególnych elementów pieca.

Element pieca	Opis	LRK	PRK	PFRK	ASK	MFSK, OK
System spalania	Wysoco wydajna i elastyczna technologia palnika dostosowująca profil temperatury do wymogów produktu	X	X	-	-	-
System spalania	Bezpośrednie monitorowanie spalania i redukcja nadmiaru powietrza	X	X	-	-	-
System spalania	Kontrola spalania poprzez analizę gazów-odlotowych	-	-	X	X	X
System spalania	Wysoco elastyczny system spalania obejmujący możliwe mieszanki paliw z paliwami odpadowymi	X	X	X	X	X
Chłodnik	Wydajny chłodnik z systemem równomiernego rozprowadzania powietrza i rozładunkiem produktu, mający na celu ograniczenie do minimum wymaganej ilości chłodzącego powietrza	X	X	X	X	X
Chłodnik	Niezawodny sprzęt pomiarowy do sprawdzania poziomu powietrza w chłodniku	X	X	-	-	-
Przepływ gazów odlotowych	System odzyskiwania ciepła	X	-	-	-	-
Kontrola wsadu	Regularne pobieranie próbek paliwa i kamienia oraz ich analiza, jak również odpowiednie dostosowywanie procesu	X	X	X	X	X
Kontrola wsadu	Ponowny przesiew kamienia przed dozowaniem do pieca, w celu sprawdzenia wielkości kamienia	X	X	X	X	X
Kontrola wsadu	Niezawodne urządzenia ważące/pomiarowe wykorzystywane do kontroli paliwa, kamienia, współczynnika przepływu powietrza	X	X	X	X	X
Budowa pieca ¹⁾	Optymalny współczynnik długości do przekroju	X	X	X	X	X
Sam piec	Powłoki ogniotrwale wewnątrz części obrotowych wspierające wymianę ciepła i ograniczające segregację produktu	X	X	-	-	-
Sam piec	Skuteczna powłoka izolacyjna minimalizująca utratę ciepła z płaszcza pieca	X	X	X	X	X
Sam piec	Ograniczenie przedostawania się powietrza do wewnątrz poprzez zainstalowanie szczelnych zamknięć przy klapie i wlocie pieca	X	X	-	-	-
Sam piec	Regularne czyszczenie komór	-	-	X	X	X
Piec podgrzewacz	Ograniczenie przedostawania się powietrza do wewnątrz w celu kontrolowania	-	-	X	X	X

	nadmiaru powietrza					
Działanie pieca	Automatyczne pętle sterowania do przewiewu w wyciągu, nadmiaru powietrza, wskaźnika paliwa, współczynnik tony do obrotu pieca, dostosowanie, itd.	X	X	-	-	-
Działanie pieca	System PLC i system nadzoru z tendencjami kluczowych parametrów	X	X	X	X	X
Działanie pieca	Jednolite warunki pracy	X	X	X	X	X
Działanie pieca	Analiza przyczyn zatrzymania pracy i naprawy	X	X	X	X	X
Podgrzewacz	Optymalny spadek ciśnienia względem wymiany ciepła		X	-	-	-
Kontrola jakości	Regularne pobieranie próbek wapna i ich analiza oraz dostosowanie pieców	X	X	X	X	X
1) Wyłącznie w odniesieniu do nowych pieców						

Tabela 2.35: Przykładowe możliwości poprawy efektywności energetycznej w piecach wapienniczych [168, TWG CLM, 2007], [177, EULA, 2008]

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Z uwagi na fakt, iż dostęp do zasobów naturalnych staje się coraz trudniejszy, należy znaleźć równowagę na lokalnym poziomie między optymalnym zużyciem energii i najlepszym wykorzystaniem złoża.

Dane operacyjne

Na ogół, paliwo i energia to dwa najdroższe czynniki w procesie wypalania wapna, a do zmniejszenia kosztów produkcji niezbędna jest poprawa efektywności energetycznej. W niektórych zakładach w Niemczech, zużycie energii elektrycznej do mielenia wapna zostało zmniejszone do minimum poprzez zastąpienie młynów do wapna palonego młynami działającymi jak wysokociśnieniowe prasy rozdrabniające (np. młyn walcowy). Zastosowanie wysokociśnieniowych młynów walcowych zapewnia oszczędność energii elektrycznej rzędu 2,5 kWh/tonę wapna palonego. Ponadto, w jednym przypadku stwierdzono ograniczenie zużycia energii również dzięki zastąpieniu płuczek mokrych filtrami tkaninowymi. W tym przypadku stwierdzono oszczędność energii elektrycznej rzędu 2,9 kWh/tonę wapna palonego [46, Niemcy, 2006].

Zastosowanie

Zastosowanie w zasadzie we wszystkich rodzajach pieców wapienniczych.

Piece pionowe mogą zazwyczaj wypalać jedynie grubsze granulki wapienia. Natomiast piece obrotowe z wyższym wskaźnikiem zużycia energii mogą również waloryzować mniejsze frakcje, a nowe piece pionowe spalają małe granulki od 10 mm. Większe cząstki ładunku pieca są częściej stosowane w piecach pionowych niż w obrotowych.

Kwestie ekonomiczne

Brak danych.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.
Zasoby naturalne.
Ograniczenie kosztów.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady wapiennicze w krajach UE-27.

[46, Niemcy, 2006], [54, EuLA, 2006], [168, TWG CLM, 2007]

Przydatne informacje na ten temat można również znaleźć w Dokumencie Referencyjnym dla najlepszych dostępnych technik dotyczących efektywności energetycznej (ENE) [181, Komisja Europejska, 2008].

2.4.3 Optymalizacja kontroli procesu

Opis

Optymalizacja jest stosowana przez automatyzację większości etapów procesu w całym procesie produkcji wapna. Utrzymywanie parametrów kontrolnych pieca blisko ich optymalnych wartości obniża wszystkie parametry zużycia i emisji w procesie wypalania wapna. Wynika to, między innymi, ze zmniejszenia liczby przestojów i zakłóceń pracy pieca. Aby zapewnić, że przyjęto właściwe praktyki eksploatacji i konserwacji oraz, że są one przestrzegane przez wszystkich, których dotyczą, można wprowadzić odpowiednie systemy zarządzania.

Osiągnięte korzyści środowiskowe

Środki/techniki optymalizacji kontroli procesu mają pozytywny wpływ na zużycie energii i poziom emisji.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Brak.

Dane operacyjne

W zależności od zadania optymalizującego.

Zastosowanie

Zastosowanie w różnym stopniu we wszystkich zakładach wapienniczych.

Na ogół nie można osiągnąć pełnej automatyzacji procesu, z uwagi na zmienne, których nie da się kontrolować, jak np. jakość wapienia.

Kwestie ekonomiczne

W zależności od zadania optymalizującego.

Sila sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady wapiennicze w krajach UE-27 [54, EuLA, 2006]

2.4.4 Wybór paliwa (w tym paliwa odpadowego)

Opis

W przemyśle wapienniczym zużycie energii jest bardzo duże (zob. rozdział 2.2.4). W zależności od składu chemicznego paliwa i rodzaju używanego pieca, wybór odpowiedniego paliwa lub mieszanki paliw może ograniczyć emisje i poprawić efektywność spalania, jak np.:

- paliwa o niskiej zawartości siarki prowadzą do ograniczenia emisji związanych z SO₂. Niemniej jednak, z uwagi na fakt, że siarka z paliw jest chemicznie absorbowana przez wapno, niektóre paliwa z większą zawartością siarki mogą być używane przy produkcji wapna bez zwiększania emisji SO₂
- biomasa przyczynia się do ograniczenia zużycia paliw kopalnych
- paliwa odpadowe ograniczają ilość używanych paliw kopalnych i związanych z tym emisji CO₂ (zob. rozdział 2.2.5), podczas gdy paliwa stałe przyczyniają się do wyższych emisji CO₂.

Z wyjątkiem pieców szybowych na wsad mieszany, wszystkie rodzaje pieców mogą być opalane wszystkimi rodzajami paliwa. Niektóre piece są opalane tylko jednym rodzajem paliwa, jednak większość pieców może być opalana mieszanką paliw. W zależności od rodzaju pieca używane może być paliwo gazowe, stałe lub ciekłe. Paliwa stałe można podzielić na sproszkowane i kawałkowane, które mogą być używane razem, w zależności od rodzaju pieca.

Do roku 2008, najczęściej używanymi paliwami w UE był gaz ziemny i paliwa stałe, takie jak węgiel brunatny, węgiel kamienny, koks łożyskowy i koks. Niemniej jednak stosowane są także paliwa ciekłe oraz odpadowe i/lub biomasa o wysokiej wartości opałowej i wysokiej reaktywności.

Wybór odpowiedniego paliwa odpadowego dla danego procesu i palnika (np. oleju odpadowego, zużytych rozpuszczalników, tłuszczu zwierzęcego, odpadów płynnych) z uwzględnieniem określonych właściwości, kryteriów i cech stałych (np. wysokiej wartości opałowej, wysokiej reaktywności, niskiej zawartości siarki, chloru, metali i popiołu, jak również dostępności) przyczynia się do zmniejszenia ilości stosowanych paliw kopalnych (zob. rozdział 2.2.5). Aby zapewnić odpowiednie właściwości paliw odpadowych niezbędne jest wprowadzenie systemu zapewnienia jakości. Obejmuje on w szczególności dostarczenie próbek, przygotowanie próbek oraz analizę i niezależny nadzór. Więcej przydatnych informacji można znaleźć w specyfikacjach technicznych Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego, takich jak CEN/TC 343 „Paliwa wytwarzane z odpadów stałych”.

Osiągnięte korzyści środowiskowe

Wybór odpowiednich paliw lub mieszanek paliw może ograniczyć emisje i poprawić efektywność spalania.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

W zależności od składu chemicznego paliwa i rodzaju pieca, mogą wystąpić wyższe emisje.

Należy podkreślić, że podczas stosowania odpadów mogą pojawić się inne rodzaje dodatkowych emisji.

Co więcej, zmiany proporcji w mieszankach paliw często oznaczają zmiany w zużyciu energii na tonę wapna. W zależności od rodzaju paliw odpadowych i ich wartości opałowej, może wzrosnąć średnie roczne zapotrzebowanie na energię cieplną, podobnie jak ma to miejsce w przemyśle

cementowym (zob. rozdział 1.3.3 dotyczący przemysłu cementowego). Obserwacje wynikające z przemysłu cementowego są porównywalne z zastosowaniem odpadów w przemyśle wapienniczym.

Dane operacyjne

Przy zmianie stosowanej mieszanki paliw, określone zużycie energii na tonę wapna może z różnych przyczyn ulec zmianie, w zależności od rodzaju paliwa i wartości opałowej stosowanych paliw. Jak wynika z opracowanych dokumentów, wartość opałowa paliw kopalnych (średnia, netto) wynosi 26-30 MJ/kg dla typowego węgla i 40-42 MJ/kg dla typowego oleju, podczas gdy odpady stałe, takie jak plastik mają wysoką wartość opałową w przedziale od 17 do 40 MJ/kg. Należy podkreślić, że w grupie tych odpadów wartości opałowe były znacznie zróżnicowane, od 3 do 40 MJ/kg. Jednak paliwa o wartości opałowej poniżej 18 MJ/kg nie są odpowiednie do zastosowania w branży wapienniczej, z uwagi na zawartość popiołu i wilgoci (zob. przykłady przedstawione w tabeli 4.41). Wartość opałowa mączki zwierzęcej (mączki mięsno-kostnej) używanej w piecach wapienniczych waha się między 14 a 21,5 MJ/kg.

Zastosowanie

W zasadzie każdy rodzaj pieca może być opalany różnymi rodzajami paliwa, ale niezbędny jest do tego odpowiedni sprzęt. Może być również potrzebny zbiornik na odbieranie i magazynowanie paliw. Piece powinny być także wyposażone w technologie spalania lub lance odpowiednie dla danego rodzaju paliwa. Większość z zakładów w UE jest w mniejszym lub większym stopniu elastyczna, w zależności od lokalizacji i wyżej wymienionych czynników ekonomicznych. Niemniej jednak, zmiana rodzaju paliwa może wymagać sporych nakładów inwestycyjnych.

Należy podkreślić, że przypadku używania odpadów płynnych, niezbędna jest niska kleistość paliw odpadowych i często paliwo musi być podgrzane (do 60-70°C). Ponadto należy pamiętać, że w przypadku używania tłuszczów zwierzęcych, z uwagi na kleistość ten materiał odpadowy krzepnie w temperaturze 40°C i może zatykać rury i armaturę. Niezbędne jest zatem poddanie tłuszczów zwierzęcych obróbce w temperaturach powyżej 40°C np. przez dodatkowe podgrzewanie.

Miękkie stałe paliwa odpadowe mogą być używane wyłącznie w piecach obrotowych. Sproszkowane paliwa odpadowe mogą być używane w piecach obrotowych, współprądowych piecach regeneracyjnych i w specjalnych modelach pieców szybowych. Jednak w 2008 r. sproszkowane paliwa odpadowe nie były dostępne dla przemysłu wapienniczego, z uwagi na wysokie koszty proszkowania odpadów miękkich przez kruszenie.

Wybór odpowiednich paliw odpadowych zależy od rodzaju używanego pieca, pożądanych właściwości produktu, dostępności paliw i od możliwości technicznych podczas załadunku paliw do wybranych pieców. Wykorzystanie takich paliw jest ograniczone głównie przez:

- właściwości fizyczno-chemiczne, które nie zawsze spełniają odpowiednie wymogi fizyczne, chemiczne lub związane z charakterystyką procesu.
- dostępność na rynku i gwarantowany czas dostaw
- warunki ekonomiczne
- poziom emisji.

Informacje dotyczące używania paliw odpadowych można znaleźć w rozdziale 2.2.5.

Kwestie ekonomiczne

Do najważniejszych parametrów ekonomicznych należy zaliczyć:

- koszt samego paliwa, tj. koszt paliwa na tonę wapna może stanowić 30 do 60% wartości kosztów produkcji
- różnice w rozpiętości cen między cenami gazu ziemnego i paliw stałych obserwowane na przestrzeni lat
- wpływ kosztów zezwoleń CO₂
- koszty inwestycyjne związane ze sprzętem wymaganym przy stosowaniu konkretnego rodzaju paliwa, np. do magazynowania, przewożenia, suszenia, mielenia, wtryskiwania i zachowania bezpieczeństwa.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Wymogi gospodarcze.

Warunki lokalne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady wapiennicze w krajach UE-27.

[54, EuLA, 2006], [143, Williams, 2005], [155, Niemcy, 2007], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008]

2.4.5 Emisje pyłów (cząstek stałych)

W niniejszym rozdziale opisano działania/techniki zapobiegające skanalizowanej (zob. rozdział 2.3.3.1.1) i niezorganizowanej (zob. rozdział 2.3.3.1.2) emisji pyłów.

Przydatne informacje na ten temat można znaleźć w Dokumentie Referencyjnym dla najlepszych dostępnych technik w zakresie emisji powstających przy magazynowaniu materiałów sypkich lub niebezpiecznych oraz w Dokumentie Referencyjnym dla najlepszych dostępnych technik w zakresie oczyszczania ścieków i gazów w sektorze chemicznym [58, Komisja Europejska, 2003], [96, Komisja Europejska, 2006].

2.4.5.1 Środki/techniki związane z pracami emitującymi dużą ilość pyłu

Opis

Przedstawiono kilka różnych metod/technik, które mogą być stosowane oddzielnie lub łącznie (zob. rozdział 2.3.3.1.2):

- osłonięcie/zamknięcie prac emitujących dużą ilość pyłu, takich jak mielenie, przesiewanie i mieszanie
 - jeśli istnieje prawdopodobieństwo emisji pyłów z materiałów pylistych, przenośniki i elewatory są budowane jako systemy zamknięte.
 - silosy magazynujące o odpowiedniej pojemności, wskaźniki poziomu z wyłącznikami i z filtrami oddzielającymi zapyłone powietrze podczas zapełniania silosu
 - proces cyrkulacji z wykorzystaniem systemu transportu pneumatycznego
 - transportowanie materiałów w zamkniętych pojemnikach pod ujemnym ciśnieniem i odpylanie zasysanego powietrza przez filtry tkaninowe przed jego emisją do atmosfery
 - zmniejszenie liczby nieszczelności, przez które wydostaje się powietrze lub substancja, uzupełnienie instalacji
 - odpowiednia i kompletna konserwacja instalacji
-

-
- wykorzystanie urządzeń automatycznych i systemów kontrolnych
 - stałe stosowanie działań bezproblemowych
 - wykorzystanie elastycznych przewodów dozujących, wyposażonych w system ekstrakcji pyłów do załadunku wypalonego wapna na przyczepę samochodu ciężarowego.

Osiągnięte korzyści środowiskowe

Zmniejszenie głównie niezorganizowanej emisji pyłów. Dzięki zamknięciu maszyn w pomieszczeniach możliwe jest również zmniejszenie poziomu hałasu.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Wzrost zużycia energii poprzez używanie systemów ssących.

Przy przeprowadzaniu konserwacji mogą pojawić się dodatkowe odpady.

Dane operacyjne

Zależą od działania/techniki stosowanej w konkretnym przypadku.

Zastosowanie

Proponowane środki/techniki mogą być stosowane w przemyśle wapienniczym. W pracach związanych z przygotowaniem surowca, takich jak kruszenie i przesiewania, zazwyczaj nie stosuje się technik oddzielania pyłu, ze względu na zawartość wilgoci w surowcu. Aby zmniejszyć emisję pyłu, surowiec może zostać dodatkowo zwilżony wodą w procesie obróbki.

Kwestie ekonomiczne

Zależy od działania/techniki stosowanej w konkretnym przypadku.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Wymogi związane z bezpieczeństwem i higieną pracy.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady wapiennicze w krajach UE-27.

[46, Niemcy, 2006], [54, EuLA, 2006]

2.4.5.2 Środki/techniki stosowane przy magazynowaniu materiałów luzem i używaniu pryzm**Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe**

Aby ograniczyć niezorganizowane emisje pyłów podczas magazynowania materiałów luzem, z pryzm używanych do przechowywania pylastych surowców lub paliw, miejsca magazynowania mogą być osłonięte osłoną, ścianą lub porośniętymi osłonami (osłony wiatrowe porośnięte naturalną lub sztuczną roślinnością zabezpieczające odkryte hałdy przed wiatrem).

Silosy i zamykane w pełni zautomatyzowane systemy przechowywania surowców uznaje się za najbardziej skuteczne rozwiązania dla niezorganizowanej emisji pyłów pochodzących z dużych składowisk. Te rodzaje systemów magazynowania są wyposażone w jeden lub kilka filtrów tkaninowych zabezpieczających przed pyleniem podczas załadunku i rozładunku (zamykane systemy magazynowania z automatycznym systemem transportującym). Niezorganizowane emisje pyłów z pryzm można ograniczyć poprzez zastosowanie odpowiedniego nawilżenia składowanych materiałów i punktów rozładunku, jak również poprzez użycie taśm transportujących o regulowanej

wysokości. Jeśli nie da się uniknąć niezorganizowanej emisji pyłów podczas załadunku i rozładunku w punktach magazynowania, można ograniczyć te emisje poprzez dostosowanie wysokości rozładunku do zmieniającej się wysokości hałdy, w miarę możliwości automatycznie, lub poprzez zmniejszenie prędkości rozładunku.

Ponadto, miejsca magazynowania można nawilżać stosując urządzenia spryskujące, szczególnie w miejscach suchych (jeśli punktowe źródło powstawania pyłu jest niezbyt rozległe, można zainstalować system wtryskiwania wody), i czyścić polewaczkami. Co więcej, przy zastosowaniu technik nawilżania lub spryskiwania, można zabezpieczyć podłoże i zgromadzić nadmiar wody, którą w razie potrzeby będzie można wykorzystać w cyklach zamkniętych.

Aby zapobiec powstawaniu niezorganizowanych emisji pyłów w czasie przewożenia materiałów, można wykorzystać systemy odkurzania. Nowe budynki można z łatwością wyposażać w stacjonarny system odkurzania, a istniejące budynki są zazwyczaj lepiej wyposażone w systemy ruchome i elastyczne połączenia.

Aby ograniczyć niezorganizowane emisje pyłów w miejscach, gdzie używane są samochody ciężarowe, należy w miarę możliwości wybetonować i regularnie czyścić powierzchnię, po której poruszają się samochody. Spryskiwanie dróg wodą może ograniczyć emisje pyłów, szczególnie w czasie suszy. Aby utrzymać emisje pyłów na minimalnym poziomie można stosować dobre praktyki utrzymania porządku.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Przy nawadnianiu miejsc magazynowania zwiększa się zużycie wody.

Wzrost zużycia energii poprzez używanie systemów ssących.

Przy przeprowadzaniu konserwacji mogą pojawić się dodatkowe odpady.

Dane operacyjne

Zależą od działania/techniki stosowanej w konkretnym przypadku.

Zastosowanie

Proponowane środki/techniki mogą być stosowane w przemyśle wapienniczym.

Kwestie ekonomiczne

Zależą od działania/techniki stosowanej w konkretnym przypadku.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Wymogi związane z bezpieczeństwem i higieną pracy.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady wapiennicze w krajach UE-27.

[46, Niemcy, 2006], [54, EuLA, 2006], [168, TWG CLM, 2007]

2.4.5.3 Zmniejszenie skanalizowanej emisji pyłów

Niniejszy rozdział opisuje techniki mające na celu wyłącznie usunięcie pyłów (zob. rozdział 2.3.3.1.1). Istnieje wiele źródeł emisji pyłów w zakładach wapienniczych, począwszy od procesu przygotowania surowca, przez kalcynację wapienia, hydratyzację wapna, po mielenie wapna i szereg powiązanych i uzupełniających procesów. W zależności od rodzaju pieca używanego do produkcji

wapna, stosowane są różne techniki odpylania. Metody/techniki odpylania opierają się na filtracji, separacji elektrostatycznej i zastosowaniu płuczek mokrych (czyszczenie gazów odlotowych z filtrem). Techniki te są związane z następującymi właściwościami gazów odlotowych:

- temperatura
- prędkość przepływu
- wilgotność
- stężenie pyłu na wlocie filtra.

Tabela 2.36 przedstawia zestawienie danych operacyjnych przedstawionych w treści niniejszego rozdziału. Tabela stanowi jedynie przegląd danych i powinna być analizowana w połączeniu z odpowiednimi rozdziałami i akapitami.

Metoda/technika	Zastosowanie	Dane dotyczące emisji ⁴⁾		Koszty ³⁾	
		mg/Nm ³ ¹⁾	kg/tonę ²⁾	Inwestycyjne	Operacyjne
				mln EUR	EUR/tonę wapna
Elektrofiltr	Wszystkie piece, przemiałownie, procesy uzupełniające	<10-<20	0,015-0,1	0,6-3,9	>1,5
Filtr tkaninowy	Wszystkie piece	<10-<20	0,015-0,15	0,25-1,7	>1,5
	Przemiałownie, procesy uzupełniające	<10-<20	0,015-0,05		
Płuczki mokre	Wszystkie piece, zakłady hydratyzacji	10-30	0,06 – 0,25		
Separator odśrodkowy	Tylko jako separator wstępny: wszystkie piece, przemiałownie, procesy uzupełniające		-		
Obniżanie emisji niezorganizowanej	Wszystkie zakłady		-		

¹⁾ W przypadku pieców w zwyczajowych warunkach: średnie dobowe, suchy gaz, 273 K, 101,3 kPa i 11% O₂

²⁾ kg/tonę wapna w oparciu o:

- 3000 Nm³/tonę wapna dla pieców ASK i PFRK
- 3700 Nm³/tonę wapna dla pieców PRK
- 5000 Nm³/tonę wapna dla pieców LRK

³⁾ W odniesieniu do różnych wydajności pieców, zob. rysunek 2.46 i tabela 2.37

⁴⁾ Dane dotyczące emisji można znaleźć w odpowiednich akapitach w dalszej części niniejszego rozdziału

Tabela 2.36: Przegląd technik kontrolowania emisji pyłów w procesie produkcji wapna

Zarówno elektrofiltry, jak i filtry tkaninowe mają wysoką wydajność odpylania w normalnym trybie pracy, z ponad 99% poziomem retencji cząstek stałych, mimo że oba rozwiązania zależą od wielkości cząstek. W zależności od temperatury gazów odlotowych należy stosować różne rodzaje mediów filtrujących. Oba systemy filtrujące muszą być odpowiednio (okresowo) konserwowane, aby zapewnić odpowiednią efektywność, która jest wyższa niż w przypadku płuczek mokrych. Płuczki

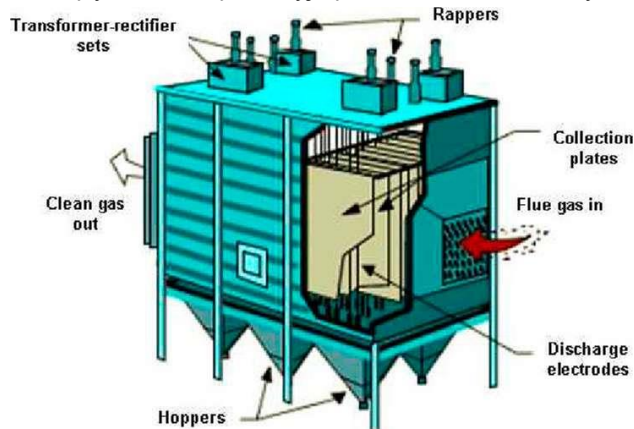
mokre zużywają dodatkową energię i wodę, oraz wytwarzają ścieki ciekłe, które następnie należy oczyszczać. Na efektywność elektrofiltrów mogą wpływać piki CO, jednak liczbę pików CO można zredukować, o czym mowa w rozdziale 4.2.6. Stosowane mogą być również separatory odśrodkowe, ale są one odpowiednie tylko jako separatory wstępne; niemniej jednak mogą osiągać wysoką skuteczność przy załadunkach z dużą ilością zanieczyszczeń. Obniżanie emisji niezorganizowanej opisano w rozdziale 2.4.5.1 i 2.4.5.2.

2.4.5.3.1 Elektrofiltry (ESP)

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

W elektrofiltrze gazy odlotowe przechodzą przez komorę z dwoma elektrodami. Do pierwszej elektrody przykładane jest wysokie napięcie (do 100 kV), co prowadzi do jonizacji gazów odlotowych. Powstałe jony łączą się z cząstkami pyłów w gazach odlotowych i tym samym cząstki te stają się naładowane elektrycznie. Siły elektrostatyczne odpychają naładowane cząstki pyłu od pierwszej elektrody i przyciągają je do drugiej elektrody, na której cząstki te się osadzają. W ten sposób cząstki pyłów usuwane są ze strumienia gazów odpadowych.

Elektrofiltry wytwarzają pole elektryczne na drodze cząstek pyłów niesionych w strumieniu powietrza. Cząstki ulegają ujemnemu naładowaniu i migrują w kierunku dodatnio naładowanych elektrod zbiorczych. Elektrody zbiorcze są okresowo obstukiwane lub wibrowane i zrzucają odebrany materiał do lejów zsykowych znajdujących się poniżej. Elektrofiltry mogą być stosowane w wysokich temperaturach (do ok. 400°C) i przy wysokiej wilgotności. Czynniki wpływającymi na efektywność elektrofiltrów są: prędkość przepływu gazów, natężenie pola elektrostatycznego, koncentracja pyłów, stężenie SO₂, wilgotność gazów oraz powierzchnia i kształt elektrod. W szczególności, natężenie pola elektrostatycznego może być obniżone przez narastanie pyłów tworzących warstwę izolacyjną na elektrodach zbiorczych, co przedstawiono na rysunku 2.43.



Układy transformatorowo-prostownikowe
Kołatki
Panele osadowe
Ujście czystych gazów
Wlotujące gazy odlotowe
Elektrody ulotowe
Zsypy

Rysunek 2.43: Schemat tradycyjnego elektrofiltru (ESP)
[54, EuLA, 2006].

Ze względu na ryzyko wybuchu, bezpieczne stężenie CO na wlocie do elektrofiltru ogranicza się na ogół do 1-2%, czyli dużo poniżej granicy wybuchowości wynoszącej 10%. Należy zatem unikać

pików CO, a przed filtracją muszą być stale monitorowane docelowe poziomy CO. Liczbę pików CO można zredukować instalując nowoczesne systemy kontroli z szybką aparaturą pomiarową i kontrolną umożliwiającą stosowanie wyższych kryteriów wyłączeń. Wytyczne dotyczące kontroli pików CO zostały opisane w rozdziale 4.2.6.

W uzasadnionych przypadkach, w celu poprawy czystości emisji takich jak PCDD, przed elektrofiltrami można zainstalować wieże gaśnicze.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Ryzyko wybuchu zwiększa się przy wysokich stężeniach CO.

Przy stosowaniu elektrofiltrów zwiększa się zużycie energii (ale mniejsze spadki ciśnienia w porównaniu z innymi rodzajami filtrów prowadzą do mniejszego zużycia energii przez wentylatory gazów odlotowych).

Występują dodatkowe odpady.

Dane operacyjne

W stałych warunkach eksploatacji, elektrofiltry mogą niezawodnie uzyskiwać emisje pyłów w przedziale od 5 do 20 mg/Nm³ (zob. rozdział 2.3.3.1.1). W roku 2005, podczas testów w fińskich zakładach wapienniczych stwierdzono osiągnięcie poziomu emisji poniżej 5 mg/Nm³ przy pomiarze punktowym, w przypadku pieców obrotowych opalanych koksem i węglem.

Dzięki zastosowaniu równoległych komór (pól elektrostatycznych) można poprawić efektywność istniejących elektrofiltrów. Niemniej jednak, poprawa ta jest możliwa dopiero wtedy, gdy rzeczywisty poziom emisji pyłów jest wysoki i pod warunkiem, że zapewniono odpowiednio dużo miejsca.

Zastosowanie

Elektrofiltry mogą być stosowane w temperaturach powyżej punktu rosy aż do 400°C (przy miękkiej stali konstrukcyjnej). Co więcej, elektrofiltry mogą być stosowane, gdy temperatura jest zbliżona lub poniżej punktu rosy.

Ze względu na wysokie przepływy objętościowe i względnie dużą zawartość pyłów, elektrofiltry są stosowane głównie w piecach obrotowych z podgrzewaczami lub bez. W niektórych przypadkach jest to spowodowane wysoką temperaturą gazów odlotowych, w innych zaś dużą wydajnością produkcji i w konsekwencji dużą ilością gazów odlotowych. W połączeniu z zastosowaniem wież gaśniczych można osiągnąć doskonałe wyniki.

Kwestie ekonomiczne

Koszty inwestycyjne elektrofiltrów w stosunku do filtrów tkaninowych rosną wraz ze wzrostem wymiarów pieca i dziennej wydajności produkcji, co przedstawiono na rysunku 2.46.

Sila sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Temperatura i prędkość przepływu gazów odlotowych.

Warunki inwestycyjne (warunki lokalne).

Bieżące koszty operacyjne.

Zużycie energii.

Sprawdzona technika.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Lappeenranta, Nordkalk Oy (Finlandia), Rheinkalk GmbH Flandersbach (Niemcy), Hönnetal (Niemcy), zakłady wapiennicze w krajach UE-27.
[54, EuLA, 2006], [63, Finlandia, 2006], [168, TWG CLM, 2007]

2.4.5.3.2 Filtry tkaninowe

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Podstawowa zasada filtracji tkaninowej polega na wykorzystaniu membrany tkaninowej, która przepuszcza gaz, a zatrzymuje cząstki pyłu. Początkowo pyły osadzają się na powierzchni włókien i wewnątrz tkaniny. Jednak w miarę narastania warstwy pyłu, dominującym medium filtrującym staje się sam pył. W miarę narastania warstwy pyłowej rośnie opór przepływu gazów (spadek ciśnienia).

Dlatego konieczne jest okresowe oczyszczanie medium filtrującego dla kontroli spadku ciśnienia gazów na filtrze. Najpowszechniej stosowanymi metodami oczyszczania filtrów są rewersyjny przepływ gazów, mechaniczne wstrząsanie, wibracja i pulsacje sprężonym powietrzem (czyszczenie strumieniowe).

Kluczowymi elementami skutecznej filtracji jest system oczyszczania, przepływ powietrza i obciążenie danego medium. Filtr powinien posiadać wiele sekcji (co ma wpływ na koszty inwestycyjne i na wielkość filtra – powierzchnia i pojemność), które można indywidualnie wyłączać w przypadku uszkodzenia worka, zapewniając przy tym prawidłową pracę odpylacza nawet w przypadku, gdy któraś sekcja zostanie zatrzymana, np. na potrzeby konserwacji. Każda sekcja powinna posiadać „system sygnalizacji uszkodzenia worków” wskazujący na konieczność ich wymiany.

Pył będzie gromadzony w bunkrze, tzw. „zasobniku na pył” (część sekcji) i transportowany przenośnikami śrubowymi, zaworami klapowymi lub obrotowymi, jak przedstawiono na rysunku 2.44.

Filtry tkaninowe mogą działać w warunkach wysokiego ciśnienia lub pod siłą ssącą.

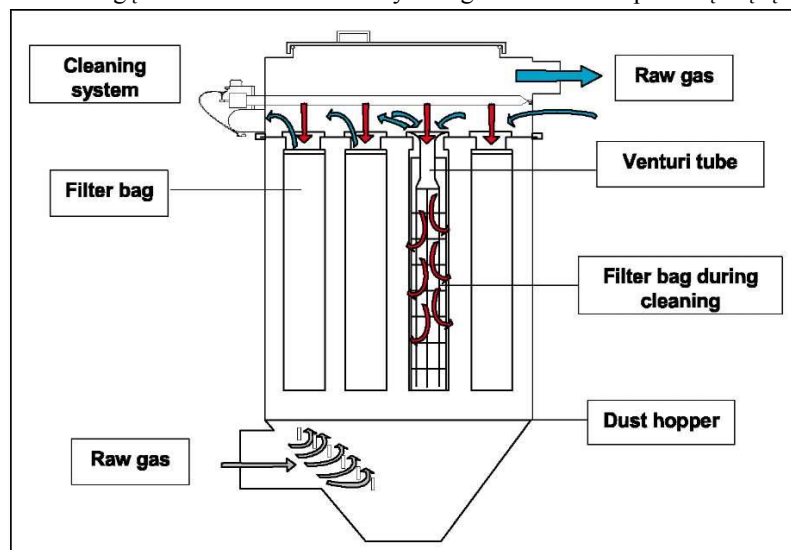


Figure 2.44: Schematic of a fabric filter with pulse jet cleaning

System czyszczenia

Filtr workowy

Gaz surowy
Płuczka typu Venturi
Filtr workowy podczas oczyszczania
Zsyp pyłu

Rysunek 2.44: Schemat filtra tkaninowego z systemem czyszczenia strumieniowego [54, EuLA, 2006]

W zależności od temperatury gazów odlotowych należy stosować różne rodzaje mediów filtrujących. Przyczyny krótkiej żywotności worków mogą być następujące:

- temperatura rozruchu
- temperatura zatrzymania
- skoki temperatur
- skład gazów odlotowych
- zachowanie się pyłu wapiennego (zatykanie).

W jednym przypadku stwierdzono, że przyczyną krótkiej żywotności jest niewystarczająca wielkość filtra. Problem został rozwiązany przez powiększenie filtra i obecnie uzyskuje się emisje poniżej 5 mg/Nm³ przy dwuletniej gwarancji na worki. Stosowano także worki ze specjalnych tworzyw i o specjalnych właściwościach, jednak i przy nich występują problemy z trwałością. W jednym z zakładów za przyczynę takiego stanu rzeczy uznano okresowo występującą podwyższoną temperaturę gazów [24, Junker, 2001].

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Zwiększone zużycie energii, z uwagi na duży spadek ciśnienia (medium filtra tkaninowego i warstwa pyłowa na powierzchni).

Zwiększone zużycie energii i emisji CO₂, ze względu na dodatkowe podgrzewanie gazów odlotowych o wysokiej wilgotności i niskiej temperaturze (<120 °C), aby zapobiec korozji filtra i zatkanii worków.

Praca filtrów tkaninowych, szczególnie pulsacje sprężonym ciśnieniem, mogą powodować emisje hałasu.

W niektórych przypadkach, niewielkie nieszczelności na łączeniach i początki korozji (które są trudne do wykrycia) mogą powodować zator i doprowadzić do zwiększonej emisji pyłów powyżej poziomu, który odnotowujemy podczas rutynowej eksploatacji.

Niewystarczająca powierzchnia filtra powoduje zbyt dużą prędkość filtracji, gdy powietrze chłodzące jest zasysane do filtra.

Występują dodatkowe odpady.

Dane operacyjne

Filtry tkaninowe zwykle pracują w temperaturach powyżej punktu rosy aż do 180-200°C w przypadku tkanin specjalnych i do 250°C przy włóknach szklanych i „Teflonie”. Można ich jednakże używać w temperaturach punktu rosy do oczyszczania gazów emitowanych z zakładów hydratyacji. Dobrze zaprojektowane, eksploatowane i konserwowane filtry tkaninowe (stałe odpylanie worków) potrafią osiągać emisje pyłów poniżej 10 mg/Nm³ (60% z krajów UE-27), a najczęściej odnotowywane są emisje pyłów poniżej 20 mg/Nm³. W jednym z fińskich zakładów wapienniczych,

emisje pyłów, mierzone raz do roku, wahały się od 0,7-1,1 mg/Nm³ (4,3% O₂) w 2004 r. do 1,7-2,2 mg/Nm³ (4,3% O₂) w 2005 r. Emisje te odnotowano w piecu szybowym pierścieniowym wykorzystującym filtry tkaninowe i opalany paliwami ciężkimi i lekkimi. Ponadto, w Finlandii w 2004 r. jeden piec PFRK uzyskał poziom emisji pyłów 6 mg/Nm³ (krótki okres, 9,6% O₂) przy zastosowaniu filtrów tkaninowych i gazu koksowniczego jako paliwa (zob. tabela 4.37). W 2005 r. emisje pyłów wahały się od 1,7 do 2,2 mg/Nm³ w piecu szybowym pierścieniowym z wykorzystaniem filtra tkaninowego (pojedyncze pomiary).

Efektywność i wykorzystanie worków filtrów tkaninowych kontroluje się na ogół przez pomiar spadku ciśnienia między surowym a czystym gazem. Zakłady stosujące filtry tkaninowe osiągają wysoki poziom retencji cząstek stałych, zazwyczaj ponad 98 do 99,9%, w zależności do wielkości cząstek. Filtry te mogą być stosowane we wszystkich rodzajach pieców (zob. rozdział 4.3.2.3).

Zastosowanie

Filtry tkaninowe do usuwania pyłów z gazów odlotowych mogą w zasadzie być stosowane w przemyśle wapienniczym we wszystkich rodzajach pieców oraz są powszechnie wykorzystywane do odpylania. Filtry te nadają się do stosowania w piecach, przemiałowniach wapna palonego oraz wapienia, zakładach hydratacji; przy transporcie, magazynowaniu i załadunku. Często przydatne jest ich połączenie z filtrami cyklonowymi.

Działanie filtrów tkaninowych jest ograniczone warunkami związanymi z gazami odpadowymi, takimi jak temperatura, wilgotność, zawartość pyłów i skład chemiczny. Warunki te spełniane są przez różne tkaniny, które zapobiegają zużyciu mechanicznemu, termicznemu i chemicznemu.

W przypadku stosowania mediów odpornych na działanie temperatury, temperatury pracy mogą osiągać nawet 250°C. Wyższe temperatury wymagają chłodzenia gazu przez szybkie chłodzenie wodą lub świeżym powietrzem.

Aby zapobiec korozji filtra i zatkaniu worków, gazy odlotowe o wysokiej wilgotności i niskiej temperaturze (<120 °C) muszą być podgrzewane. W związku z powyższym przed filtrem musi być zainstalowany dodatkowy system grzewczy. Obudowa filtra jest izolowana, a części krytyczne są podgrzewane i/lub wykonane ze stali nierdzewnej.

Wysoka prędkość gazów odlotowych obniża efektywność oczyszczania worka. W rezultacie, wymagane jest zwiększenie ciśnienia powietrza oczyszczającego, co skraca żywotność worków. Zalecane prędkości filtracji wynoszą 0,9-1,2 m/min.

Aby zapobiec zniszczeniu worka filtrującego i stalowej konstrukcji niezbędne jest przeprowadzanie kontroli przepływu laminarnego do filtra. Kontrola ta nie jest symulowana w modelach i musi być opracowana podczas eksploatacji, np. ustawienie pozycji pieców muflowych. Chodzi o kwestię wyboru rodzaju materiałów filtra oraz rozprowadzania gazów w filtrze. Ważne jest również, aby temperatura pracy była wyższa od punktu rosy; w przeciwnym razie stalowa konstrukcja ulegnie korozji. W niektórych przypadkach, gdy mamy do czynienia z (poważnymi) problemami z korozją, niektóre części filtra muszą być wykonane ze stali nierdzewnej.

Kwestie ekonomiczne

Koszty inwestycyjne związane z filtrami tkaninowymi są wyższe, gdy mamy do czynienia z większymi rozmiarami filtrów i dużą dzienną wydajnością, co przedstawiono na rysunku 2.46 (zob. rozdział 2.4.5.3.5). Koszty utrzymania i energii przedstawiono na rysunku 2.47 i 2.48 (zob. rozdział 2.4.5.3.5).

W austriackich zakładach wapienniczych, koszty inwestycyjne instalacji filtrów tkaninowych wyniosły 350000 do 500000 EUR, nie licząc kosztów samego filtra i kosztów urządzeń peryferyjnych. Koszty operacyjne wynoszą ok. 0,5-1,0 EUR na tonę [66, Austria, 2006].

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Temperatura i prędkość przepływu gazów odlotowych.

Warunki inwestycyjne (warunki lokalne).

Bieżące koszty operacyjne.

Zużycie energii.

Sprawdzona technika.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

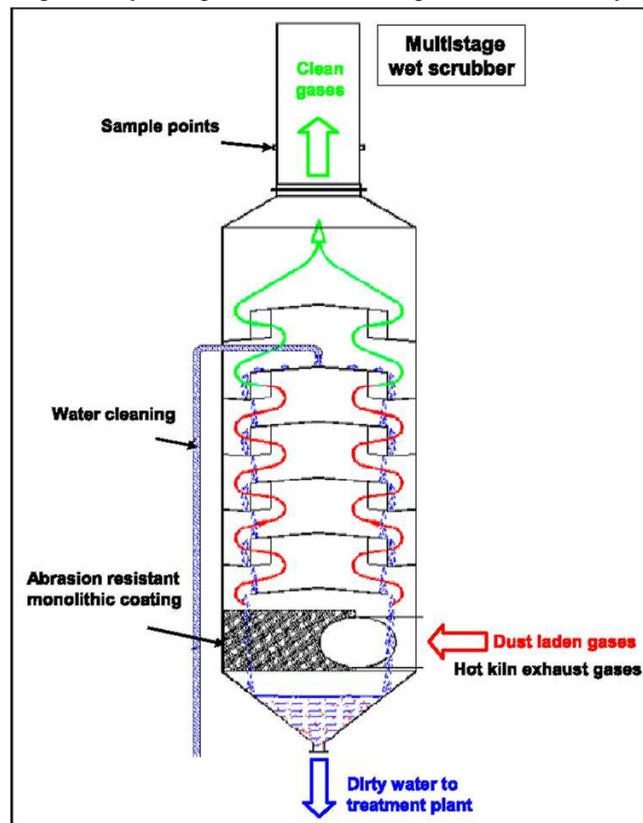
Zakłady wapiennicze w krajach UE-27, zakład Tytyri w Finlandii.

[24, Junker, 2001] [45, Schorcht, 2006], [54, EuLA, 2006], [63, Finlandia, 2006], [66, Austria, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008]

2.4.5.3.3 Płuczki mokre

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Przy zastosowaniu separatorów rozdzielających, pył jest usuwany ze strumieni gazów poprzez połączenie gazów z cieczą myjącą (zazwyczaj wodą), tak aby cząstki pyłu zostały przechwycone przez płyn, a następnie wypłukane. W zależności od modelu i zasad działania, płuczki mokre można podzielić na różne rodzaje (np. typ Venturi), ale większość rodzajów używanych w piecach wapienniczych to płuczki kaskadowe, przedstawione na rysunku 2.45.



Kaskadowa płuczka mokra
Czyste gazy
Punkty poboru próbek
Oczyszczanie wody
Monolityczna powłoka odporna na ścieranie
Gazy obciążone zanieczyszczeniami
Gorące piecowe gazy odlotowe
Ścieki do oczyszczalni

Rysunek 2.45: Schemat przykładowej kaskadowej płuczki mokrej do gazów wylotowych [54, EuLA, 2006]

Gazy surowe z pieca przepływają przez płuczkę kaskadową zanim trafią do atmosfery. Do jednostki pompowana jest woda, która następnie spływa kaskadowo przez kilka sekcji, gdzie przechwytywany jest pył, aby ostatecznie trafić do zakładu gospodarki ściekami. Osady ściekowe powstałe w płuczkach mokrych mogą być sprzedane jako produkt neutralizujący lub odwodnione i zutylizowane. Woda jest zazwyczaj wykorzystywana ponownie.

Istnieje wiele rodzajów płuczek mokrych stosowanych do usuwania pyłów. Główne rodzaje używane w piecach wapienniczych to płuczki kaskadowe, dynamiczne płuczki mokre i skrubery Venturi. Większość płuczek używanych w piecach wapienniczych to płuczki kaskadowe przedstawione na rysunku 2.45. Aby uzyskać mniejsze załadunki gazów czystych, jednostki muszą być odpowiednio zwiększone, muszą posiadać dodatkowe sekcje kaskadowe lub posiadać niskie obciążenie wlatującego pyłu z uwagi na płukany kamień.

Przy stosowaniu skruberów Venturi, gazy odlotowe wdmuchiwane są przez dyszę z prędkością od 60 do 120 m/s. Woda wprowadzana jest w przeciwnym kierunku do dyszy i rozbijana przez siły pneumatyczne na drobne kropelki, dzięki czemu miesza się całkowicie z gazami. Przechwycone przez kropelki wody cząstki pyłu stają się cięższe i łatwo je usunąć w rozdzielającym separatorze (zwykle cyklonowym) dołączonym do skrubera Venturi.

Zebrany materiał ma teraz postać osadu, dzięki czemu przy jego przewożeniu nie występują niezorganizowane emisje pyłów. Przy stałym dostępie wody, płuczki mokre zachowują stałą wydajność i nie wymagają wymiany części mających określoną żywotność.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Zwiększy się zużycie wody.

Większa wilgotność gazów czystych.

Nad kominem pieca, w wyniku dużej wilgotności, może pojawiać się pióropusz, w zależności od warunków atmosferycznych i wilgotności względnej.

Mogą powstawać dodatkowe odpady ciekłe.

Należy również uwzględnić czyszczenie płynu czyszczącego i ścieków, transport osadu oraz utylizację.

Do oczyszczania ścieków może być niezbędne zużycie dodatkowej energii.

Może wystąpić hałas.

Aby uzyskać mniejsze załadunki gazów czystych, jednostki muszą być odpowiednio zwiększone, muszą posiadać dodatkowe sekcje kaskadowe lub posiadać niskie obciążenie wlatującego pyłu z uwagi na płukany kamień.

Mogą wystąpić dodatkowe koszty inwestycyjne i utrzymania.

Dane operacyjne

Przy stosowaniu płuczek mokrych nowej generacji, poziomy emisji po oczyszczeniu wahają się od 10 do 30 mg/Nm³, co odpowiada ok. 0,008 do 0,024 kg/tonę wapna hydratyzowanego. W 2007 r. w Wielkiej Brytanii, trzy najnowocześniejsze płuczki mokre osiągnęły wyniki 11 mg/Nm³, 17 mg/Nm³ i 18 mg/Nm³. Jednak odnotowano również emisje pyłu do 60 mg/Nm³ (w mokrych warunkach) [168, TWG CLM, 2007], [177, EULA, 2008].

W wydajnych warunkach pracy, płuczki kaskadowe mogą osiągać stężenia gazów czystych poniżej 30 mg/Nm³; niemniej jednak, w większości przypadków emisje pyłów przekraczają 30 mg/Nm³. Rysunek 2.35 (zob. rozdział 2.3.3.1.1) pokazuje, że jedynie ok. 30% płuczek mokrych osiąga poziomy emisji poniżej 30 mg/Nm³, ok. 12% - poniżej 20 mg/Nm³, a żadne płuczki nie osiągają poziomu poniżej 10 mg/Nm³. Należy jednak podkreślić, że niższe wyniki osiąga się w wydajnych warunkach pracy płuczek kaskadowych i/lub przy zastosowaniu płuczek mokrych nowej generacji.

W porównaniu z elektrofiltrami i filtrami tkaninowymi, poziomy emisji uzyskiwane w płuczkach mokrych mogą być znacznie wyższe.

Typowe zużycie wody przez płuczki kaskadowe wynosi ok. 100 l/tonę wapna.

Zastosowanie

Płuczki mokre wybierane są zwykle wtedy, gdy temperatura gazów jest zbliżona lub niższa od temperatury punktu rosy. Mokre płuczki mogą być także wybierane w przypadku ograniczonej przestrzeni.

Płuczki mokre są też czasami używane przy gazach o wyższej temperaturze; w tym przypadku woda chłodzi gazy i zmniejsza ich objętość.

Kwestie ekonomiczne

W odniesieniu do kosztów operacyjnych, należy uwzględnić czyszczenie płynu czyszczącego i oczyszczanie ścieków.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Shapfell Limeworks, Wielka Brytania.

[54, EuLA, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [177, EULA, 2008], [182, TWG CLM, 2008]

2.4.5.3.4 Separatory odśrodkowe/cyklony

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

W separatorach odśrodkowych/cyklonach, cząstki pyłu, które mają być usunięte ze strumienia gazów, są wypychane siłą do zewnętrznych ścianek separatora przez siłę odśrodkową, a następnie usuwane przy pomocy szczelinowego otworu na spodzie separatora. Siły odśrodkowe powstają przez skierowanie przepływu gazów do dołu w ruchu spiralnym przez cylindryczny pojemnik (separator cyklonowy) lub przez obracanie mieszadła zainstalowanego w separatorze (mechaniczne separatory odśrodkowe). Z powodu ograniczonej efektywności usuwania drobnych cząstek, separatory odśrodkowe/cyklony stosuje się głównie do wstępnego oczyszczania gazów odlotowych. Odciążają

one filtry elektrostatyczne i filtry tkaninowe zmniejszając koncentrację pyłu oraz ograniczają problemy ścierania.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Działanie separatorów odśrodkowych stanowi istotne źródło hałasu.

Dane operacyjne

Zwykle cyklony usuwają ok. 90% pyłów z pieców wapienniczych. Podobnie jak separatory wstępne/separatory produktu, osiągają one zazwyczaj poziom emisji pyłów poniżej 150 mg/Nm³.

Separatory odśrodkowe działają bardziej wydajnie przy większych stężeniach substancji zanieczyszczających, pod warunkiem, że urządzenie nie zostanie zablokowane.

Zastosowanie

Cyklony są stosunkowo tanie i łatwe w obsłudze, jednak cząstki o małych rozmiarach nie są efektywnie wylapywane. Stosowanie separatorów odśrodkowych/cyklonów może być ograniczone, gdy cząstki pyłu są bardzo małe. Z powodu tego naturalnego ograniczenia efektywności usuwania drobnych cząstek, cyklony stosuje się głównie do wstępnego oczyszczania gazów odlotowych z młynów, pieców i innych urządzeń.

Kwestie ekonomiczne

W porównaniu z elektrofiltrami i filtrami tkaninowymi, cyklony są stosunkowo niedrogie. Koszty inwestycyjne związane z filtrami tkaninowymi i elektrofiltrami (w zależności od wielkości pieca i dziennej wydajności) przedstawiono na rysunku 2.46, natomiast koszty utrzymania i energii przedstawiono na rysunku 2.47 i 2.48 (zob. rozdział 2.4.5.3.5).

Sila sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Oszczędność surowców.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady wapiennicze w krajach UE-27.

[16, EuLA, 2001], [54, EuLA, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008]

2.4.5.3.5 Przykłady kosztów związanych z różnymi technikami oczyszczania gazów odlotowych

Niektóre przykłady kosztów związanych z obniżaniem emisji pyłów przez zastosowanie różnych technik ograniczających przedstawiono w tabeli 2.37.

W piecach wapienniczych stosowane są trzy podstawowe techniki odpylania:

- filtry tkaninowe
- elektrofiltry (ESP)
- płuczki mokre.

Wielkość filtra i warunki eksploatacji wpływają na wysokość kosztów inwestycyjnych. Temperatury i skład gazów mogą wymagać dodatkowych instalacji, takich jak:

- izolacja
 - ogrzewanie/chłodzenie
-

- zabezpieczenie przed korozją i zużyciem.

Istnieją zatem spore wahania kosztów inwestycyjnych. Głównymi częściami składowymi kosztów są inwestycje, utrzymanie i energia.

Koszty inwestycyjne elektrofiltrów w stosunku do filtrów tkaninowych rosną wraz ze wzrostem wymiarów pieca i dziennej wydajności produkcji, co przedstawiono na rysunku 2.46.

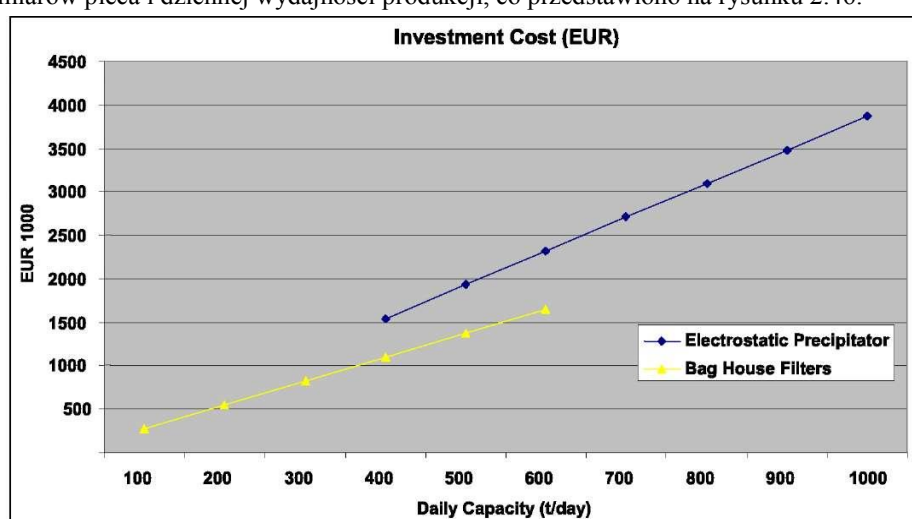


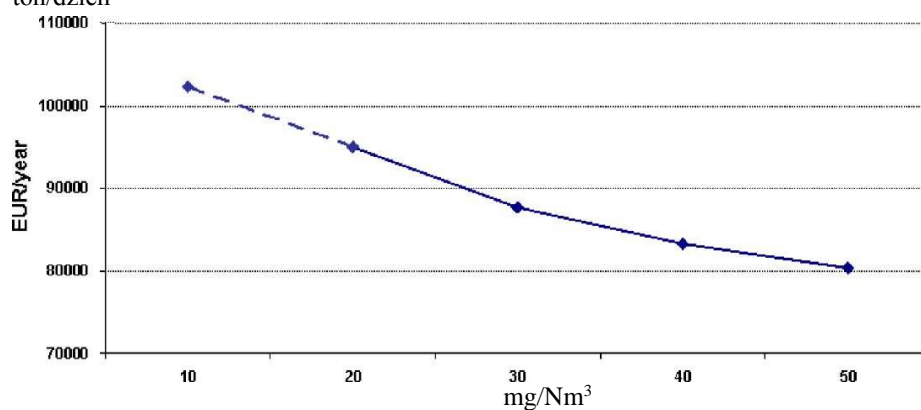
Figure 2.46: Investment costs as a function of kiln capacity for ESPs and fabric filters – EU-27
[54, EuLA, 2006]

Koszty inwestycyjne (EUR)
Filtr elektrostatyczny
Filtry tkaninowe
Dzienna wydajność (t/dzień)

Rysunek 2.46: Koszty inwestycyjne jako funkcja wydajności pieców z filtrami elektrostatycznymi i filtrami tkaninowymi – EU-27
[54, EuLA, 2006]

W zależności od wydajności pieca i warunków typowych dla danego zakładu, koszty inwestycyjne sprzętu mogą wahać się od 300000 do 4000000 EUR. Wzrost kosztów utrzymania i energii obserwuje się przy obniżeniu poziomu emisji, co przedstawiono na rysunkach 2.47 i 2.48.

Symulacja kosztów utrzymania systemów odpylających vs. emisje pyłów RK elektrofiltr – 400 ton/dzień



EUR/rok

Rysunek 2.47: Symulacja kosztów odpylania jako funkcja emisji pyłów z pieca obrotowego (RK) z elektrofiltrem – UE-27 [54, EuLA, 2006]

Symulacja kosztów odpylania vs. emisje
PFRK BH – 400 ton/dzień

/brak wykresu – nie można go skopiować, gdyż oryginał jest zabezpieczony/

Rysunek 2.48: Symulacja kosztów utrzymania systemów odpylających jako funkcja emisji pyłów z pieca PFRK i filtrów tkaninowych – UE-27 [54, EuLA, 2006]

W 2007 r. we Włoszech przeprowadzono badanie 33 pieców PFRK i przeanalizowano koszty odpylania zależące od przedziałów emisji pyłów z pieców PFRK. Badanie wykazało paraboliczną zależność między kosztami odpylania i stężeniem emisji pyłów. Współczynnik kosztów wynosi ok. 2 dla przedziału emisji między 20 a 50 mg/Nm³, jak również dla emisji pyłów między 10 a 20 mg/Nm³, co przedstawiono na rysunku 2.49.

Symulacja kosztów odpylania vs. emisje PFRK BH – 400
ton/dzień

/brak wykresu – nie można go skopiować, gdyż oryginał jest zabezpieczony/

Rysunek 2.49: Symulacja kosztów utrzymania systemów odpylających jako funkcja przedziałów emisji pyłów z pieca PFRK i filtrów tkaninowych we Włoszech w 2007 r. [168, TWG CLM, 2007], [169, Włochy, 2007], [177, EULA, 2008]

Tabela 2.37 poniżej zawiera przykłady obliczania kosztów technik obniżania emisji pyłów z francuskiego zakładu wapienniczego. Należy uwzględnić przebadane techniki obniżania emisji pyłów: elektrofiltry i filtry tkaninowe. Zróżnicowane koszty operacyjne wyszczególnione w tabeli obejmują koszty energii elektrycznej, koszty pracy i utylizacji pyłów. Ponadto, uwzględniono dane dotyczące płuczek mokrych.

Inwestycje i koszty związane z technikami obniżania emisji pyłów				
Parametr	Jedn.	Technika ograniczająca emisje		
		elektrofiltr ^{r⁰}	Filtr tkaninowy ⁰	Pluczka mokra
Opis instalacji referencyjnej				
Wydajność	ton wapna/dzień	140	140	
Wydajność	ton/rok			50000
Czynnik zakładu	h/rok	7680	7680	
Przepływ gazów odlotowych	Nm ³ /h ¹	23333	23333	
Koszty inwestycyjne	k EUR	600	700	6-18
Koszty kapitałowe przeliczone na rok	k EUR			
Oprocentowanie	%/100/rok	4	4	
Żywotność sprzętu kontrolnego	rok	10	10	
Ogółem	k EUR	73,97	86,30	
Ogółem	k EUR/tonę wapna	1,65E-03	1,93E-03	
Stale koszty operacyjne	%/rok ²	4	4	
Ogółem	k EUR	24	28	
Ogółem	k EUR/tonę wapna	5,36E-04	6,25E-04	1,0-5,0E-04 (0,1 – 0,5 EUR/tonę wapna)
Zmienne koszty operacyjne	k EUR/tonę wapna	8,06E-04	9,03E-04	
Koszty na tonę wapna	k EUR/tonę wapna	2,99E-03	3,45E-03	
koszty na tonę oczyszczonego pyłu ³	k EUR/tonę oczyszczonego pyłu			
Wskaźnik nieoczyszczonych emisji	tona pyłu/tonę wapna	0,015	0,015	
Wskaźnik oczyszczonych emisji	tona pyłu/tonę wapna	0,0002	0,0002	
Ogółem	k EUR/tonę oczyszczonego pyłu	0,202	0,233	
Określenie zmiennych kosztów operacyjnych				
Koszty energii elektrycznej ⁴				

Rozdział 2

Dodatkowe zapotrzebowanie na energię (λ^e) ⁵⁾	kWh/tonę wapna	6,86	408,57	50 kW	
Cena energii elektrycznej (c^e)	EUR/kWh	0,0569	0,0569		
Ogółem	k EUR/tonę wapna	3,90E-04	4,88E-04		
Koszty pracy ⁶⁾					
Zapotrzebowanie na siłę roboczą (λ^1)	osoborok/tonę wapna	1,12E-05	1,12E-05		
Stawki (c^1)	k EUR/osoborok	37,234	37,234		
Ogółem	k EUR/tonę wapna	4,16E-04	4,16E-04		
Koszty utylizacji pyłu ⁷⁾					
Ogółem	k EUR/tonę wapna	0	0		
Zmienne koszty operacyjne ogółem	k EUR/tonę wapna	8,06E-04	9,03E-04		

k EUR – tysiąc euro
⁰⁾ dane za rok 2000
¹⁾ 10% O₂ i gaz suchy
²⁾ Inwestycyjne
³⁾ Podział 50% elektrofiltr i 50% filtr tkaninowy; wykorzystanie średniej z elektrofiltru i filtra tkaninowego
⁴⁾ Koszty energii elektrycznej = $\lambda^e \cdot c^e / 10^3$ (k EUR/tonę)
⁵⁾ Dodatkowe zapotrzebowanie na energię = nowe całkowite zużycie – stare całkowite zużycie
⁶⁾ Koszty pracy = $\lambda^1 \cdot c^1$ (k EUR/tonę)
⁷⁾ Koszty utylizacji pyłów = $\lambda^d \cdot c^d \cdot E_{f \text{ nieoczyszczona}} \cdot \eta / 10^3$ (k EUR/tonę)
 $E_{f \text{ nieoczyszczona}}$: współczynnik nieoczyszczonej emisji substancji zanieczyszczającej (tona substancji/tonę)
 λ^d : zapotrzebowanie na utylizację pyłu (tona/tonę usuniętej substancji zanieczyszczającej)
 c^d : koszt specjalnej utylizacji pyłu (EUR/tonę)
 η : efektywność usuwania (= $1 - e_{f \text{ oczyszczona}} / e_{f \text{ nieoczyszczona}}$)

Tabela 2.37: Inwestycje i koszty technik obniżania emisji pyłów [61, Francja, 2006, 62, Francja/DFIU/IFARE Karlsruhe, 2004]

W tabeli 2.38 poniżej przedstawiono proporcje kosztów związanych z obliczeniem kosztów z tabeli 2.37, szczególnie w zakresie różnych kosztów zawartych w kosztach operacyjnych.

Koszty proporcjonalne zawarte w zmiennych kosztach operacyjnych			
Rodzaj kosztów	Jedn.	Działanie/technika ograniczająca emisje	
		Elektrofiltr	Filtr tkaninowy
Koszty energii elektrycznej	%	48,42	53,99
Koszty pracy	%	51,58	46,01

Koszty utylizacji pyłu	%	0,00	0,00
Zmienne koszty operacyjne ogółem	%	100,00	100,00

Tabela 2.38: Proporcje różnych rodzajów kosztów zawartych w kosztach operacyjnych działań/technik ograniczających emisje [61, Francja, 2006]

Koszty instalacji filtra tkaninowego w Austrii plasują się w przedziale od 350000 do 500000 EUR. Koszty te nie uwzględniają kosztów urządzeń peryferyjnych [66, Austria, 2006].

2.4.6 Związki gazowe

2.4.6.1 Obniżanie emisji NOx

Najwyższe emisje NOx odnotowuje się z pieców obrotowych. Dlatego też najważniejsza jest kontrola emisji NOx z pieców obrotowych (zob. rozdział 2.3.3.2).

Działania umożliwiające obniżenie emisji NOx można podzielić na następujące grupy:

- pierwotne metody/techniki ograniczające powstawanie NOx i
- wtórne metody/techniki redukujące tlenki azotu do N₂.

Do metod/technik pierwotnych zalicza się w szczególności:

- wybór paliwa (ograniczenie zawartości azotu w paliwie)
- optymalizację procesu (kształtowanie płomienia i profilu temperatury)
- model palnika (palnik niskoemisyjny)
- stopniowanie powietrza.

Wymienione metody/techniki są najbardziej efektywne kosztowo, ale ich efektywność jest ograniczona, w szczególności przez budowę komory spalania w piecu obrotowym i przez poziomy temperatur wymagane do utrzymania odpowiedniej jakości wapna.

Metody/techniki wtórne można podzielić na:

- system selektywnej redukcji niekatalitycznej (SNCR) oraz
- system selektywnej redukcji katalitycznej (SCR).

Obie metody/techniki wykorzystują związki azotu, które reagują z tlenkami azotu, aby je zredukować i utworzyć N₂. Zazwyczaj procesy katalityczne pociągają za sobą wysokie koszty inwestycyjne.

Tabela 2.39 przedstawia metody/techniki obniżania emisji NOx, które mogą być stosowane w wybranych piecach wapienniczych.

Metoda/technika	Zastosowanie	Efektywność obniżania %	Dane dotyczące emisji ⁴⁾⁵⁾		Koszty ³⁾	
			mg/Nm ³ ¹⁾	kg/tonę ²⁾	Inwestycyjne	Operacyjne
					mln EUR	EUR/tonę

Rozdział 2

						wapna
Optymalizacja procesu	PFRK, ASK, MFSK, OSK		<100-<350 ⁹⁾¹⁰⁾	0,3-1,05		
	LRK, PRK		<200 - <500 ⁹⁾¹⁰⁾	0,74-2,5		
Stopniowanie powietrza (w 2007 r., niestosowane w przemyśle wapienniczym w krajach UE-27)	LRK, PRK	-				
Palniki niskoemisyjne	LRK, PRK	0-20			W ramach technik wykorzystujących konwencjonalne palniki	W ramach technik wykorzystujących konwencjonalne palniki
SNCR ¹¹⁾	PRK (ruszta Lepol)	30-80	<500 ¹⁰⁾	<2,5	0,5-1,2	0,1 -1,7 ⁷⁾
SCR (w 2007 r., niestosowane w przemyśle wapienniczym w krajach UE-27)	LRK, PRK	6)	-	-	8)	8)

¹⁾ W przypadku pieców w zwyczajowych warunkach: średnie dobowe, suchy gaz, 273 K, 101,3 kPa i 11% stężenie O₂

²⁾ kg/tonę wapna w oparciu o:

- 3000 Nm³/tonę wapna dla pieców ASK i PFRK
- 3700 Nm³/tonę wapna dla pieców PRK
- 5000 Nm³/tonę wapna dla pieców LRK

³⁾ W odniesieniu do różnych wydajności pieców, zob. rysunek 2.46 i tabela 2.37

⁴⁾ Stan standardowy, 11% tlen

⁵⁾ Dane dotyczące emisji można znaleźć w odpowiednich akapitach w dalszej części niniejszego rozdziału

⁶⁾ W zależności od użytego katalizatora, zob. rozdział 2.4.6.1.5

⁷⁾ Szacunki finansowe w oparciu o wstępne testy dotyczące wydajności pieców 1000 ton/dzień i początkowych emisji do 1000 mg NO_x/Nm³

⁸⁾ Podobnie jak w przemyśle cementowym (zob. tabela 1.34 w rozdziale 1.4.5.1, rozdział 1.4.8.2 i rozdział 2.4.6.1.5); jednak w związku z wyższymi stężeniami w piecach wapienniczych, koszty inwestycyjne mogą być wyższe w przemyśle wapienniczym niż cementowym

⁹⁾ Poziom może być wyższy w zależności od właściwości produktu, zob. rozdział 2.3.3.2 i rysunek 2.36.

¹⁰⁾ Zależy od początkowego poziomu NO_x

¹¹⁾ W 2007 r. system SNCR był stosowany tylko w piecach z rusztem Lepol; jeden piec wapienniczy (z rusztem Lepol) był wyposażony w SNCR

Tabela 2.39: Przegląd metod/technik obniżania emisji NO_x stosowanych w przemyśle wapienniczym

Rozdział 2

Rysunek 2.36 (rozdział 2.3.3.2) pokazuje, że emisje NOx w pionowych piecach szybowych są zazwyczaj niższe niż w piecach obrotowych, ze względu na zależność temperaturową wynikającą z produkcji różnych rodzajów wapna z wykorzystaniem różnych rodzajów pieców wapienniczych. Jak pokazano również na rysunku 2.36, ok. 68% emisji NOx z pieców obrotowych wynosi mniej niż 500 mg/Nm³ (pomiar punktowy jako wartość średnia półgodzinna), a ok. 60% emisji NOx z pieców szybowych wynosi mniej niż 100 mg/Nm³. Również ok. 80% pieców PFRK, MFSK i OSK oraz ok. 50% pieców ASK osiąga wartości emisji NOx rzędu <100 mg/Nm³ przy półgodzinnym pomiarze wartości (zob. rozdział 2.3.3.2).

2.4.6.1.1 Optymalizacja procesu

Opis

Optymalizacja procesu, w formie usprawnienia i optymalizacji pracy zakładu i/lub ujednoczenia dozowania paliw i surowców może przyczynić się do obniżenia emisji NOx. Do istotnych parametrów dla optymalizacji procesu kontroli w piecach wapienniczych, które mogą mieć pozytywny wpływ na obniżenie poziomu emisji NOx zalicza się:

- współczynnik ogrzewania
- poziom temperatury spalania
- nadmiar powietrza
- wtórną temperaturę powietrza
- ciśnienie wprowadzanego powietrza
- miążkość sproszkowanego węgla
- zawartość substancji lotnych w paliwie
- pozycję, długość i temperaturę płomienia.

Osiągnięte korzyści środowiskowe

Obniżenie emisji i zmniejszenie zużycia energii.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Nie stwierdzono.

Dane operacyjne

Jak pokazano również na rysunku 2.36, ok. 68% emisji NOx z pieców obrotowych wynosi mniej niż 500 mg/Nm³ (pomiar punktowy jako wartość średnia półgodzinna), a ok. 60% emisji NOx z pieców szybowych wynosi mniej niż 100 mg/Nm³. Również ok. 80% pieców PFRK, MFSK i OSK oraz ok. 50% pieców ASK osiąga wartości emisji NOx rzędu <100 mg/Nm³ przy półgodzinnym pomiarze wartości (zob. rozdział 2.3.3.2).

Zastosowanie i kwestie ekonomiczne

Optymalizacja procesu i kontroli procesu może być stosowana w produkcji wapna, ale należy podkreślić, że w praktyce krzywe ogrzewania dla procesu spalania w przemyśle wapienniczym są optymalizowane odpowiednio do jakości produktu i zużycia energii. Krzywe ogrzewania można zatem

Rozdział 2

zmienić wyłącznie gdy pozwalają na to właściwości techniczne produktu końcowego. Przy zmianie krzywych ogrzewania na potrzeby obniżenia emisji należy uwzględnić dodatkowe koszty.

Sila sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady wapiennicze w krajach UE-27.

[54, EuLA, 2006], [168, TWG CLM, 2007]

2.4.6.1.2 Stopniowanie powietrza

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Stopniowanie powietrza może być w zasadzie stosowane w obrotowych piecach wapienniczych. Strefa redukcji powstaje przez zmniejszenie ilości tlenu dostarczanego do stref reakcji pierwotnej. Wysokie temperatury w tej strefie sprzyjają reakcji, która ponownie zmienia NO_x na elementarny azot. W późniejszych strefach spalania, zwiększa się ilość dostarczanego powietrza i tlenu, aby utlenić powstałe gazy. Skuteczne mieszanie powietrza/gazów w strefie spalania jest niezbędne do utrzymania CO i NO_x na niskim poziomie.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Brak danych.

Dane operacyjne

Do roku 2007 nie przeprowadzono jeszcze testów stopniowania powietrza w europejskim przemyśle wapienniczym.

Zastosowanie

Do roku 2007 nie stosowano jeszcze stopniowania powietrza w europejskim przemyśle wapienniczym, jednak testy pokazują, że można stosować to rozwiązanie w piecach obrotowych, z wyjątkiem pieców obrotowych, w których produkowane jest wapno mocno palone. Stopniowanie powietrza nie ma zastosowania w piecach szybowych.

Kwestie ekonomiczne

Brak danych.

Sila sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

W 2008 w krajach UE-27 nie było zakładów wapienniczych stosujących to rozwiązanie.

[54, EuLA, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008]

2.4.6.1.3 Palniki niskoemisyjne NO_x

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Rozdział 2

Emisje tlenków azotu zależą głównie od jakości produkowanego wapna i modelu pieca; występują one podczas procesów spalania w temperaturze powyżej 1300 °C. Poziomy emisji NO_x można zminimalizować poprzez zastosowanie specjalnych palników niskoemisyjnych NO_x. Palniki te są wykorzystywane do obniżania temperatury płomienia i tym samym do obniżania emisji NO_x pochodzących z emitowanego ciepła i (do pewnego stopnia) z paliwa. Obniżenie NO_x następuje dzięki dostarczeniu powietrza czyszczącego w celu obniżenia temperatury płomienia lub dzięki pulsacyjnemu działaniu palników.

Powietrze spalania przechodzące przez palnik do pieca, tzw. „powietrze pierwotne” dzieli się na dwa strumienie: „powietrze zawirowane” i „powietrze osiowe”. Powietrze osiowe przepływa niemal równoległe do osi palnika, podczas gdy powietrze zawirowane posiada element osiowy i styczny. Zarówno powietrze zawirowane, jak i powietrze osiowe jest niezbędne do ukształtowania płomienia i zapewnienia jego stabilności.

Palniki niskoemisyjne NO_x są zaprojektowane w taki sposób, by ograniczały porcję pierwotnego powietrza, co prowadzi do obniżenia powstawania NO_x. W popularnych palnikach wielokomorowych porcja pierwotnego powietrza wynosi 10-18% całkowitego powietrza spalania. Większa porcja pierwotnego powietrza powoduje krótki i intensywny płomień z uwagi na wczesne mieszanie gorącego powietrza wtórnego i paliwa. Prowadzi to do wysokiej temperatury płomienia i wytworzenia dużej ilości NO_x. Można temu zapobiec stosując palniki niskoemisyjne NO_x.

W przypadku stosowania różnych rodzajów odpadów, ważne jest, aby prawidłowo dostosować technikę palnika do spalanego paliwa, szczególnie w przypadku zmian paliwa lub używania ciekłych paliw odpadowych.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Brak.

Dane operacyjne

W piecach szybowych pierścieniowych odnotowano pozytywne działanie palników (prędkość przepływu paliwa 30-150 kg/h) dzięki rozpyleniu paliwa powietrzem wprowadzonym pod wysokim ciśnieniem (6 bar). Co więcej, zoptymalizowano prędkość przepływu powietrza spalonego i kształt płomienia. W roku 2005 i 2006 odnotowano poziomy emisji NO_x <200 mg/Nm³ (stan standardowy, 10% tlen). W związku z tym, że zawartość azotu i wody w paliwach może wpływać na poziom emisji NO_x, należy zaznaczyć, że użytym paliwem był olej ciężki [46, Niemcy, 2006], [157, Niemcy, 2007].

Zastosowanie

Palniki niskoemisyjne są montowane w piecach obrotowych, ale można je również stosować w piecach szybowych pierścieniowych w określonych warunkach (duży udział powietrza pierwotnego). Bezpośrednie przeniesienie techniki palników niskoemisyjnych NO_x z pieców cementowych do pieców wapienniczych nie jest proste. W piecach cementowych temperatura płomienia jest wyższa, zatem palniki niskoemisyjne zostały zaprojektowane tak, by zmniejszać wysoką początkową emisję „termicznego NO_x“. W większości pieców wapienniczych poziomy NO_x są niższe i „termiczny NO_x“ ma prawdopodobnie mniejsze znaczenie.

Rozdział 2

Technika palników niskoemisyjnych musi być dostosowana do rodzaju używanego paliwa, tj. tradycyjne paliwa kopalne lub odpadowe. W piecach PFRK mamy do czynienia ze spalaniem bezpłomieniowym, zatem palniki niskoemisyjne nie mają zastosowania w piecach tego rodzaju.

Kwestie ekonomiczne

Koszty inwestycyjne palników niskoemisyjnych NO_x mieszczą się w zakresie kosztów technik wykorzystujących konwencjonalne palniki.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Niemiecki zakład wapienniczy (piec szybowy pierścieniowy).

[38, Wielka Brytania, 1996], [46, Niemcy, 2006], [54, EuLA, 2006], [157, Niemcy, 2007]

2.4.6.1.4 System selektywnej redukcji niekatalitycznej (SNCR)

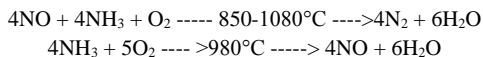
Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

W procesie selektywnej redukcji niekatalitycznej (SNCR), tlenki azotu (NO i NO₂) są usuwane z gazów odlotowych przez selektywną redukcję niekatalityczną i zamieniane na azot i wodę przez wprowadzenie do pieca środka redukującego, który reaguje z tlenkami azotu. Najczęściej stosowanymi środkami redukującymi są amoniak i mocznik. Reakcje zachodzą w temperaturach od 850 do 1020°C, z optymalnym zakresem temperatur 900-920°C.

Niezbędne jest dobre połączenie gazów odlotowych ze środkiem redukującym, zoptymalizowana temperatura wtrysku i odpowiedni czas przebywania w optymalnej temperaturze. Ze względu na fakt, że te warunki nie zawsze można łatwo osiągnąć podczas technicznego procesu produkcji wapna, ważne jest użycie odpowiednio dużej ilości środka redukującego, aby zapewnić odpowiednią efektywność redukcji.

Niemniej jednak, zbyt wysoki stosunek NH₃:NO może doprowadzić do niepożądanego emisji amoniaku, tzw. „wyciek amoniaku”. Jako że gazy odlotowe z pieców wapienniczych nie są zazwyczaj wykorzystywane np. do suszenia materiałów, nie ma możliwości, aby zaadsorbować wyciek amoniaku. Wyciek amoniaku może znacznie częściej występować w piecach wapienniczych niż w innych procesach przemysłowych.

Poniżej przedstawiono wzory głównych reakcji w procesie SNCR i zakres temperatur wtryskiwanego NH₃:



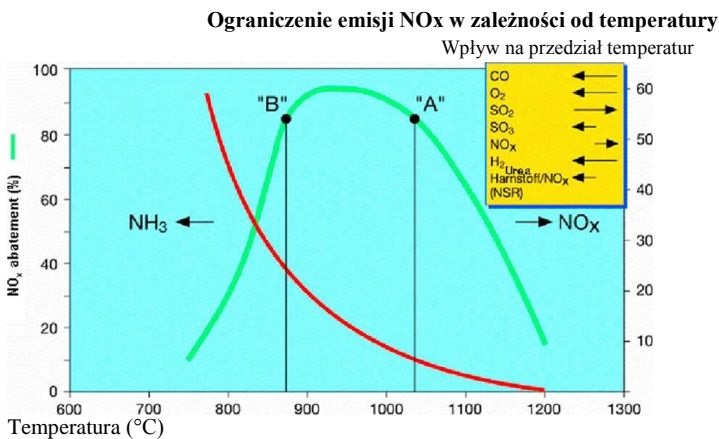
Temperatura jest ważnym parametrem. Wyżej wymienione reakcje stanowią główne reakcje spośród wielu innych reakcji. Pierwsza reakcja przedstawia pożądaną redukcję tlenków azotu do azotu. Druga reakcja opisuje niepożądaną reakcję utlenienia amoniaku. Zazwyczaj reakcja ta ma miejsce w wysokiej temperaturze i przy dużej zawartości tlenu z miejsca wtrysku. Zamiast ciekłego amoniaku, można wprowadzić ciekły mocznik. Zaletą mocznika jest to, że nie jest to substancja niebezpieczna, przez co jej przenoszenie jest łatwiejsze.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Zbyt wysoki stosunek $NH_3:NO$ może doprowadzić do emisji amoniaku (wyciek amoniaku). W zależności od ograniczonych miejsc wtrysku w piecach wapienniczych, do osiągnięcia pożądanych poziomów ograniczenia emisji niezbędne stają się większe zużycie środka redukującego. To z kolei zwiększa ryzyko wystąpienia wycieku amoniaku.

Dane operacyjne

Od lipca 2006 r. w niemieckim przemyśle wapienniczym przeprowadzana jest po raz pierwszy próba z zastosowaniem selektywnej redukcji niekatalitycznej (SNCR) w jednym zakładzie stosującym paliwa kopalne i odpadowe. Roztwór mocznika (45%), 24,5% roztwór wody amoniakalnej i amoniak zawierający zużyta wodę mogą być wykorzystane jako środki redukujące przy zachowaniu kontroli jakości, aby uniknąć niepożądanych substancji. Środek redukujący jest wtryskiwany do podgrzewacza rusztowego (ruszt Lepol). Wybór miejsca wtrysku (dyszy) ma znaczenie dla efektywności i jest istotnym kryterium dla jak najlepszego napowietrzenia gazów odpadowych, między wlotem pieca a rusztem. Temperatura reakcji waha się między 1080 a 1150°C. Zależności między temperaturą, wyciekem NH_3 i redukcją NO_x przedstawiono na rysunku 2.50.



„A” – optymalna temperatura dla SNCR (niewielki wyciek NH_3)
 „B” – optymalna temperatura dla SNCR + SCR (duży wyciek NH_3)

Rysunek 2.50: Ograniczenie emisji NO_x w zależności od temperatur
 [152, Niemcy, 2007]

Teoretyczne dane operacyjne dla procesu SNCR stosowanego w przemyśle wapienniczym, takie jak przedział temperatur i efektywność redukcji przedstawiono w tabeli 2.40.

Proces	Katalizator	Przedział temperatur dla reakcji DeNOx (°C)	Efektywność obniżenia emisji NO_x (%)
SNCR	Niekatalityczny konwerter NH_3 lub $(NH_2)_2CO$ (mocznik) wprowadzony bezpośrednio do komory spalania	850-1150	30-80

Tabela 2.40: Teoretyczne dane operacyjne dla procesu SNCR
[93, EuLA, 2006], [152, Niemcy, 2007]

W przykładowym zakładzie w miejscowości Flandersbach w Niemczech możliwe było osiągnięcie wskaźników obniżenia emisji rzędu 50-70%, umożliwiając tym samym utrzymanie się poziomu emisji NOx poniżej 500 mg NOx/Nm³ jako średnia dobowa (stan standardowy, 10% O₂). Wyższe wskaźniki obniżenia są możliwe, ale prowadzą bezpośrednio do poważnych wycieków amoniaku. Pomiary przeprowadzone w różnych warunkach procesu i wtryskiwania wykazały, że emisje tlenku diazotu (N₂O) zawsze utrzymują się poniżej 10 mg/Nm³ [93, EuLA, 2006], [152, Niemcy, 2007].

Zastosowanie

W produkcji wapna, system SNCR jest stosowany w piecach obrotowych z podgrzewaczem (z rusztem Lepol).

W przypadku pieców pionowych (stanowiących ponad 90% całkowitej liczby pieców w krajach UE-27) w 2007 r. nie było technicznie możliwe wprowadzenie rozwiązania SNCR, ze względu na temperaturę gazów odlotowych znacznie poniżej 200°C.

W długich piecach obrotowych, zastosowanie techniki SNCR nie jest praktyczne, ze względu na fakt, że strefa z optymalnym przedziałem temperatur znajduje się w części obrotowej pieca. W 2007 r. dostęp do tej części pieca nie był możliwy, dlatego można było zastosować jedynie metody/techniki pierwotne.

W piecach obrotowych z podgrzewaczem, warunki procesu teoretycznie pozwalają na zastosowanie techniki SNCR, ale tylko w określonych obszarach, gdzie temperatury mieszczą się w przedziale 950-1050 °C (warunki te nie są spełniane przez wszystkie piece PRK, tylko te z rusztem Lepol). Zatem możliwości dostosowania i zoptymalizowania miejsca wtrysku (aby wprowadzić środek redukujący w odpowiedniej temperaturze i przy odpowiednim stężeniu tlenu) są raczej ograniczone. Co więcej, wymagany jest minimalny czas przebywania gazów odlotowych w tej temperaturze, tak aby:

- odparować środek redukujący (mocznik lub ciekły amoniak)
- równomiernie go rozprowadzić w całej sekcji
- doprowadzić do reakcji środka redukującego z tlenkami azotu.

W praktyce, oba warunki nie zawsze są spełniane przez piece obrotowe z podgrzewaczem. W istocie, w przypadku pieców wyposażonych w podgrzewacze pionowe, czas przebywania gazów odlotowych w idealnej temperaturze jest zbyt krótki, aby umożliwić pełną reakcję z tlenkami azotu w całej sekcji. Warunki te łatwiej spełnić w piecach obrotowych wyposażonych w podgrzewacze rusztowe. Jednakże praktyka pokazuje również, że efektywność systemu SNCR może być znacznie niższa od spodziewanej, co potwierdza opisany poniżej przykład z Niemiec, w którym przeprowadzone próby DeNOx w piecu z podgrzewaczem dały niemal identyczne wyniki co w przypadku wyżej wymienionych niemieckich pieców (zob. dane operacyjne). Ilość wprowadzanego mocznika powyżej rusztu Lepol musiała być ograniczona do stosunku molowego NH₂:NO₂ wynoszącego 1:2, aby ograniczyć istotne emisje amoniaku i soli amonowych w kominie. Test został przerwany zaraz po tym, jak nad kominem pojawił się biały pióropusz. Stałe monitorowanie emisji NOx wykazało niewielki spadek emisji NOx w czasie stosowania mocznika, z ok. 400 do ok. 300 mg/Nm³. Emisje amoniaku z pieców bez wtryskiwania mocznika plasowały się w przedziale od 3 do 8 mg/Nm³, w porównaniu z

Rozdział 2

typowymi wartościami dla pieców obrotowych nieprzekraczającymi $0,7 \text{ mg/Nm}^3$. Zanim w piecach obrotowych z podgrzewaczem i rusztem Lepol zostanie zastosowany system SNCR, należy uprzednio przeprowadzić dokładne testy i wykonać niezbędne adaptacje.

Kwestie ekonomiczne

W przykładowym zakładzie w Flandersbach, w Niemczech, koszty inwestycyjne były zbliżone do kosztów przytoczonych dla przemysłu cementowego, tj. między 0,5 miliona a 1,2 miliona EUR (zob. rozdział 1.4.8.2). W zakładzie tym, sprzęt pracował przez krótki okres (kilka tygodni) w 2007 r., dlatego też ciężko jest w tej chwili dokładnie ocenić koszty operacyjne. Szacunki finansowe wykonane na podstawie tych wstępnych testów pokazują, że koszty operacyjne mogą być zbliżone do tych odnotowanych dla przemysłu cementowego, tj. 0,1 do 1,7 EUR na tonę wapna, przy wydajności pieca 1000 ton/dzień i początkowych emisjach NOx do 1500 mg/Nm^3 .

Sila sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakład we Flandersbach, Niemcy.

[46, Niemcy, 2006] [54, EuLA, 2006], [57, Komisja Europejska, 2005], [93, EuLA, 2006],[152, Niemcy, 2007], [168, TWG CLM, 2007]

2.4.6.1.5 System selektywnej redukcji katalitycznej (SCR)

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Technika selektywnej redukcji katalitycznej (SCR) jest stosowana w przedziale temperatur od 300 do 400 °C. NO i NO₂ redukują się do N₂ przy pomocy NH₃ oraz katalizatora.

Niezależnie od rodzaju użytego środka redukującego, w procesie SCR niezbędne jest dobre połączenie gazów odlotowych ze środkiem redukującym, zoptymalizowana temperatura wtrysku i odpowiedni czas przebywania w optymalnej temperaturze. Wykorzystanie środka redukującego zapewnia odpowiednią efektywność redukcji. Na ogół system SCR może działać niemal stechiometrycznie, a nadal będą osiągnęte wysokie redukcje emisji. Gazy odlotowe z pieców wapienniczych nie są zazwyczaj wykorzystywane np. do suszenia materiałów. Nie jest możliwe, aby wychwycić lub zaadsorbować wyciek amoniaku. Zob. rozdział 1.4.5.1.8.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Wykorzystanie katalizatorów zwiększa koszty operacyjne, a katalizatory muszą być poddawane recyklingowi albo utylizowane.

W przypadku dużego stężenia pyłów, może się zwiększyć zapotrzebowanie na energię elektryczną, ze względu na wewnętrzny system odpylania reaktora SCR i dodatkowe utraty ciśnienia.

Gazy o niskiej zawartości pyłów wymagają dodatkowego podgrzania za odpylaczem, co powoduje dodatkowe koszty i utratę ciśnienia.

Dane operacyjne

Rozdział 2

Teoretyczne dane operacyjne, takie jak zakresy temperatur i wskaźniki redukcji, niezbędne do zastosowania przedmiotowej techniki obniżenia emisji NO_x w przemyśle wapienniczym przedstawiono w tabeli 2.41.

Proces	Katalizator	Przedział temperatur dla reakcji DeNO _x (°C)	Efektywność obniżenia emisji NO _x (%)
SCR	Metal utleniony na elementach ceramicznych	280-450	70 - >90
	Sita molekularne	380-480	70-90

Tabela 2.41: Teoretyczne przedziały temperatur i wskaźników redukcji niezbędnych do zastosowania procesu SCR [93, EuLA, 2006]

Zastosowanie

Selektywną redukcję katalityczną można stosować w obrotowych piecach wapienniczych, w celu obniżenia emisji NO_x. Jednak w 2007 r. w europejskim przemyśle wapienniczym przedmiotowa technika obniżania emisji NO_x nie była wykorzystywana.

W odniesieniu do zastosowania procesu SCR w przemyśle wapienniczym, należy przeanalizować kilka parametrów, takich jak:

- wysokie stężenie pyłu
- duża objętość danego gazu
- kwestia metali alkalicznych
- koszty inwestycyjne, operacyjne i utrzymania.

Kwestie ekonomiczne

Dane dotyczące kosztów stosowania SCR w przemyśle cementowym przedstawiono w rozdziale 1.4.5.1.8 i 1.4.8.2.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

W 2008 w krajach UE-27 nie było zakładów wapienniczych stosujących to rozwiązanie.

[54, EuLA, 2006], [168, TWG CLM, 2007]

2.4.6.2 Obniżenie emisji SO₂

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Emisja SO₂, zwłaszcza z pieców obrotowych, zależy do zawartości siarki w paliwie, konstrukcji pieca i wymaganej zawartości siarki w produkcie wapienniczym. Dlatego też dobór paliwa o niskiej zawartości siarki może ograniczyć emisję SO₂, podobnie jak produkcja wapna z wykorzystaniem paliw o wyższym poziomie siarki.

Dostępne są techniki dodatku absorbentu obniżające poziom emisji SO₂, takie jak kaskadowe absorbenty z usypanym złożem katalitycznym, modułowe systemy absorbujące i oczyszczanie

Rozdział 2

suchych gazów odlotowych przy użyciu filtra (filtra tkaninowego lub elektrostatycznego). Wykorzystanie absorbentów do obniżenia emisji SO₂ jest powszechnie stosowane w innych przemysłach; jednak, proces ten nie był jeszcze stosowany w obrotowych piecach wapienniczych. W przypadku zastosowania tej techniki w piecach obrotowych, należy uwzględnić następujące elementy:

- użycie drobnego wapienia: W przypadku prostego pieca obrotowego z dozowanym dolomitem kalcynowanym zaobserwowano, że istotne obniżenie emisji SO₂ może wystąpić przy kamieniach, które zawierają dużo drobnego wapienia lub które z łatwością rozpadną się pod wpływem temperatury. Drobne kawałki wapienia wypalają się, łączą się z gazami piecowymi i emitują SO₂ w drodze do odpylacza i w odpylaczu.
- wtrysk wapna do powietrza spalania: Opatentowana technika (EP 0 734 755 A1) opisuje obniżenie emisji SO₂ z pieców obrotowych poprzez dodanie drobnego wapna palonego lub hydratyzowanego do powietrza wprowadzanego do paleniska
- dodanie absorbentu do gazów odlotowych: Sprawdzona technika obniżająca stężenie SO₂ w emisjach gazów obejmuje:
 - Dodanie absorbentu (np. wapna hydratyzowanego lub kwaśnego węgla sodu) do strumienia gazów oraz
 - zapewnienie odpowiedniego czasu przebywania gazów między momentem dodania absorbentu a dotarciem do odpylacza (najlepiej filtra tkaninowego), aby uzyskać skuteczną absorpcję.

W 2007 r. w żadnym z europejskich zakładów nie była zainstalowana taka technika obniżania emisji SO₂. Niemniej jednak, w niektórych przypadkach, dodawanie wapna hydratyzowanego jest wykorzystywane do obniżania emisji SO₂ [54, EuLA, 2006].

Przydatne informacje na temat instalacji sorpcyjnych można znaleźć w Dokumentie Referencyjnym dla najlepszych dostępnych technik w zakresie oczyszczania ścieków i gazów w sektorze chemicznym [58, Komisja Europejska, 2003].

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Brak danych.

Dane operacyjne

Pomiary testowe pokazują, że z wyjątkiem kilku długich pieców obrotowych, których w UE jest mniej niż 26, większość pieców wapienniczych (PFRK, ASK, MFSK, OSK, PRK) osiąga emisje na poziomie nieprzekraczającym 50 mg/Nm³, ze względu na naturalne tendencje wapna do zatrzymywania siarki (zob. rozdział 2.3.3.3). Co więcej, przy stosowaniu paliw odpadowych, większość pieców wapienniczych osiąga poziom poniżej 50 mg/Nm³.

Zastosowanie

Techniki dodawania absorbentu do obniżenia emisji SO₂ mogą być stosowane w przemyśle wapienniczym. Jednak w roku 2007 techniki te nie były wykorzystywane.

Metody/techniki opisane powyżej powinny zostać poddane dalszym analizom, aby można je było dostosować do użycia w obrotowych piecach wapienniczych.

Kwestie ekonomiczne

Brak danych.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady wapiennicze w krajach UE-27.

[54, EuLA, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008]

2.4.6.2 Obniżenie emisji CO

Opis

Na obniżenie emisji CO wpływa dobór, w miarę możliwości, surowców o niskiej zawartości związków organicznych. Niemniej jednak, dobór surowców zależy od rodzaju używanego pieca i/lub rodzaju produkowanego wapna, np. wapna hydraulicznego.

Zarządzanie pikami CO

Przy wysokich poziomach CO w gazach odlotowych, praca elektrofiltrów musi być wstrzymana ze względów bezpieczeństwa.

Technika zarządzania pikami CO rozwinięta dla pieców cementowych, wyposażonych w elektrofiltry (ESP), może być też w pewnych warunkach stosowana w wapienniczych piecach obrotowych wyposażonych w ESP. Jednakże dzięki stosunkowo dużym wymiarom wapienia i brakowi recyrkulacji pyłu wielkość emisji pyłów (kg/tonę produktu), występująca po wyłączeniu ESP, jest o wiele niższa w piecach wapienniczych, niż w cementowych.

Informacje dotyczące kontroli pików CO i wytyczne zostały zawarte w rozdziale 1.4.5.3 i 4.2.6.

Osiągnięte korzyści środowiskowe

Obniżenie pików CO, emisji CO i pyłów.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Piki CO mogą doprowadzić do wybuchu w elektrofiltrach.

Dane operacyjne

W przypadku pieców PFRK, LRK, PRK, OSK odnotowano emisje CO w przedziale <100 - <500 mg/Nm³ (wyniki testu punktowego) (zob. tabela 2.39 w rozdziale 2.3.3.4.2). W przypadku pieców ASK i MFSK, ze względów technicznych niezbędne są wyższe emisje CO.

W szczególnym przypadku produkcji wapna hydraulicznego, zawartość węgla organicznego w surowcu waha się zazwyczaj między 0,8 - 5%.

Zastosowanie

Zarządzanie pikami CO można stosować w piecach obrotowych.

Kwestie ekonomiczne

Brak danych.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady wapiennicze w krajach UE-27.

[54, EuLA, 2006], [83, CEMBUREAU, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008]

2.4.6.3 Obniżenie emisji ogólnego węgla organicznego (TOC)

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Emisje lotnych związków organicznych są zazwyczaj mierzone jako ogólny węgiel organiczny (TOC) i są często związane z emisjami CO, w wyniku niepełnego spalania paliwa. Z uwagi na fakt, że producenci starają się ograniczać emisje CO z pieców, emisje lotnych związków organicznych osiągają zazwyczaj niskie poziomy. Optymalizacja procesu, w formie usprawnienia i optymalizacji pracy zakładu, procesu spalania i/lub ujednolicenia dozowania paliw i surowców może przyczynić się do utrzymania emisji TOC na niskim poziomie.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Brak kwestii.

Dane operacyjne

W rzadkich przypadkach, gdy wapień zawiera do 0,1% substancji organicznych, lotne związki organiczne mogą być emitowane w sposób ciągły.

W przypadkach pieców ASK, LRK i PRK, emisje lotnych związków organicznych występują w krótkich okresach podczas rozruchu lub w przypadku zakłóceń, co prowadzi do emisji na poziomie poniżej 10 mg/Nm³ (eqC). W piecach PFRK proces ten obejmuje cykliczne zmiany warunków spalania co 10-12 minut. Zatem poziomy emisji lotnych związków organicznych są trochę wyższe od tych odnotowywanych dla innych pieców.

Surowce wykorzystywane do produkcji wapna hydraulicznego zawierają dużo substancji organicznych, w przedziale od 0,8 – 5% (jako TOC), co prowadzi do wyższych emisji ogólnego węgla organicznego niż przy produkcji wapna konwencjonalnego.

Zastosowanie

Metody/techniki są stosowane w piecach wapienniczych.

Kwestie ekonomiczne

Brak danych.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady wapiennicze w krajach UE-27.

[129, EuLA, 2006], [182, TWG CLM, 2008]

2.4.6.4 Obniżenie emisji chlorowodorów (HCl) i fluorowodorów (HF)

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Stosowanie paliw zawierających niskie poziomy chloru i fluoru może obniżyć emisje chloru i fluoru. Większość chloru występującego w surowcach i paliwach jest wchłaniana przez wapno palone.

W piecach pionowych, efektywny kontakt między gazami piecowymi a wapnem/dolomitem kalcynowanym zwykle prowadzi do skutecznej absorpcji HCl. Niemniej jednak, emisje HCl z pieców szybowych zależą w znacznym stopniu od zawartości związków chlorku w wapieniu. Przy wypalaniu suchego wapienia, emisje HCl bywają wyższe. W niektórych przypadkach, emisje HCl można ograniczyć poprzez dodanie wody do gazu odlotowego.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Brak.

Dane operacyjne

Zawartość chloru jest wyższa w dolomicie (100 do ok. 1000 ppm) niż w wapieniu (10 do 150 ppm).

W przypadku stosowania paliw odpadowych, występują emisje HCl rzędu 10 mg/Nm³ i HF rzędu 1 mg/Nm³ (zob. tabela 2.27 w rozdziale 2.3.3.7).

Zastosowanie

Metody/techniki są stosowane w przemyśle wapienniczym.

Kwestie ekonomiczne

Brak danych.

Sila sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Warunki lokalne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady wapiennicze w krajach UE-27.

[46, Niemcy, 2006], [182, TWG CLM, 2008]

2.4.7 Obniżenie emisji polichlorowanych dibenzodioksyn (PCDD) i polichlorowanych dibenzofuranów (PCDF)

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Surowce lub paliwa zawierające chlorki mogą powodować tworzenie się PCDD i PCDF we wszystkich strefach procesu, w których temperatury mieszczą się w przedziale od 300 do 450°C.

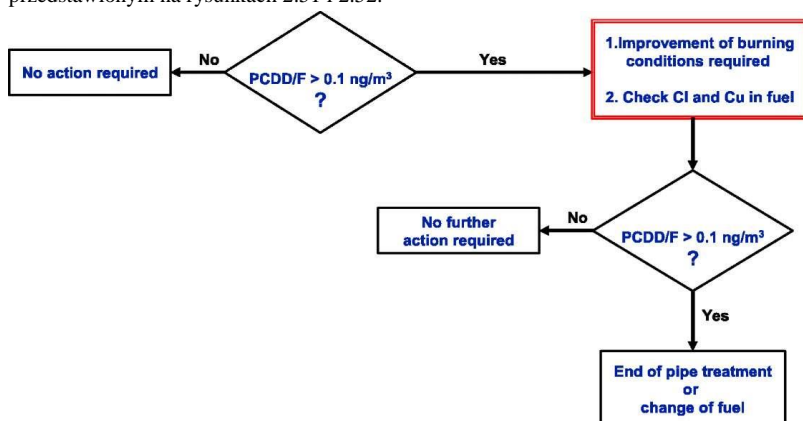
W przypadku stosowania paliw odpadowych, zawartość chloru w paliwach jest większa, przez co zwiększa się poziom emisji.

Jak wynika z literatury branżowej, przy produkcji wapna mamy do czynienia z następującymi kluczowymi zasadami dotyczącymi powstawania PCDD/F:

Rozdział 2

- ograniczenie czasu przebywania gazów odlotowych w strefach, w których temperatury wahają się od 300 do 450°C
- ograniczenie zawartości tlenu w tychże strefach
- ograniczenie wkładu miedzi przez paliwa, ze względu na właściwości katalityczne w syntezie PCDD/F.

Na podstawie powyższych zasad można przewidzieć plan działania, zgodny ze schematem przedstawionym na rysunkach 2.51 i 2.52.



Rysunek 2.51: Schemat emisji PCDD/F w poziomych piecach wapienniczych [54, EuLA, 2006]

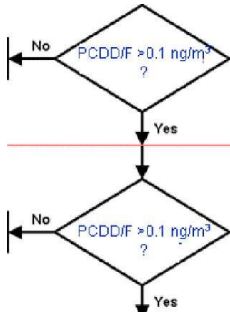
Legenda:

Działanie nie jest wymagane / Nie / PCDD/F > 0,1 ng/m³ ? / Tak / 1. Poprawa wymaganych warunków spalania 2. Sprawdzenie Cl i Cu w paliwie

Dalsze działanie nie jest wymagane / Nie / PCDD/F > 0,1 ng/m³ ? / Tak

Oczyszczanie na wyjściu lub zmiana paliwa

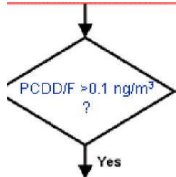
Działanie nie jest wymagane



Warunki spalania: -resztkowy O₂ lub CO przy wylocie z pieca – kontrola/stabilność przepływu paliwa

Wloty fałszywego powietrza (piec – komin)

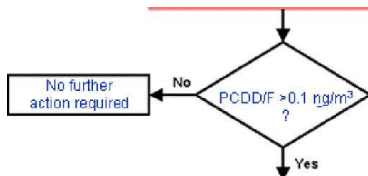
Dalsze działania nie są wymagane



Chłodzenie gazów odlotowych do T<250°C Wtrysk powietrza/powietrza zamiast wody

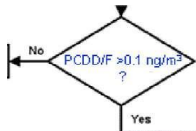
Dalsze działania nie są wymagane

Zatrzymanie HCl między 500 a 600 °C, aby ograniczyć chlorowanie substancji organicznych między 250 a 500 °C



Chłodzenie gazów odlotowych do T<200°C, aby zwiększyć adsorpcję PCDD/F

Oczyszczanie na wyjściu



Dalsze działania nie są wymagane

Rysunek 2.52: Schemat emisji PCDD/F w piecach obrotowych (LRK, RPK)
[54, EuLA, 2006]

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Wykorzystanie odpadów jako paliwa może mieć wpływ na zawartość chloru w paliwach i na wzrost emisji.

Dane operacyjne

Dane dotyczące emisji PCDD/F z różnych rodzajów pieców wapienniczych pokazują wartości rzędu 0,005 do 0,07 ng I-TEQ/Nm³ (zob. rozdział 2.3.3.6). Jak stwierdzono na podstawie dostarczonych danych, średnie mierzone emisje PCDD dla różnych rodzajów pieców wapienniczych w krajach UE wynoszą mniej niż 0,1 ng I-TEQ/Nm³. Ta wartość emisji odnosi się do wykorzystywania w tym procesie paliw odpadowych. Przy współspalaniu odpadów należy spełniać wymogi dyrektywy w sprawie spalania odpadów (WID) [59, Unia Europejska, 2000].

Jednakże, trwają badania nad lepszym zrozumieniem schematu powstawania PCDD w piecach wapienniczych, aby zapewnić, że w przyszłości, emisje pozostaną na poziomie poniżej 0,1 ng I-TEQ/Nm³ przy stosowaniu paliw o większej zawartości chloru.

Zastosowanie

Metody/techniki mogą być stosowane w piecach wapienniczych. Przed zastosowaniem paliw odpadowych, należy przeprowadzić ich analizę.

Kwestie ekonomiczne

Brak danych.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady wapiennicze w krajach UE-27.

[54, EuLA, 2006], [182, TWG CLM, 2008]

2.4.8 Obniżenie emisji metali

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Należy unikać stosowania w piecach paliw od dużej zawartości metali. Ponadto, należy w szczególności kontrolować użycie materiałów o wysokiej zawartości metali lotnych, takich jak Hg i Tl.

Emisje metali można ograniczyć poprzez ostrożny dobór i gwarantowane właściwości substancji wprowadzanych do pieca, np. stosując system zapewniania jakości gwarantujący określone właściwości używanych paliw odpadowych (zob. rozdział 2.4.4). Oprócz tego, szczególną uwagę należy zwrócić na rtęć. Ze względu na lotność rtęci, mogą wystąpić odpowiednio wyższe poziomy emisji rtęci. Należy zatem kontrolować oraz - w razie konieczności – ograniczać wkład rtęci przez paliwa odpadowe (zob. rozdział 2.3.3.10).

Skuteczne usuwanie pyłów zmniejsza emisje metali, ponieważ emitowane metale (z wyjątkiem części rtęci) są, w znacznym stopniu, związane z pyłami. Opcjonalnym rozwiązaniem jest absorpcja aktywnego węgla.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Urządzenia odpylające zwiększają zużycie energii elektrycznej, ze względu na wyższe ciśnienie

Dane operacyjne

Jak przedstawiono w tabeli 2.28 (zob. rozdział 2.3.3.9) wartości emisji wahają się w przedziale od 0,01 do 0,1 mg/Nm³. W przypadku ołowiu i cynku, w szczególnych przypadkach z większymi emisjami pyłu, wartości dochodzą do 0,40 mg/Nm³.

W przypadku stosowania odpadów, zmierzone emisje rtęci mieściły się w przedziale poniżej 0,03 mg/Nm³ mierzone jako wartość średniodobowa, lub 0,05 mg/Nm³ mierzone jako średnia półgodzinna. Dla grupy takich metali jak kadm i tal, zmierzone emisje plasowały się poniżej 0,05 mg/Nm³ mierzone jako średnia półgodzinna, a dla grupy metali takich jak: arsenik, kobalt, chrom, miedź, mangan, ołów, antymon, cyna i wanad, zmierzone emisje plasowały się poniżej 0,5 mg/Nm³ mierzone jako średnia półgodzinna (zawartość tlenu: 10%) (zob. rozdział 2.3.3.10.1) [46, Niemcy, 2006].

Zastosowanie

Ta metoda/technika może być stosowana w przemyśle wapienniczym.

Kwestie ekonomiczne

Dzięki skutecznemu odpylaniu można uniknąć wysokich kosztów utrzymania filtrów aktywnego węgla. Wymagany system zapewniania jakości gwarantujący właściwości materiałów dostarczanych do pieca może się wiązać z dodatkowymi kosztami.

Sila sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady wapiennicze w krajach UE-27.

[46, Niemcy, 2006], [51, EuLA, 2006], [54, EuLA, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008]

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

W 2008 r. w krajach UE-27 nie było zakładów wapienniczych stosujących to rozwiązanie. [54, EuLA, 2006], [168, TWG CLM]

2.4.9 Straty/ odpady procesowe

2.4.9.1 Ogólne kwestie dotyczące ponownego wykorzystania odpadów technologicznych jako surowców

Niniejszy rozdział jest poświęcony możliwościom ograniczenia odpadów stałych powstających na kilku etapach produkcji wapna.

Pył zgromadzony podczas załadunku, rozładunku, przenoszenia, mechanicznego transportowania i przetwarzania surowców może być ponownie wykorzystany jako surowiec. Przykładowo, podczas magazynowania surowców, każdy przefiltrowany pył może być ponownie wykorzystany do procesu produkcji lub załadowany do silosu, gdy stosowany jest system lokalnego czyszczenia powietrza w górnym filtrze silosu.

Rozdział 2

Oddzielony pył zgromadzony z filtrów tkaninowych z przemiałowni, zakładów przesiewających, młynów, zakładów hydratyzacji lub załadunku jest wapnem wypalonym, które może być połączone z produktem lub ponownie wykorzystane w zakładach cementowych, szczególnie gdy zakłady cementowe i wapiennicze są zlokalizowane na tym samym terenie [66, Austria, 2006].

Pył pochodzący z systemu czyszczenia gazów odlotowych może być ponownie wykorzystany jedynie w określonych okolicznościach, ponieważ pył ten może zawierać substancje zanieczyszczające, takie jak wysokie stężenia siarki, fluoru i metali, szczególnie gdy odpad jest współspalany. W większości przypadków, zgromadzony pył jest głównie węglanem wapnia, ze zróżnicowaną zawartością tlenu wapnia, pyłu paliwowego i gliny. Zgromadzony pył ma szereg zastosowań, od włączenia do wybranych produktów komercyjnych (np. wapno budowlane, wapno do stabilizacji gleby, wapno hydratyzowane i produkty granulowane) do wykorzystania na wysypiskach.

Zawiesina wytworzona podczas czyszczenia gazów odlotowych przy użyciu płuczek mokrych osadza się, a roztwór jest na ogół ponownie wykorzystywany, podczas gdy mokre cząstki stałe w większości przypadków trafiają na wysypisko. Oddzielne przepływy strumieni różnych gazów odlotowych ułatwiają optymalne wykorzystanie pylastych odpadów technologicznych. Gips powstały podczas czyszczenia gazów odlotowych nie może być ponownie użyty w procesie produkcji wapna, ale jest wykorzystywany w przemyśle cementowym jako środek utwardzający.

Materiały, które nie mogą być poddane recyklingowi wewnętrznemu są wywożone z zakładu i przewożone do zakładów z innych gałęzi przemysłu lub dostarczane do zewnętrznych zakładów przetwórstwa i utylizacji odpadów.

2.4.10 Hałas

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Niniejszy rozdział jest poświęcony możliwościom ograniczenia hałasu powstającego na kilku etapach produkcji wapna. Ograniczenie hałasu ma szczególne znaczenie, gdyż zakłady wapiennicze są często zlokalizowane w pobliżu terenów mieszkalnych.

Ograniczenie emisji hałasu można zazwyczaj osiągnąć poprzez zastosowanie metod/technik bezpośrednio u źródła hałasu. Źródłami hałasu są, na przykład, działania wydobycia i przetwarzania wapienia, jak również procesy związane z produkcją wapna, takie jak kruszenie, mielenie i przygotowanie, same piece wapiennicze, system załadunku pieców, przenośniki taśmowe, filtry, systemy chłodzące w piecach, itp.

Aby zredukować poziom hałasu w pobliżu zakładu wapienniczego stosowane są różne metody/techniki ograniczania hałasu. Dla każdego zakładu lub miejsca produkcji należy indywidualnie określić najbardziej skuteczne połączenia metod/technik.

W przemyśle wapienniczym stosowane mogą być następujące metody/techniki:

- odpowiedni wybór miejsca prac emitujących hałas
- wykonywanie prac emitujących hałas, jak np. załadunek pieca, rozładunek wapna, przewożenie produktu, w zamkniętych budynkach
- instalacja barier dźwiękowych i ścian dźwiękoszczelnych, np. w miejscach załadunku samochodów ciężarowych

Rozdział 2

- stosowanie w rynnach zsypowych wewnętrznych i zewnętrznych powłok z wytrzymałych materiałów
- dźwiękoszczelne budynki do wykonywania prac z użyciem sprzętu do obróbki materiału
- wygłuszenie maszynowni
- wygłuszenie ścian, np. przez instalację śluz na przodzie przenośnika taśmowego
- instalacja pochłaniaczy dźwięku na wylotach powietrza, np. ujście gazów czystych w odpylaczach
- zmniejszenie prędkości przepływu w przewodach
- izolacja dźwiękoszczelna przewodów
- wygłuszenie wylotów w kominach
- otulenie przewodów i wygłuszenie dmuchaw znajdujących się w dźwiękoszczelnych budynkach
- rozłączenie układu źródeł hałasu i potencjalnych elementów rezonujących, np. kompresorów i przewodów.

Istniejące i starsze zakłady są modernizowane, tak aby spełniały krajowe wymogi prawne, chociaż w niektórych starszych modelach może to być utrudnione ze względu na brak przestrzeni na osłony, dostęp do konserwowanych elementów, co należy wziąć pod uwagę.

Jeśli wyżej wymienione metody/techniki ograniczające emisje hałasu nie mogą być zastosowane oraz jeśli nie jest możliwe przeniesienie urządzeń emitujących hałas wewnątrz budynku, np. ze względu na wielkość pieca i urządzeń powiązanych, można zastosować wtórne metody/techniki ograniczania emisji hałasu, np. stawiając budynki lub sadząc drzewa między obszarami chronionymi i źródłami hałasu, np. piecem lub miejscem składowania. W czasie prowadzenia prac emitujących hałas, drzwi i okna w budynkach muszą być zamknięte.

Schemat ograniczenia emisji hałasu

Praktyka ograniczania emisji hałasu z zakładów wapienniczych pomaga utworzyć schemat ograniczenia emisji hałasu dla całego zakładu, z uwzględnieniem wszystkich źródeł hałasu w zakładzie produkcyjnym, kosztów ograniczania hałasu, wymogów prawnych, jak również problemów danego otoczenia.

Najbardziej skuteczny schemat ograniczenia emisji hałasu nie musi koniecznie obejmować metod/technik redukcji hałasu w najgłośniejszych miejscach, ponieważ poziomy hałas znacznie się zmniejsza wraz z odległością od źródła. Odpowiednio, bardziej skuteczne może okazać się połączenie metod/technik u źródła hałasu blisko dotkniętych obszarów. W niektórych przypadkach, metody/techniki organizacyjne, takie jak ograniczenie prac w godzinach nocnych, mogą w wystarczającym stopniu przyczynić się do ograniczenia niedogodności dla okolicznych terenów i zapewnienia zgodności z wymogami prawnymi.

Opracowanie schematu ograniczenia emisji hałasu obejmuje następujące kroki:

- wyszczególnienie wszystkich głównych źródeł hałasu i określenie poziomów ich ciśnienia akustycznego
- określenie dotkniętych obszarów, np. terenów mieszkalnych
- komputerowe obliczenie rozprzestrzeniania się hałasu (w oparciu o trójwymiarowy model zakładu i otoczenia)
- zestawienie źródeł hałasu według ich znaczenia dla poszczególnych dotkniętych obszarów (oddzielnie dla godzin dziennych i nocnych)
- ocena metod/technik ograniczenia emisji hałasu w odniesieniu do znaczenia poziomu hałasu na dotkniętych obszarach i szacowanych kosztów
- identyfikacja najbardziej efektywnej kosztowo kombinacji metod/technik zapewniającej zgodność z wymogami prawnymi, jak również akceptację na terenach sąsiadujących [46, Niemcy, 2006]

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Z uwagi na zastosowanie metod/technik zabezpieczających przed hałasem mogą wystąpić dodatkowe koszty inwestycyjne i utrzymania.

Dane operacyjne

Brak danych.

Zastosowanie

Metody/techniki ograniczenia emisji hałasu mogą być stosowane w przemyśle cementowym (zob. rozdział 2.3.6).

Kwestie ekonomiczne

Z uwagi na zastosowanie metod/technik zabezpieczających przed hałasem mogą wystąpić dodatkowe koszty inwestycyjne.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady wapiennicze w Niemczech, zakłady wapiennicze w krajach UE-27. [46, Niemcy, 2006]

2.4.11 Uwagi ogólne kwestie dotyczące zapachów

Emisje nieprzyjemnych zapachów mogą występować w zakładach wapienniczych używających pieców obrotowych na wsad mieszany, ze względu na fakt, że powstają w nich emisje siarkowodoru (H_2S). Zależy to od części zredukowanych lub pierwiastkowych form siarki, które prowadzą do powstawania emisji H_2S . Skutecznym rozwiązaniem ograniczającym H_2S w strumieniach gazów odlotowych może być użycie dopalacza regeneracyjnego. W 2008 r. w Europie tylko jeden zakład wapienniczy był wyposażony w dopalacz termiczny redukujący emisje H_2S ; jednak tylko przez okres 6 miesięcy. W europejskim przemyśle wapienniczym nie działają żadne inne dopalacze regeneracyjne. Obniżenie zawartości siarki w paliwach może przyczynić się do redukcji emisji nieprzyjemnych zapachów.

Rozdział 2

Odór może także powstawać podczas używania odpadów jako paliwa. Miejsca magazynowania materiałów odpadowych muszą być przykryte; można też wykorzystywać systemy składowania odpadów.

2.4.12 Narzędzia zarządzania środowiskiem

Narzędzia zarządzania środowiskiem zostały opisane w rozdziale 1.4.12 dotyczącym przemysłu cementowego.

2.5 Najlepsze dostępne techniki BAT dla przemysłu wapienniczego

W celu lepszego zrozumienia treści tego rozdziału czytelnik powinien zapoznać się ze wstępem do niniejszego dokumentu, a w szczególności z jego piątą częścią: „Jak rozumieć i stosować niniejszy dokument”. Metody/techniki oraz odpowiadające im poziomy emisji i/lub zużycia, jak również zakresy poziomów, jakie przedstawiono w niniejszym rozdziale, zostały ocenione w toku procesu iteracyjnego obejmującego następujące etapy:

- określenie kluczowych zagadnień dotyczących ochrony środowiska w obrębie danego sektora; w produkcji wapna są to zużycie energii, w tym stosowanie paliw odpadowych i emisje do atmosfery
- zbadanie metod/technik najistotniejszych z punktu widzenia tych kluczowych zagadnień
- określenie poziomów emisji optymalnych dla środowiska na podstawie danych dostępnych w Unii Europejskiej i na świecie
- zbadanie warunków, w których te poziomy emisji zostały uzyskane, takich jak koszty, oddziaływanie na środowisko, głównie cele i motywacja dla wprowadzania tych metod/technik
- wybór najlepszych dostępnych technik (BAT) oraz odpowiadających im poziomów emisji i/lub zużycia dla tego sektora w ogóle, zgodnie z art. 2 ust. 12 oraz załącznikiem IV do dyrektywy.

Europejskie Biuro IPPC i odpowiednia Techniczna Grupa Robocza (TWG) pełniły główną rolę przy fachowej ocenie każdego z tych działań, jak również miały wpływ na sposób przedstawienia ich wyników w niniejszym opracowaniu.

Na podstawie tej oceny w niniejszym rozdziale przedstawiono najlepsze dostępne techniki oraz – w miarę możliwości – poziomy emisji i zużycia związane ze stosowaniem tych technik, które są uważane za odpowiednie dla danego sektora i w wielu przypadkach odzwierciedlają aktualną wydajność niektórych instalacji w obrębie sektora. Tam gdzie prezentowane są poziomy emisji lub zużycia „związane z najlepszymi dostępnymi technikami BAT” oznacza to, że poziomy te odzwierciedlają skutki oddziaływania na środowisko, jakie można przewidzieć w wyniku zastosowania w tym sektorze opisanych metod/technik, mając na uwadze bilans kosztów i korzyści będących nieodłączną częścią definicji BAT. Jednakże nie są to graniczne wielkości emisji czy zużycia i nie powinny być tak rozumiane. W niektórych przypadkach uzyskanie lepszych poziomów emisji lub zużycia może być technicznie możliwe, jednak ze względu na związane z tym koszty lub skutki oddziaływania na środowisko nie są one uważane za właściwe jako BAT dla całego sektora. Poziomy takie mogą jednak być uznane za uzasadnione w bliżej określonych przypadkach, w których występują szczególne okoliczności przemawiające za wdrożeniem danych technik.

Poziomy emisji i zużycia odpowiadające BAT muszą być rozpatrywane z uwzględnieniem szczególnych warunków odniesienia (np.: okresów uśredniania).

Należy odróżnić opisane powyżej pojęcie „poziomów odpowiadających BAT” od określenia „osiągalny poziom” stosowanego gdzie indziej w tym dokumencie. W przypadku, w którym poziom jest opisany jako „osiągalny” przy zastosowaniu danej metody/techniki lub kombinacji metod/technik, oznacza to, że można go uzyskać stosując te metody/techniki po pewnym czasie w dobrze utrzymywanej i obsługiwanej instalacji lub procesie.

Rozdział 2

Dostępne dane dotyczące kosztów wraz z opisem metod/technik omówionych w poprzednim rozdziale 2.4. zostały przedstawione łącznie. Wskazują one przybliżoną wielkość przewidywanych kosztów. Jednak rzeczywisty koszt zastosowania danej metody/techniki będzie w dużym stopniu zależał od konkretnej sytuacji z uwzględnieniem, na przykład, wysokości podatków, opłat oraz specyfikacji technicznej dla danej instalacji. Dokładna ocena tych specyficznych dla danego miejsca czynników nie jest w tym dokumencie możliwa. W przypadku braku danych dotyczących kosztów, wnioski odnoszące się do ekonomicznej użyteczności metod/technik zostały sformułowane na podstawie obserwacji istniejących instalacji.

Najlepsze dostępne techniki BAT (w tym powiązane poziomy emisji i zużycia) przedstawione w niniejszym rozdziale to „najlepsze dostępne techniki BAT w ogóle” (tj. uważane za właściwe dla całego sektora). Zakłada się, że stanowią one punkt odniesienia, względem którego oceniane będą bieżące wyniki istniejących instalacji lub propozycje nowych instalacji. W ten sposób, mogą one być pomocne przy określaniu właściwych warunków „w oparciu o najlepsze dostępne techniki BAT” dla danej instalacji lub przy ustalaniu ogólnych przepisów wiążących w ramach art. 9 ust. 8 dyrektywy IPPC. Przewiduje się, że nowe instalacje mogą być projektowane tak, aby osiągać lub nawet przekraczać ogólne przedstawione tu poziomy odpowiadające BAT. Uważa się również, że istniejące instalacje mogłyby zbliżyć się do ogólnych poziomów odpowiadających BAT bądź osiągać lepsze wyniki, w zależności od technicznego i ekonomicznego zastosowania tych metod/technik w każdym przypadku.

Dokumenty referencyjne BAT wprowadzicie nie ustalają prawnie wiążących norm, lecz mają za zadanie dostarczanie informacji stanowiących wskazówki dla przemysłu, państw członkowskich i społeczeństwa na temat osiągalnych poziomów emisji i zużycia przy stosowaniu konkretnych metod/technik. Odpowiednie wartości dopuszczalne dla każdego konkretnego przypadku będą musiały zostać określone z uwzględnieniem celów dyrektywy dotyczącej zintegrowanego zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń (IPPC) oraz lokalnych uwarunkowań.

„Najlepsze dopuszczalne techniki BAT” dla konkretnych instalacji będą zazwyczaj zastosowaniem jednej lub kilku technik BAT wymienionych w niniejszym rozdziale.

Gdy metody/techniki zidentyfikowane pojedynczo jako BAT mogą być użyte w połączeniu z innymi technikami, skutki tych połączeń należy uwzględnić przy wyciąganiu wniosków dotyczących wartości dopuszczalnych w oparciu o techniki BAT dla poszczególnych przypadków.

Zalecenia dla użytkowników/czytelników niniejszego dokumentu:

Zaleca się czytanie niniejszego rozdziału 2.5 w połączeniu z rozdziałem 2.4, gdyż należy uwzględnić zagadnienia dotyczące zastosowania metod/technik wymienionych w rozdziale 2.4. Dla ułatwienia, w rozdziale 2.5 zamieszczono odniesienia do rozdziału 2.4.

Poziomy emisji wymienione w niniejszym rozdziale są wyrażone jako średnia dzienna w warunkach standardowych, z wyjątkiem zakładów hydratyżacji, dla których warunki są takie, jak w trakcie emisji. W odniesieniu do warunków standardowych dla natężenie przepływu i stężeń gazów odlotowych z pieców stosowane są następujące definicje, wyszczególnione również w glosariuszu:

m ³ /h	natężenie przepływu: o ile w niniejszym dokumencie nie zamieszczono innej definicji, natężenie przepływu odnosi się do 11% obj. tlenu i stanu standardowego
mg/Nm ³	le w niniejszym dokumencie nie zamieszczono innej definicji, stężenie substancji gazowych lub mieszanek substancji odnosi się do suchego gazu odlotowego o natężeniu 11% obj. tlenu i stanu standardowego
owy	odnosi się do temperatury 273 K, ciśnienia 1013 hPa i suchego gazu

Jak opisano we Wstępie, niniejszy dokument nie zawiera granicznych wielkości emisji czy zużycia. Najlepsze dostępne techniki i zaprezentowane zakresy poziomów emisji lub zużycia odpowiadające najlepszym dostępnym technikom BAT (zakresy BAT-AEL) dotyczą instalacji z piecami różnej wielkości, różnych zasad eksploatacji pieców, np. ciągła lub nieciągła, oraz różnych godzin pracy w skali roku. Szczególne lokalne kwestie nie mogą być uwzględnione w niniejszym dokumencie. Określenie odpowiednich wartości dopuszczalnych będzie wymagało uwzględnienia czynników lokalnych, typowych dla danego zakładu, takich jak specyfikacja techniczna danej instalacji, jej lokalizacja i lokalne warunki środowiskowe. Nawet jedno założenie zapewniające wysoki poziom ochrony środowiska jako całości będzie często obejmowało wykonanie alternatywnych ocen różnych rodzajów wpływu na środowisko, a na oceny te wpływ będą miały okoliczności lokalne.

Mimo podjęcia prób odniesienia się do tych kwestii, nie można ich w pełni opisać w niniejszym dokumencie. Metody/techniki i poziomy przedstawione w rozdziale 2.5 nie będą zatem miały zastosowania do wszystkich instalacji. Z drugiej strony, obowiązek zapewnienia wysokiego poziomu ochrony środowiska, w tym ograniczenia długofalowego i transgranicznego zanieczyszczenia przewiduje, że odpowiednie wartości dopuszczalne nie mogą być ustalone wyłącznie na podstawie okoliczności lokalnych. Niezwykle ważne zatem jest uwzględnienie wszystkich informacji zawartych w niniejszym dokumencie.

2.5.1 System zarządzania środowiskowego (EMS)

Szereg technik zarządzania środowiskowego uważa się za najlepsze dostępne techniki BAT: Zakres (np. poziom szczegółowości) i rodzaj EMS (np. standardowy lub niestandardowy) będzie na ogół zależał od rodzaju, skali i złożoności instalacji, jak również zakresu wpływu na środowisko, jaki może ona mieć.

29. Najlepszą dostępną techniką BAT jest wdrożenie i stosowanie systemu zarządzania środowiskowego (EMS), który uwzględnia następujące cechy jako odpowiednie dla warunków lokalnych (zob. rozdział 1.4.12 dotyczący przemysłu cementowego):

- (a) zaangażowanie najwyższego kierownictwa (zaangażowanie najwyższego kierownictwa uznaje się za warunek konieczny dla skutecznego zastosowania innych elementów EMS)
- (b) określenie przez najwyższe kierownictwo polityki środowiskowej, uwzględniającej stałe ulepszanie instalacji
- (c) planowanie i opracowanie niezbędnych procedur, ich założeń i celów, w połączeniu z planem finansowym i inwestycyjnym
- (d) wdrożenie procedur, ze szczególnym uwzględnieniem:
 - struktury i odpowiedzialności
 - szkolenia, świadomości i kompetencji
 - komunikacji

Rozdział 2

- zaangażowania pracowników
 - dokumentacji
 - skutecznej kontroli procesu
 - programu operacyjnego
 - gotowości i reagowania na awarie
 - zapewnienia zgodności z przepisami z zakresu ochrony środowiska.
- (e) sprawdzanie wyników i podejmowanie działań korygujących, ze szczególnym uwzględnieniem:
- monitorowania i pomiarów (zob. również Dokument Referencyjny dla ogólnych zasad monitoringu (MON) [151, Komisja Europejska, 2003])
 - działań korygujących i zapobiegawczych
 - prowadzenia rejestrów
 - niezależnego (w stosownych przypadkach) audytu wewnętrznego, w celu stwierdzenia czy system zarządzania środowiskowego odpowiada przyjętym założeniom i jest odpowiednio wdrażany i utrzymywany
- (f) przegląd EMS i jego stałej przydatności, adekwatności i skuteczności przeprowadzany przez najwyższe kierownictwo.

Mimo iż trzy kolejne cechy wymienione poniżej mają swoje zalety, system zarządzania środowiskowego bez tych cech może stanowić najlepszą dostępną technikę BAT:

- analiza i zatwierdzenie procedur systemu zarządzania i audytu przez akredytowany organ certyfikacji lub zewnętrznego audytora EMS
- przygotowanie i publikacja (oraz w miarę możliwości zewnętrzna weryfikacja) okresowego oświadczenia środowiskowego opisującego wszystkie istotne aspekty środowiskowe instalacji, umożliwiającego coroczne porównania założeń i celów środowiskowych, jak również stosownych kryteriów sektorowych.
- wdrożenie i przestrzeganie międzynarodowego nieobowiązkowego systemu uznawanego na arenie międzynarodowej, jak np. EMAS i EN ISO 14001:2004. Przyjęcie takiego dobrowolnego narzędzia może zwiększyć wiarygodności systemu EMS. W szczególności system EMAS, który obejmuje wszystkie wyżej wymienione cechy, daje większą wiarygodność. Jednakże, niestandardowe systemy mogą być równie skuteczne, przy założeniu, że są one odpowiednio opracowane i wdrożone.

Szczególnie w przypadku przemysłu wapienniczego, ważne jest uwzględnienie następujących potencjalnych elementów systemu EMS:

- wpływ na środowisko ewentualnego wycofania z eksploatacji danej jednostki na etapie planowania nowego zakładu
- rozwój czystszych technologii i śledzenie zmian
- w stosownych przypadkach, regularne stosowanie kryteriów sektorowych, takich jak działania na rzecz efektywności energetycznej i zachowania energii, dobór materiałów, emisje do środowiska, odprowadzanie zanieczyszczeń do wody, zużycie wody i generowanie odpadów.

2.5.2 Ogólne środki/techniki pierwotne

30. Najlepszą dostępną techniką BAT jest osiągnięcie sprawnego i stabilnego procesu w piecach, realizowanego z zachowaniem ustalonych parametrów procesu, który korzystnie wpływa na emisje z pieca, jak również zużycie energii, przez zastosowanie następujących metod/technik:

- a) optymalizacja procesu kontroli, w tym komputerowe systemy kontroli automatycznej
- b) wykorzystywanie nowoczesnych, wagowych systemów załadunku paliw stałych.

31. Najlepszą dostępną techniką BAT jest dokładny dobór i kontrola substancji wprowadzanych do pieca, w celu obniżenia i/lub wyeliminowania emisji.

32. Najlepszą dostępną techniką BAT jest regularne monitorowanie i dokonywanie pomiarów parametrów procesu i emisji, takich jak:

- a) stałe pomiary parametrów procesu przedstawiające stabilność procesu, jak np. temperatura, zawartość O₂, ciśnienie, prędkość przepływu i emisje CO
- b) monitorowanie i stabilizacja kluczowych parametrów procesu, tj. dozowania paliwa, regularnego dozowania i nadmiaru tlenu
- c) stałe lub okresowe (zalecenie: co najmniej raz na miesiąc oraz w czasie najwyższych spodziewanych emisji) pomiary emisji pyłów, NO_x, SO_x, HCl i HF oraz wycieków NH₃, gdy stosowany jest system SNCR
- d) okresowe pomiary emisji PCDD/F, metali (zob. rozdział 2.4.8 i BAT 52 w rozdziale 2.5.9) oraz ogólnego węgla organicznego.

W niniejszym kontekście, przy współspalaniu odpadów, należy spełniać wymogi dyrektywy w sprawie spalania odpadów (WID) [59, Unia Europejska, 2000].

2.5.3 Zużycie energii

Ogólne zagadnienia dotyczące zużycia energii można znaleźć w rozdziałach 2.3.2, 2.4.2 i 2.4.3.

33. Najlepszą dostępną techniką BAT jest ograniczenie/zminimalizowanie zużycie energii cieplnej poprzez zastosowanie kombinacji następujących metod/technik:

- a) zastosowanie ulepszonych i zoptymalizowanych systemów w piecach oraz sprawnego i stabilnego procesu w piecach, realizowanego z zachowaniem ustalonych parametrów procesu, z wykorzystaniem:
 - I. optymalizacji kontroli procesu
 - II. odzyskania ciepła z gazów odlotowych, w stosownych przypadkach
 - III. nowoczesnych, wagowych systemów dozowania paliw stałychW tym kontekście (zob. rozdział 2.4.2) przedstawiono kilka różnych metod/technik, które mogą być stosowane w systemach piecowych oddzielnie lub łącznie)
- b) wykorzystanie paliw o właściwościach mających pozytywny wpływ na zużycie energii cieplnej. Podczas zastępowania paliw kopalnych paliwami odpadowymi należy pamiętać o odpowiednich piecach wapienniczych i palnikach, optymalnie dostosowanych do spalania odpadów (zob. rozdział 2.4.4)
- c) ograniczenie nadmiaru powietrza.

Zob. również Dokument Referencyjny dla najlepszych dostępnych technik dotyczących efektywności energetycznej [181, Komisja Europejska, 2008]

Za zgodne z najlepszymi dostępnymi technikami BAT uznaje się następujące poziomy zużycia energii cieplnej:

Rodzaj pieca	Zużycie energii cieplnej ¹⁾ GJ/tonę
Długi piec obrotowy (LRK)	6,0 – 9,2
Piec obrotowy z podgrzewaczem (PRK)	5,1-7,8
Współprądowy piec regeneracyjny (PFRK)	3,2-4,2
Piec szybowy pierścieniowy (ASK)	3,3-4,9
Piec szybowy na wsad mieszany (MFSK)	3,4-4,7
Inne piece (OK)	3,5-7,0

¹⁾ Zużycie energii zależy od rodzaju produktu, jakości produktu, warunków procesu i surowców

Tabela 2.42: Poziomy zużycia energii cieplnej zgodne z BAT w przemyśle wapienniczym (dla wapna i dolomitu kalcynowanego)

Zob. również Dokument Referencyjny dla najlepszych dostępnych technik dotyczących efektywności energetycznej [181, Komisja Europejska, 2008]

34. Najlepszą dostępną techniką BAT jest zminimalizowanie zużycia energii elektrycznej poprzez zastosowanie, oddzielnie lub łącznie, następujących metod/technik:

- a) stosowanie systemów zarządzania energią
- b) używanie optymalnej wielkości kamieni wapiennych
- c) używanie sprzętu mielącego i innych sprzętów zasilanych energią elektryczną o wysokiej efektywności energetycznej (zob. rozdział 2.4.2).

2.5.4 Zużycie wapienia

Ogólne zagadnienia dotyczące zużycia wapienia można znaleźć w rozdziałach 2.2.2, 2.2.3.2, 2.3.1 i 2.4.1.

35. Najlepszą dostępną techniką BAT jest zminimalizowanie zużycia wapienia poprzez zastosowanie, oddzielnie lub łącznie, następujących metod/technik:

- a) konkretne wydobycie, kruszenie i prawidłowe zużycie wapienia (jakość, wielkość kamienia)
- b) dobór pieców o optymalnej technologii, obsługujących szerszy zakres wielkości kamieni wapiennych, aby zoptymalizować zużycie wydobytego wapienia.

2.5.5 Dobór paliw

Ogólne zagadnienia dotyczące zużycia paliw można znaleźć w rozdziałach 2.3.2.1 i 2.4.4.

36. Najlepszą dostępną techniką BAT jest dokonanie dokładnego doboru i kontroli paliw stosowanych w piecach, tj. doboru paliw o niskiej zawartości siarki (w szczególności dla pieców obrotowych), azotu i chloru, aby wyeliminować/ograniczyć emisje.

2.5.5.1 Wykorzystanie paliw odpadowych

Ogólne zagadnienia dotyczące stosowania i doboru paliw odpadowych można znaleźć w rozdziałach 2.2.5 i 2.4.4.

W niniejszym kontekście, przy stosowaniu paliw odpadowych, należy spełniać wymogi dyrektywy w sprawie spalania odpadów (WID) [59, Unia Europejska, 2000].

2.5.5.1.1 Kontrola jakości odpadów

37. Najlepszą dostępną techniką BAT jest:

a) stosowanie systemów zapewniania jakości, aby zagwarantować odpowiednie właściwości odpadów i analizowanie wszelkich odpadów, które mają być użyte w piecu wapienniczym, pod względem:

- I. stałej jakości
- II. kryteriów fizycznych, np. powstawania emisji, grubości, reaktywności, łatwości spalania, wartości opałowej
- III. kryteriów chemicznych, np. zawartość chloru, siarki, zasad i fosforanów, jak również odpowiednich metali

b) kontrolowanie liczby stosowanych parametrów w odniesieniu do odpadów, które mają być użyte jako paliwo w piecu wapienniczym, takich jak całkowita zawartość halogenu, odpowiednich metali (np. chromu, ołowiu, kadmu, rtęci, talu) i siarki.

2.5.5.1.2 Dozowanie odpadów do pieca

38. Najlepszą dostępną techniką BAT jest:

- a) używanie odpowiednich palników do dozowania odpowiednich odpadów, w zależności od modelu i zasad działania pieca**
- b) działanie w taki sposób, aby temperatura gazów powstających przy współspalaniu odpadów dochodziła do temperatury 850°C w 2 sekundy, w kontrolowany i jednorodny sposób, nawet w najmniej sprzyjających warunkach**
- c) zwiększenie temperatury do 1100 °C, jeśli współspalane odpady niebezpieczne mają zawartość halogenowych substancji organicznych, wyrażoną jako chlor, przekraczającą 1%**
- d) ciągłe i stałe dozowanie odpadów**
- e) zatrzymanie współspalania odpadów, przy rozruchu i/lub postoju, gdy nie można osiągnąć odpowiednich temperatur i czasu przebywania, określonych w punktach b) i c) powyżej.**

2.5.5.1.3 Zarządzanie bezpieczeństwem podczas stosowania odpadów niebezpiecznych

39. Najlepszą dostępną techniką BAT jest stosowanie systemu zarządzania bezpieczeństwem w przypadku transportowania, magazynowania i/lub dozowania odpadów niebezpiecznych (zob. rozdział 2.4.4).

2.5.6 Emisje pyłów

2.5.6.1 Niezorganizowana emisja pyłów

Ogólne zagadnienia dotyczące niezorganizowanych emisji pyłów można znaleźć w rozdziałach 2.3.3.1.2, 2.4.5.1 i 2.4.5.2.

40. Najlepszą dostępną techniką BAT jest zminimalizowanie/zapobieganie niezorganizowanym emisjom pyłów poprzez zastosowanie, oddzielnie lub łącznie, następujących metod/technik:

- a) metody/techniki związane z pracami emitującymi dużą ilość pyłu. W tym kontekście (zob. rozdział 2.4.5.1) przedstawiono kilka różnych metod/technik, które mogą być stosowane w systemach piecowych oddzielnie lub łącznie
- b) metody/techniki dotyczące miejsc przechowywania materiałów sypkich. W tym kontekście (zob. rozdział 2.4.5.2) przedstawiono kilka różnych metod/technik, które mogą być stosowane w systemach piecowych oddzielnie lub łącznie.

2.5.6.2 Skanalizowane emisje pyłów powstających przy pracach emitujących dużą ilość pyłu

W niniejszym rozdziale przedstawiono najlepsze dostępne techniki BAT dla obniżenia emisji pyłów powstających przy pracach emitujących dużą ilość pyłu, innych niż prace związane z procesem opalania pieca. Ogólne zagadnienia dotyczące skanalizowanych emisji pyłów można znaleźć w rozdziałach 2.3.3.1.1 i 2.4.5.3.

41. Najlepszą dostępną techniką BAT jest stosowanie systemu zarządzania eksploatacją, która dotyczy w szczególności działania filtrów w źródłach powstawania pyłów. W odniesieniu do systemu zarządzania, najlepszą dostępną techniką BAT jest ograniczenie zorganizowanych emisji pyłów (zob. rozdział 2.4.5.3) do poziomu poniżej 10 mg/Nm³ (BAT-AEL), jako wartości średniej w okresie pomiarowym (pomiar punktowy, przez co najmniej pół godziny) poprzez stosowanie filtrów tkaninowych lub do poziomu <10 - 20 mg/Nm³ (BAT-AEL), jako wartości średniej w okresie pomiarowym (pomiar punktowy, przez co najmniej pół godziny) poprzez stosowanie płuczek mokrych.

Płuczki mokre są używane głównie w zakładach hydratacji wapna. Należy podkreślić, że w przypadku małych źródeł (<10000 Nm³/h), pod uwagę należy wziąć podejście priorytetowe.

W tym kontekście (zob. rozdział 2.4.5.3) przedstawiono kilka różnych metod/technik, które mogą być stosowane w systemach piecowych oddzielnie lub łącznie.

2.5.6.3 Emisje pyłów z procesów opalania pieców

W niniejszym rozdziale przedstawiono najlepsze dostępne techniki BAT dla obniżenia emisji pyłów powstających podczas procesów opalania pieców. Ogólne zagadnienia dotyczące zorganizowanych emisji pyłów można znaleźć w rozdziałach 2.3.3.1.1 i 2.4.5.3.

42. Najlepszą dostępną techniką BAT jest ograniczenie emisji pyłów (cząstek stałych) z gazów odlotowych powstających w procesach opalania pieców poprzez zastosowanie systemu oczyszczania gazów odlotowych z filtrem (zob. rozdział 2.4.5.3). Dzięki zastosowaniu filtrów tkaninowych, wartości BAT-AEL wynoszą poniżej 10 mg/Nm³, jako średnia dobowa. Dzięki zastosowaniu elektrofiltrów i innych filtrów, wartości BAT-AEL wynoszą poniżej 20 mg/Nm³, jako średnia dobowa.

W wyjątkowych przypadkach, gdy rezystywność pyłów jest wysoka, wartości BAT-AEL mogą być wyższe, do 30 mg/Nm³, jako średnia dobowa.

Rozdział 2

W niniejszym kontekście, przy współspalaniu odpadów, należy spełniać wymogi dyrektywy w sprawie spalania odpadów (WID) [59, Unia Europejska, 2000].

2.5.7 Związki gazowe

2.5.7.1 Ogólne środki/techniki pierwotne obniżające emisje związków gazowych
Ogólne zagadnienia dotyczące emisji związków gazowych można znaleźć w rozdziale 2.4.6.

43. Najlepszą dostępną techniką BAT jest ograniczenie emisji związków gazowych (tj. NO_x, SO_x, HCl, CO, TOC/lotnych związków organicznych, metali) z gazów odlotowych powstających w procesach opalania pieców poprzez zastosowanie, oddzielnie lub łącznie, następujących metod/technik:

- a) dokładny dobór i kontrola substancji wprowadzanych do pieca
- b) ograniczenie prekursorów zanieczyszczeń w paliwach i – w miarę możliwości – w surowcach, tj.
 - I. wybór paliw, o ile to możliwe, o niskiej zawartości siarki (w szczególności do pieców obrotowych), azotu i chloru (zob. rozdziały 2.4.4 i 2.4.6.2)
 - II. dobór surowców, o ile to możliwe, o niskiej zawartości substancji organicznych (zob. rozdział 2.4.6.3)
 - III. wybór odpowiednich paliw odpadowych dla procesu i palnika (zob. rozdziały 2.2.5 i 2.4.4 i 2.5.5.1)
- c) stosowanie metod/technik optymalizacji procesu, aby zapewnić skuteczną absorpcję dwutlenku siarki, tj. efektywny kontakt między gazami piecowymi a wapnem palonym (zob. rozdziały 2.3.3.3 i 2.4.3).

W niniejszym kontekście, przy współspalaniu odpadów, należy spełniać wymogi dyrektywy w sprawie spalania odpadów (WID) [59, Unia Europejska, 2000].

2.5.7.2 Emisje NO_x

Ogólne zagadnienia dotyczące emisji NO_x można znaleźć w rozdziałach 2.3.3.2 i 2.4.6.1.

44. Najlepszą dostępną techniką BAT jest ograniczenie emisji NO_x z gazów odlotowych powstających podczas procesów opalania pieców poprzez zastosowanie, oddzielnie lub łącznie, następujących metod/technik (zob. rozdział 2.4.6.1):

- a) pierwotnych metod/technik, takich jak:
 - I. odpowiedni dobór paliwa, wraz z ograniczeniem zawartości azotu w paliwie (zob. rozdziały 2.4.4 i 2.4.6.1.4)
 - II. optymalizacja procesu (kształtowanie płomienia i profilu temperatury, zob. rozdział 2.4.6.1.1)
 - III. model palnika (palnik niskoemisyjny NO_x, zob. rozdział 2.4.6.1.3)
 - IV. stopniowanie powietrza mające zastosowanie w piecach PRK (zob. rozdział 2.4.6.1.2)
- b) system SNCR mający zastosowanie w piecach obrotowych Lepol (zob. rozdział 2.4.6.1.4)

Następujące poziomy emisji NO_x uznaje się za zgodne z BAT-AEL:

Rodzaj pieca	Jedn.	BAT-AEL (wartość średniodobowa, wyrażona jako NO ₂)
PFRK, ASK, MFSK, OSK	mg/Nm ³	100-<350 ¹⁾³⁾

LRK, PRK	mg/Nm ³	<200-<500 ¹⁾²⁾
¹⁾ Wyższe zakresy są związane z produkcją dolomitu kalcynowanego i wapnem mocno palonym ²⁾ W przypadku pieców LRK i PRK z szybem wytwarzającym wapno mocno palone, górny poziom dochodzi do 800 mg/Nm ³ ³⁾ Jeżeli pierwotne metody/techniki wskazane w punkcie a) I. powyżej są niewystarczające i gdy nie są dostępne wtórne metody/techniki obniżające emisje NOx do 350 mg/Nm ³ , górna granica wynosi 500 mg/Nm ³ , szczególnie dla wapna mocno palonego		

Tabela 2.43: Najlepsze dostępne techniki BAT dla poziomów emisji NOx z gazów odlotowych powstających w procesach opalania pieców w przemyśle wapienniczym

45. Przy zastosowaniu systemu SNCR, najlepszą dostępną techniką BAT jest:

- a) zastosowanie odpowiedniej i skutecznej redukcji wraz ze stabilnymi procesami operacyjnymi
- b) stosowanie prawidłowego stosunku stechiometrycznego i rozprowadzenia amoniaku, aby osiągnąć możliwie najwyższą efektywność redukcji NOx i ograniczyć wycieki amoniaku
- c) utrzymanie emisji NH₃ z gazów odlotowych na możliwie najniższym poziomie, ale poniżej 30¹⁾ mg/Nm³, jako wartości średniej dobowej. Należy uwzględnić zależność między skutecznością ograniczenia emisji NOx i wyciekami NH₃ (zob. rozdział 2.4.6.1.4 i rysunek 2.50).

¹⁾ Niniejsze techniki BAT-AEL są związane z doświadczeniami zebranymi z jednego zakładu wapienniczego (cztery piece).

2.5.7.3 Emisje SOx

Ogólne zagadnienia dotyczące emisji SOx można znaleźć w rozdziałach 2.3.3.3 i 2.4.6.2.

46. Najlepszą dostępną techniką BAT jest ograniczenie emisji SOx z gazów odlotowych powstających podczas procesów opalania pieców poprzez zastosowanie, oddzielnie lub łącznie, następujących metod/technik (zob. rozdział 2.4.6.2):

- a) stosowanie metod/technik optymalizacji procesu, aby zapewnić skuteczną absorpcję dwutlenku siarki, tj. efektywny kontakt między gazami piecowymi a wapnem palonym (zob. rozdziały 2.3.3.3 i 2.4.3)
- b) dobór paliw, w miarę możliwości, o niskiej zawartości siarki dla długich pieców obrotowych (LRK)
- c) stosowanie techniki dodawania absorbentu (np. dodanie absorbentu, oczyszczanie suchych gazów odlotowych w filtrach, płuczki mokre, węgiel aktywny).

Następujące poziomy emisji SOx uznaje się za zgodne z BAT-AEL:

Rodzaj pieca	Jedn.	BAT-AEL ¹⁾ (wartość średniodobowa, SOx wyrażony jako SO ₂)
PFRK, ASK, MFSK, OSK, PRK	mg/Nm ³	<50-<200
LRK	mg/Nm ³	<50-<400

¹⁾ Poziom zależy od początkowego poziomu SOx w gazach odlotowych i od stosowanych metod/technik obniżania emisji

Tabela 2.44: Najlepsze dostępne techniki BAT dla poziomów emisji SOx z gazów odlotowych powstających w procesach opalania pieców w przemyśle wapienniczym

2.5.7.4 Emisje CO i piki CO

2.5.7.4.1 Emisje CO

Ogólne zagadnienia dotyczące emisji CO można znaleźć w rozdziałach 2.3.3.4, 2.4.3.3.4.2 i 2.4.6.3.

47. Najlepszą dostępną techniką BAT jest ograniczenie emisji CO poprzez zastosowanie, oddzielnie lub łącznie, następujących pierwotnych metod/technik:

- dobór surowców, o ile to możliwe, o niskiej zawartości substancji organicznych (zob. rozdział 2.4.6.3)
- stosowanie metod/technik optymalizacji procesu w celu uzyskania stabilnego i kompletnego spalania (zob. rozdział 2.4.6.3).

Zob. również BAT 30, 31 i 32 dotyczące ogólnych metod/technik pierwotnych w rozdziale 2.5.2.

Następujące poziomy emisji CO uznaje się za zgodne z BAT-AEL:

Rodzaj pieca	Jedn.	BAT-AEL ¹⁾ (wartość średniodobowa)
PFRK, OSK, LRK, PRK	mg/Nm ³	<500
¹⁾ Wartość ta może być wyższa w zależności od użytych surowców i/lub rodzaju produkowanego wapna, np. wapna hydraulicznego		

Tabela 2.45: Najlepsze dostępne techniki BAT dla poziomów emisji CO z gazów odlotowych powstających w procesach opalania pieców

2.5.7.4.2 Obniżenie pików CO

Ogólne zagadnienia dotyczące pików CO można znaleźć w rozdziale 2.4.6.3. i w rozdziale na temat przemysłu cementowego 1.4.5.3.

48. Przy stosowaniu elektrofiltrów (ESP), najlepszą dostępną techniką BAT jest zminimalizowanie częstotliwości pików CO przez zastosowanie następujących metod/technik (zob. rozdział 2.4.6.3):

- ograniczenie przestożów elektrofiltru. W tym kontekście (zob. rozdział 2.4.6.3 i 1.4.5.3) przedstawiono kilka różnych metod/technik, które mogą być stosowane oddzielnie lub łącznie.
- dokonywanie stałych automatycznych pomiarów CO
- wykorzystywanie sprzętu do szybkich pomiarów i kontroli, w tym systemu monitorowania poziomów CO z krótkim czasem reakcji, zlokalizowanych w pobliżu źródła CO.

Zob. również rozdział 4.2.6, w którym opisano wytyczne dotyczące kontroli pików CO.

2.5.7.5 Obniżenie emisji ogólnego węgla organicznego (TOC)

Ogólne zagadnienia dotyczące emisji TOC można znaleźć w rozdziałach 2.3.3.5 i 2.4.6.4.

49. Najlepszą dostępną techniką BAT jest ograniczenie emisji TOC z gazów odlotowych powstających podczas procesów opalania pieców poprzez zastosowanie, oddzielnie lub łącznie, następujących metod/technik:

- a) zastosowanie ogólnych metod/technik pierwotnych (zob. również BAT 30-32 w rozdziale 2.5.2)
- b) unikanie używania w piecach surowców o dużej zawartości lotnych związków organicznych (z wyjątkiem produkcji wapna hydraulicznego).

Następujące poziomy emisji TOC uznaje się za zgodne z BAT-AEL:

Rodzaj pieca	Jedn.	BAT-AEL (średnia w okresie pomiarowym)
LRK ¹⁾ , PRK ¹⁾	mg/Nm ³	<10
ASK ¹⁾ , MFSK ^{1,2)} , PFRK ²⁾	mg/Nm ³	<30

¹⁾ Poziom ten może być wyższy w zależności od użytych surowców i/lub rodzaju produkowanego wapna, np. wapna hydraulicznego

²⁾ w wyjątkowych przypadkach, poziom może być wyższy

Tabela 2.46: Najlepsze dostępne techniki BAT dla poziomów emisji TOC z gazów odlotowych powstających w procesach opalania pieców

W niniejszym kontekście, przy współspalaniu odpadów, należy spełniać wymogi dyrektywy w sprawie spalania odpadów (WID) [59, Unia Europejska, 2000].

2.5.7.6 Emisje chlorowodorów (HCl) i fluorowodorów (HF)

Ogólne zagadnienia dotyczące emisji HCl i HF można znaleźć w rozdziałach 2.3.3.7 i 2.4.6.5.

50. W przypadku stosowania odpadów, najlepszą dostępną techniką BAT jest ograniczenie emisji HCl i emisji HF poprzez zastosowanie następujących pierwotnych metod/technik:

- a) stosowanie paliw o niskiej zawartości chloru i fluoru (zob. również rozdział 2.4.6.5)
- b) ograniczenie zawartości chloru i fluoru w przypadku każdego rodzaju odpadów używanych jako paliwo w piecach wapienniczych (zob. rozdziały 2.4.4 i 2.4.6.5).

Najlepszą dostępną techniką BAT-AEL dla HCl poziom poniżej 10 mg/Nm³, jako wartość średnia w okresie pomiarowym (pomiar punktowe, przez co najmniej pół godziny), a dla HF – poziom <1 mg/Nm³, jako wartość średnia dobową lub wartość średnia w okresie pomiarowym (pomiar punktowe, przez co najmniej pół godziny).

W niniejszym kontekście, przy współspalaniu odpadów, należy spełniać wymogi dyrektywy w sprawie spalania odpadów (WID) [59, Unia Europejska, 2000].

2.5.8 Emisje PCDD/F

Ogólne zagadnienia dotyczące emisji PCDD/F można znaleźć w rozdziałach 2.3.3.6 i 2.4.7.

51. Najlepszą dostępną techniką BAT jest ograniczenie emisji PCDD/F poprzez zastosowanie, oddzielnie lub łącznie, następujących pierwotnych metod/technik:

- a) dobór paliw o niskiej zawartości chloru
- b) ograniczenie wkładu miedzi przez paliwo
- c) zminimalizowanie czasu przebywania gazów odlotowych i zawartości tlenu w strefach, gdzie temperatury osiągają 300-450 °C.

Najlepszą dostępną techniką BAT-AEL jest poziom <0,05 – 0,1 ng PCDD/F I-TEQ/Nm³, jako wartość średnia w okresie pomiarowym (6-8 godzin).

W tym kontekście (zob. rozdział 2.4.7) przedstawiono kilka różnych metod/technik dla pionowych i obrotowych pieców wapienniczych, które mogą być stosowane oddzielnie lub łącznie. Ponadto, w niniejszym kontekście, przy współspalaniu odpadów, należy spełniać wymogi dyrektywy w sprawie spalania odpadów (WID) [59, Unia Europejska, 2000].

2.5.9 Emisje metali

Ogólne zagadnienia dotyczące emisji metali można znaleźć w rozdziałach 2.3.3.9, 2.3.3.10 i 2.4.8.

52. Najlepszą dostępną techniką BAT jest ograniczenie emisji metali z gazów odlotowych powstających podczas procesów opalania pieców poprzez zastosowanie, oddzielnie lub łącznie, następujących metod/technik:

- a) dobór paliw o niskiej zawartości metali
- b) stosowanie systemu zapewniania jakości gwarantującego odpowiednie właściwości używanych paliw odpadowych (zob. rozdział 2.2.5.4 i 2.4.8).
- c) ograniczenie zawartości odpowiednich metali, szczególnie rtęci, w materiałach
- d) używanie skutecznych technik odpylania. W tym kontekście (zob. rozdział 2.4.5.3) przedstawiono kilka różnych metod/technik odpylania, które mogą być stosowane oddzielnie lub łącznie.

Przy stosowaniu paliw odpadowych, następujące poziomy emisji metali uznaje się za zgodne z BAT-AEL:

Metale	Jedn.	BAT-AEL (średnia w okresie pomiarowym)
Hg	mg/Nm ³	<0,05
Σ (Cd, Tl)	mg/Nm ³	<0,05
Σ (As, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)	mg/Nm ³	<0,5
Niższe poziomy (zob. rozdziały 2.3.3.9, 2.3.3.10.1 i 4.3.4) odnotowuje się przy zastosowaniu metod/technik wymienionych powyżej jako BAT 52		

Tabela 2.47: Najlepsze dostępne techniki BAT dla poziomów emisji metali z gazów odlotowych powstających w procesach opalania pieców

Ponadto, w niniejszym kontekście, przy współspalaniu odpadów, należy spełniać wymogi dyrektywy w sprawie spalania odpadów (WID) [59, Unia Europejska, 2000]. Ponadto, zob. również BAT 37 (rozdział 2.5.5.1.1) i BAT 38 (rozdział 2.5.5.1.2).

2.5.10 Straty/odpady procesowe

Ogólne zagadnienia dotyczące strat/odpadów procesowych można znaleźć w rozdziałach 2.3.4 i 2.4.9.53.

53. Najlepszą dostępną techniką BAT jest:

- a) ponowne wykorzystanie zebranego pyłu/cząstek stałych w procesie, w stosownych przypadkach
- b) utylizacja pyłu, niskoklasowego wapna palonego i wapna hydratyzowanego w wybranych produktach komercyjnych

2.5.11 Hałas

Ogólne zagadnienia dotyczące emisji hałasu można znaleźć w rozdziałach 2.3.6 i 2.4.10.

54. Najlepszą dostępną techniką BAT jest ograniczenie/zminimalizowanie hałasu emitowanego podczas procesów produkcji wapna poprzez zastosowanie kombinacji następujących metod/technik (zob. rozdział 2.4.10):

- a) odpowiedni wybór miejsca prac emitujących hałas
- b) zamknięcie prac/jednostek emitujących hałas
- c) zastosowania izolacji zabezpieczającej przed wibracjami
- d) stosowanie w rynnach zsypanych wewnętrznych i zewnętrznych powłok z wytrzymałych materiałów
- e) dźwiękoszczelne budynki do wykonywania prac z użyciem sprzętu do obróbki materiału
- f) instalacja barier dźwiękoszczelnych i stawianie ścian zabezpieczających przed hałasem, np. budynków lub naturalnych barier w postaci drzew i krzewów między zabezpieczanym obszarem i miejscem wykonywania głośnej pracy
- g) stosowanie izolacji wygłuszającej w maszynowniach
- h) stosowanie izolacji wygłuszającej ściany, np. przez instalację śluz na przodzie przenośnika taśmowego
- i) instalacja pochłaniaczy dźwięku na wylotach powietrza, np. ujście gazów czystych w odpylaczach
- j) zmniejszenie prędkości przepływu w przewodach
- k) stosowanie izolacji dźwiękoszczelnej przewodów
- l) stosowanie wygłuszenia wylotów w kominach
- m) otulenie przewodów i wygłuszenie dmuchaw znajdujących się w dźwiękoszczelnych budynkach
- n) zastosowanie rozłączenia układu źródeł hałasu i potencjalnych elementów rezonujących, np. kompresorów i przewodów
- o) zamykanie drzwi i okien w miejscach objętych daną techniką.

2.6 Nowe techniki w przemyśle wapienniczym

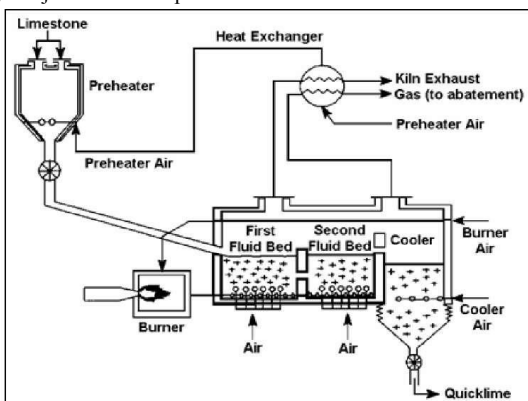
2.6.1 Kalcynacja w złożu fluidalnym

Kalcynacja drobnego, zmielonego wapienia w złożu fluidalnym jest praktykowana na niewielką skalę już od wielu lat. Technika ta ma kilka potencjalnych zalet, w tym:

- wykorzystanie ponadgabarytowych kawałków wapienia
- niska emisja NO_x oraz
- niska emisja SO₂ przy stosowaniu zasiarczonych paliw.

Jednakże technika ta nie cechuje się szczególnie niskim zużyciem ciepła. Drobnopielony produkt nie jest odpowiedni dla wielu zastosowań, a poziom pozostałości węglanu wapna jest stosunkowo wysoki. Początkowe problemy z wprowadzeniem tej techniki w piecach o wydajności przekraczającej 150 ton/dobę wydają się być rozwiązane.

Rysunek 2.53 przedstawia schemat pieca ze złożem fluidalnym. Drobnopielony wapień jest dozowany do zbiornika podgrzewacza z wykorzystaniem powietrza podgrzanego w wymienniku ciepła przez odlotowe gazy piecowe. Następnie podgrzany wapień przechodzi do pierwszego zbiornika ze złożem fluidalnym, gdzie temperatura wzrasta i rozpoczyna się proces kalcynacji. Kiedy wapień jest już skalcynowany, lżejsze wapno palone przepływa ponad przegrodą do następnego zbiornika ze złożem fluidalnym, gdzie kalcynacja zostaje zakończona. Wapno palone przechodzi wtedy do chłodnika, gdzie jest chłodzone powietrzem z otoczenia.



Fluidised bed kiln

Legenda: Wapień / Podgrzewacz / Wymiennik ciepła / Piecowe gazy odlotowe / Gaz (do ograniczenia emisji) / Podgrzewacz powietrza / Podgrzewacz powietrza / Pierwszy zbiornik ze złożem fluidalnym / Drugi zbiornik ze złożem fluidalnym / Chłodnik / Powietrze palnika / Palnik / Powietrze / Powietrze / Powietrze chłodnika / Wapno palone

Rysunek 2.53: Kalcynacja w złożu fluidalnym
[37, Wielka Brytania, 1996]

Chociaż technologia ze złożem fluidalnym może oferować niższy poziom emisji zanieczyszczeń niż inne technologie pieców wapienniczych, nie jest to do końca udowodnione i technologia ta może wytwarzać tylko drobne wapno o wysokiej reaktywności.

2.6.2 Prekalcynator/podgrzewacz w stanie zawieszenia

W przemyśle cementowym została rozwinięta technika polegająca na wprowadzaniu do pieca drobno zmielonego kamienia wapiennego poprzez podgrzewacz w stanie zawieszenia do prekalcynatora. Nadaje się ona jednak tylko dla ograniczonego rodzaju wapienia i została zastosowana w niewielu instalacjach. W Australii działają dwa piece wykorzystujące tę technikę. W jednym z nich produkt z prekalcynatora przechodzi przez krótki piec obrotowy. Część obrotowa jest tak zaprojektowana, by można było kontrolować procent CaCO_3 i reaktywność wapna zależnie od wymogów klienta.

Technika ta jest szczególnie odpowiednia dla „piaskowego” wapienia, ponieważ prekalcynator może przyjmować dozowany materiał o wymiarach 0-2 mm. Uważa się, że wysokie nakłady inwestycyjne prawdopodobnie ograniczą jej zastosowanie do względnie wysokich wydajności (np. około 500 ton dziennie).

2.6.3 Filtry ceramiczne

W 2008 r. filtry ceramiczne nie były stosowane w piecach wapienniczych. Mogą jednak efektywnie usuwać pył z gazów przy bardzo wysokich temperaturach. W przypadku pewnych rodzajów pieców, takich jak piece obrotowe, wytwarzających przepalony dolomit, możliwe i opłacalne może być odpylanie gazów o wysokiej temperaturze z instalacją odzysku ciepła.

2.6.4 Oczyszczanie po spalaniu gazów odlotowych z pieców szybowych na wsad mieszany

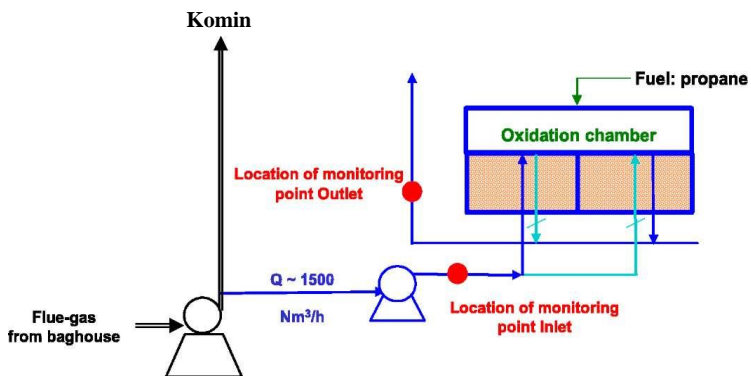
W przypadku oczyszczania gazów odlotowych z pieców szybowych na wsad mieszany, należy uwzględnić dwie techniki obniżania emisji:

- **rekuperacyjny dopalacz termiczny:**

Główną zaletą techniczną tej technologii jest jej względnie niska wrażliwość na stężenie pyłu, do 30 mg/Nm^3 . Ponadto, sole amonowe, które prowadzą do zatykania i korozji nie mogą się tworzyć, ze względu na wysokie temperatury w dopalaczu. Jednakże, nawet w najlepszych warunkach eksploatacji, technika ta wymaga określonego wkładu dodatkowej energii (do 0,85 GJ/tonę wydajności). W 2008 r. w przemyśle wapienniczym niedostępne były informacje dotyczące wydajności techniki ograniczania zanieczyszczeń i kosztów operacyjnych takiego sprzętu

- **regeneracyjny dopalacz termiczny:**

Testy pilotażowe z wykorzystaniem regeneracyjnego dopalacza termicznego zostały przeprowadzone w kilku zakładach wyposażonych w piece szybowe na wsad mieszany opalanych różnymi rodzajami paliw stałych. Dopalacz został zainstalowany między filtrem tkaninowym a kominem z częściowym gazem odlotowym (strumień gazu odlotowego: $Q < 1500 \text{ Nm}^3/\text{h}$), oddzielonym od głównego strumienia gazu odlotowych, jak pokazano na rysunku 2.54.



Komin

Paliwo: propan

Komora utleniania

Miejsce monitorowania punkt wylotu

Gaz odlotowy z filtrów workowych

Miejsce monitorowania punkt wlotu

Rysunek 2.54: Schemat techniki oczyszczania po spalaniu [54, EuLA, 2006]

Skład gazów odlotowych na wlocie i wlocie dopalacza jest dokładnie monitorowany co kilka godzin. Główne wyniki tych testów zostały zestawione w tabeli 2.37.

	Substancja	Średnie stężenie na wlocie (suche) (mg/Nm ³)	Średnie stężenie na wlocie (suche) (mg/Nm ³)
Test 1	CO	4900	35
	TOC	32	0,1
	H ₂ S	<0,8	<0,7
Test 2	CO	14650	95
	TOC	120	0,4
	H ₂ S	2	<0,8
Test 3	CO	6270	51
	TOC	338	1,3
	H ₂ S	1,4	<1,2
Test 4	CO	10810	95
	TOC	37	0,2
	H ₂ S	/	/
Test 5	CO	14230	128
	TOC	34	0,3
	H ₂ S	20	<0,9
Test 6	CO	14450	115
	TOC	53	0,5
	H ₂ S	33	<0,5

Tabela 2.48: Skład gazów przepływowych monitorowany przez kilka godzin [54, EuLA, 2006]

Z powyższych testów można wywnioskować, że dobrze zaprojektowany dopalacz może działać w warunkach autotermicznych (tj. bez potrzeby wykorzystywania dodatkowej energii), jeśli stężenie CO w gazach odlotowych przed oczyszczeniem przekracza zakres 1,5-2%. W tym przypadku, dla tlenku węgla, ogólnego węgla organicznego i siarkowodoru osiągnięta jest zazwyczaj skuteczność ograniczenia emisji rzędu 98%. Stężenie emisji CO w gazach czystych wynosi zawsze $<100 \text{ mg/Nm}^3$ [142, EnvNGO/Tebert, 2007]. Jednakże, w przeciwieństwie do systemu rekuperacyjnego, sprzęt ten wymaga bardzo niskiego stężenia pyłów w gazach odlotowych (na ogół poniżej 5 mg/Nm^3). Jeśli temperatury na wylocie są zbyt niskie (np. poniżej $200 \text{ }^\circ\text{C}$), mogą powstawać sole amonowe. Spodziewać się wtedy można korozji rur i/lub niekontrolowanych emisji pyłów. Testy wykazały również, że jeśli poziomy CO przekraczają zakres 2-3%, w dopalaczu generowana jest zbyt duża ilość energii w wyniku utleniania substancji zanieczyszczających. Może to doprowadzić do poważnych problemów w czasie codziennej pracy sprzętu.

Decyzja o technice, która powinna być zastosowana powinna się opierać na liście (niewyczerpanej) następujących kryteriów:

- właściwości gazów odlotowych (np. prędkość przepływu, zawartość tlenu, tlenku węgla i ogólnego węgla organicznego, temperatura)
- zmienność tych parametrów w czasie
- specyfikacja systemu odpylającego.

Najlepsze rozwiązanie zależy zatem od lokalnych warunków [54, EuLA, 2006].

2.7 Wnioski i zalecenia

Czas procesu

We wrześniu 2005 r. odbyło się spotkanie inauguracyjne przeglądu dokumentu BREF dotyczącego przemysłu cementowo-wapienniczego. Grupa robocza TWG postanowiła rozszerzyć zakres niniejszego dokumentu i uzupełnić go o dodatkowy sektor przemysłowy zajmujący się produkcją tlenku magnezu (MgO) z wykorzystaniem metod na sucho. Po okresie gromadzenia informacji i danych, w lutym 2007 r. odbyło się drugie spotkanie grupy TWG w celu dokonania weryfikacji i uzgodnienia, które informacje i dane powinny się znaleźć w nowej wersji dokumentu BREF. Co więcej, grupa TWG złożyła wniosek o zastosowanie wyjątku w procedurze opracowania nowej wersji niniejszego dokumentu, w celu rozdzielenia zagadnień omawianych w sekcjach 1-4 i sekcjach poświęconych najlepszym dostępnym technikom BAT na trzy rozdziały na temat cementu, wapna i tlenku magnezu.

W oparciu o wniosek TWG i biorąc pod uwagę ogólny plan przeglądów dokumentów BREF (grudzień 2005), IEF wyraziło zgodę na rozdzielenie zagadnień omawianych w sekcjach 1-4 i sekcjach poświęconych najlepszym dostępnym technikom BAT na trzy rozdziały na temat cementu, wapna i tlenku magnezu.

Pierwsza wersja robocza obejmująca nowe sekcje 1-4 i 6 z trzech rozdziałów na temat cementu, wapna i tlenku magnezu została przedstawiona do konsultacji we wrześniu 2007 r. Druga część pierwszej wersji roboczej obejmująca rozdziały na temat technik uwzględnianych przy doborze najlepszych dostępnych technik BAT (rozdziały 1.4, 2.4 i 3.4) oraz rozdziały na temat najlepszych dostępnych technik BAT (rozdziały 1.5, 2.5 i 3.5) z trzech sekcji została przedstawiona do konsultacji w maju 2008 r. Ostateczne posiedzenie grupy TWG odbyło się we wrześniu 2008 r.

Projekt pierwszej wersji dokumentu BREF, który utorował drogę do przeglądu pierwszych serii dokumentów BREF, spotkał się z powszechnym zainteresowaniem. W czasie ostatniego posiedzenia plenarnego, grupa TWG liczyła ponad 110 członków.

W oparciu o ogólny plan przeglądów dokumentów BREF (grudzień 2005), przegląd dokumentu BREF dla przemysłu cementowo-wapienniczego nie polegał na całkowitym przededagowaniu pierwszego dokumentu przyjętego w grudniu 2001 r., ale na zaktualizowaniu istniejącej wersji i uwzględnieniu dodatkowych informacji (np. dotyczących technik), które uznano za mające wpływ na wnioski dotyczące technik BAT. Wymiana informacji i gromadzenie danych opierało się na sugestiach grupy TWG i na wnioskach uzgodnionych podczas drugiego posiedzenia TWG (styczeń 2007). Nie korzystano z dokumentu z wytycznymi w sprawie gromadzenia danych opracowanego przez IEF w kwietniu 2008 r.

Źródła informacji, opracowanie niniejszego rozdziału na temat wapna i luki informacyjne

Nowy rozdział na temat wapna opiera się na 35 dokumentach dostarczających informacji zarówno od przedstawicieli przemysłu, jak i z państw członkowskich. Raporty były dostarczane przez EuLA, branżowe stowarzyszenie reprezentujące większość europejskich przedsiębiorców z branży wapiennej i państwa członkowskie: Niemcy, Austrię, Francję, Finlandię, Portugalię, Włochy,

Rozdział 2

Hiszpanię, Węgry i Czechy. Raporty te stanowiły fundament opracowania rozdziału na temat wapna w niniejszym dokumencie.

Dodatkowe informacje uzyskano z wapienniczych zakładów produkcyjnych zlokalizowanych w Austrii, Niemczech i Finlandii.

W oparciu od dostarczone informacje i dane, oraz komentarze uzyskane po konsultacjach, uzupełniono niniejszy rozdział zaktualizowanymi informacjami i danymi. Ponadto, opracowano nowe rozdziały, np. dotyczące stosowania paliw odpadowych i/lub surowców, jak również ich zużycia w procesie produkcji wapna, rodzajów pieców, ich modeli i technologii, dodatkowe rozdziały dotyczące kilku rodzajów emisji do atmosfery, wpływu na zachowanie emisji podczas stosowania paliw odpadowych, przykładowych danych kosztowych dla różnych metod/technik oczyszczania gazów odlotowych i narzędzi zarządzania środowiskowego.

Mimo uzyskania bardzo przydatnych informacji i wielu komentarzy dotyczących różnorodnych kwestii, należy podkreślić pewne problemy związane z danymi i odpowiadające im konsekwencje w odniesieniu do rozdziału na temat wapna:

- brakuje informacji dotyczących zużycia energii wraz z danymi dotyczącymi najlepszej wydajności w odniesieniu do rodzajów pieców i różnych rodzajów produktów; jednakże zużycie energii zostało uwzględnione w najlepszych dostępnych technikach BAT
- brakuje informacji dotyczących monitorowania emisji i częstotliwości monitorowania np. w odniesieniu do pomiarów okresowych
- W przypadku obniżania i ograniczania emisji NO_x, wykorzystywane są metody/techniki pierwotne. Ponadto w 2008 r. system SNCR był stosowany wyłącznie w piecach Lepol (jeden zakład z czterema piecami). Ogółem system SNCR był testowany i działał przez okres 2 lat. Brakuje informacji i danych z dłuższego okresu wykorzystania techniki SNCR w przemyśle wapienniczym, np. w odniesieniu do ograniczenia efektywności wraz z danymi dotyczącymi emisji danych NO_x przy najlepszych wynikach pracy, wycieków NH₃. W 2008 r. nie były dostępne informacje dotyczące tego, czy – z wyjątkiem pieców Lepol – można stosować system SNCR do obniżania emisji NO_x w innych rodzajach pieców obrotowych stosowanych do produkcji wapna.
- w przypadku emisji CO, brakuje informacji dotyczących rodzajów innych pieców szybowych (OSK), które osiągają obecnie emisje przekraczające poziomy zgodne z BAT-AEL. W przypadku niektórych z tych rodzajów pieców szybowych, ich specyfikacja techniczna może uniemożliwiać osiągnięcie poziomów emisji CO zgodnych z BAT-AEL. Ta specyfikacja techniczna mogłaby zostać uwzględniona przez organy właściwe przy ustalaniu dopuszczalnych poziomów, zgodnie z art. 9 ust. 4 dyrektywy IPPC 2008/1/WE.
- brakuje informacji dotyczących częstotliwości i czasu trwania pików CO przy stosowaniu elektrofiltrów, zatem odpowiedni wniosek dotyczący BAT opiera się na podejściu jakościowym
- do pewnego stopnia, brakuje informacji na temat emisji metali i związku między emisjami metali (rtęć) i dostępnymi wartościowymi rozwiązaniami technicznymi, które mogłyby być stosowane do obniżenia tych emisji
- w odniesieniu do pieców szybowych na wsad mieszany (MFSK), brakuje informacji dotyczących emisji TOC i ich obniżania. Ponadto, uznaje się, że na wysokie emisje CO, ok. 2500 mg/Nm³ emitowane z pieców MFSK ma wpływ kilka czynników (np. reakcja

Rozdział 2

Boudouard'a, zob. rysunek 2.40). Zapobieganie tym emisjom może być trudne i – do pewnego stopnia – niemożliwe. Zastosowana mogłaby być nowa technika - oczyszczanie po spalaniu gazów odlotowych, jednak technika ta wymaga jeszcze dalszych badań i analiz

- opisano nową technikę dla produkcji wapna - kalcynacja w złożu fluidalnym (zob. rozdział 2.6.1); jednak grupa TWG nie otrzymała informacji dotyczących ewentualnego dalszego rozwoju tej techniki.

Poziom porozumienia na ostatnim posiedzeniu TWG

Wnioski dotyczące pracy nad rozdziałem na temat wapna uzgodniono podczas ostatniego posiedzenia TWG we wrześniu 2008 r. Głównymi elementami dyskusji podczas tego posiedzenia stały się wnioski dotyczące najlepszych dostępnych technik BAT. Omówiono po kolei wszystkie propozycje najlepszych dostępnych technik BAT dla przemysłu wapienniczego.

Podczas ostatniego posiedzenia TWG osiągnięto wysoki poziom porozumienia w zakresie technik BAT dla branży wapienniczej i nie stwierdzono rozbieżnych opinii. Oceniając z perspektywy cały okres wymiany informacji, można zatem uznać, że proces wymiany informacji zakończył się sukcesem.

Zalecenia dotyczące dalszych działań

Wymiana informacji i jej konsekwencje dla przemysłu wapienniczego, tj. rozdział dotyczący wapna w niniejszym dokumencie, stanowi ważny krok w kierunku osiągnięcia zintegrowanego systemu zapobiegania i kontroli zanieczyszczeń powstających przy produkcji wapna. Dalsze działania mogące się przyczynić do kontynuacji tego procesu obejmują następujące kwestie:

- gromadzenie danych z uwzględnieniem wytycznych określonych w dokumencie IEF opublikowanym w kwietniu 2008 r., w celu dokonania oceny skuteczności określonych technik na poziomie zakładu, w szczególności potencjalnych technik BAT
- gromadzenie informacji dotyczących zależności między rodzajem procesu, używanymi odpadami (rodzaj, ilość) i poziomem emisji
- gromadzenie danych dotyczących kosztów (np. kosztów inwestycyjnych, operacyjnych) w odniesieniu do wszystkich technik uwzględnianych przy doborze najlepszych dostępnych technik BAT
- gromadzenie danych dotyczących kosztów wraz ze skutecznością obniżania emisji przy zastosowaniu technik obniżania emisji
- gromadzenie informacji i danych dotyczących możliwości zminimalizowania zużycia energii lub zwiększenia efektywności energetycznej
- gromadzenie informacji na temat zużycia energii wraz z danymi dotyczącymi najlepszych wyników dla rodzajów pieców i różnych rodzajów wytwarzanych produktów
- gromadzenie informacji dotyczących monitorowania emisji i częstotliwości monitorowania, np. analiza okresowego monitoringu emisji, aby władze mogły weryfikować dopuszczalne wartości
- analizowanie zmian w nowych wersjach Dokumentów Referencyjnych dla ogólnych zasad monitoringu
- gromadzenie informacji i danych dotyczących zużycia odpadów (np. skład, kryteria wkładu)

Rozdział 2

- gromadzenie informacji i danych dotyczących wykorzystania techniki SNCR w przemyśle wapienniczym do obniżenia emisji NO_x, np. efektywność obniżania, wyciek NH₃
- gromadzenie większej ilości bardziej szczegółowych danych dotyczących emisji metali i technik badawczych, które mogą być wykorzystane do obniżania emisji metali (w szczególności rtęci)
- analiza i gromadzenie danych dotyczących częstotliwości i czasu trwania pików CO, przy stosowaniu elektrofiltrów
- w przypadku pieców PFRK, należy przeprowadzić więcej testów, aby znaleźć rozwiązanie dla problemu emisji TOC
- w przypadku pieców MFSK, należy zgromadzić więcej informacji na temat CO i TOC (szczególnie w odniesieniu do rozwoju techniki oczyszczania gazów po spalaniu, opisanej w rozdziale 2.6.4)
- gromadzenie informacji dotyczących techniki kalcynacji w złożu fluidalnym.

Sugerowane tematy przyszłych prac z zakresu badań i rozwoju

Dalsze prace z zakresu badań i rozwoju mogą nadal być niezbędne i przydatne, szczególnie w odniesieniu do technik opisanych w rozdziale Nowo powstające techniki (zob. rozdział 2.6), aby w przyszłości techniki te mogły być brane pod uwagę przy doborze najlepszych dostępnych technik BAT dla przemysłu wapienniczego.

Oprócz tego, WE wprowadza i wspiera – poprzez programy badań naukowych i rozwoju technicznego – serię projektów z zakresu czystych technologii, nowych sposobów oczyszczania ścieków, technologii recyklingu i strategii zarządzania. Projekty te mogą potencjalnie dostarczyć przydatnych informacji dla kolejnych wersji dokumentu BREF. Zachęca się zatem czytelników do informowania Europejskiego Biura IPPC o wszelkich wynikach badań, które mogą mieć znaczenie dla zakresu niniejszego dokumentu (zob. również wstęp do niniejszego dokumentu).

3 PRZEMYSŁ TLENKU MAGNEZU (METODA SUCHA W OPARCIU O WYDOBYWANY NATURALNY MAGNEZYT)

3.1 Informacje ogólne

3.1.1 Wstęp

Tlenek magnezu to najważniejszy przemysłowy związek magnezu, stosowany głównie w przemyśle stalowym i materiałów ogniotrwałych. Ma także szerokie zastosowanie w wielu innych sektorach przemysłowych, włączając w to sektor spożywczy i paszowy. Surowce do produkcji tlenku magnezu to zarówno naturalny węglan magnezu, jak i brucyt lub chlorek magnezu z wody morskiej i solanek.

W przypadku produkcji tlenku magnezu (MgO/magnezja) wykorzystuje się dwie ogólne metody produkcji:

- począwszy od węglanu magnezu, w drodze reakcji dekarbonizacji w wysokiej temperaturze węglan magnezu można pozyskać z kopalni magnezytu (metoda naturalna lub sucha),
- począwszy od chlorku magnezu, poprzez różne procesy takie jak reakcja hydrolizy w wysokiej temperaturze i strącanie wodorotlenku magnezu ($Mg(OH)_2$). Chlorek magnezu można otrzymać z solanek, rozpuszczenia bogatych w magnez minerałów w kwasie solnym (HCl) i z wody morskiej (metoda syntetyczna lub mokra) [108, Komisja Europejska, 2006].

Wykorzystanie wyżej wymienionej metody rozpoczynającej się od chlorku magnezu (metoda mokra) jest coraz mniejsze, ponieważ wymogi energetyczne są trzy razy wyższe niż w przypadku procesu produkcji tlenku magnezu rozpoczynającego się od węglanu magnezu (metoda sucha).

Więcej informacji na temat metody mokrej można znaleźć w dokumencie referencyjnym na temat najlepszej dostępnej techniki produkcji dużych ilości chemikaliów nieorganicznych – przemysł substancji stałych i innych (LVIC – S) gdzie opisano proces mokry produkcji tlenku magnezu [108, Komisja Europejska, 2006].

Niniejszy rozdział obejmuje produkcję różnych rodzajów – DBM, CCM, FM (patrz rozdział 3.1.2.1.1) –tlenku magnezu (MgO/magnezja), z wykorzystaniem metody suchej na podstawie wydobytego magnezytu naturalnego (węglan magnezu $MgCO_3$). W Europie nie stosuje się brucytu do produkcji tlenku magnezu; jednakże etapy produkcji i wymagane warunki wypalania są dokładnie takie same. Metoda mokra z wykorzystaniem chlorku magnezu jako materiału wyjściowego nie została uwzględniona w niniejszym dokumencie z uwagi na różnice w wykorzystaniu struktury procesu, technik i surowców.

Niemniej jednak w niektórych przypadkach, takich jak przyczyny rynkowe, nie można rozdzielić tych dwóch produktów magnezjowych. Jeśli takie przypadki mają miejsce, w dokumencie znajduje się odpowiednia adnotacja.

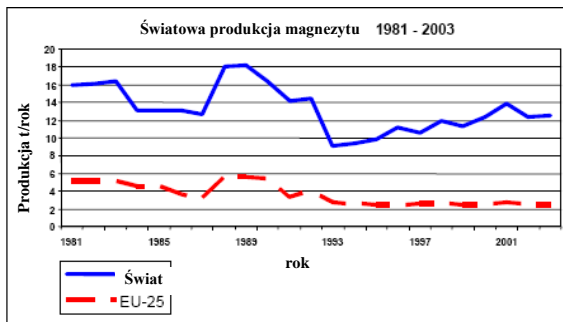
3.1.2 Przemysł magnezytowy na świecie i w Europie

Magnezja spiekana lub całkowicie wypalona (DBM) produkowana jest i sprzedawana na całym świecie wraz z magnezją kaustyczną kalcynowaną (CCM) i topioną (FM). Rysunek 3.1 przedstawia przegląd ogólnoswiatowych źródeł i producentów tlenku magnezu.



Rysunek 3.1: Światowe źródła tlenku magnezu i kraje producentów [109, RHI AG, 2006], [165, EUROMINES, 2006]

Rys. 3.2 przedstawia dane liczbowe na temat światowej produkcji surowego magnezytu oraz produkcyjne dane liczbowe dla UE-25 z wykorzystaniem drogi procesu suchego od 1981 do 2003 r.



Rysunek 3.2: Produkcja surowego magnezytu w UE-25 i na świecie [109, RHI AG, 2006] [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006]

Tabela 3.1 przedstawia ogólnoświatowe dane produkcyjne od 2000 do 2005 dotyczące krajów producentów.

Kraj	Produkcja magnezytu surowego (t)					
	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Albania ¹⁾	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Australia	349933	540000	540000	553847	586393	590000
Austria	725832	680534	728235	766525	715459	693754
Brazylia	300000	265749	310000	330000	350000	386759
Kanada	270000	300000	200000	150000	140000	120000
Chiny	4230000	4300000	4400000	4500000	4650000	4800000
WNP – Azja	250000	260000	150000	120000	b.d.	b.d.
WNP – Europa	2250000	2340000	1350000	1080000	b.d.	b.d.
Kolumbia	7100	7000	6900	6700	6500	6300
Czechy ²⁾	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Korea Północna	650000	650000	450000	580000	b.d.	b.d.
Grecja	492780	483296	558057	549049	499474	500000
Gwatemala ³⁾	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.

Rozdział 2

Indie	340000	330000	280000	300000	320000	380000
Iran	140000	133778	128565	91700	91700	120000
Kenia ⁴⁾	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Korea	650000	650000	450000	580000	600000	800000
Meksyk ⁵⁾	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Nepal ⁶⁾	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Pakistan	3610	3000	4430	4700	4900	3029
Filipiny ⁷⁾	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Polska	54830	23000	24000	33000	35000	37000
Rosja (Europa)	1400000	1380000	1350000	1080000	900000	885000
Rosja (Azja)	140000	138000	150000	120000	100000	95000
Serbia i Czarnogóra	0	0	0	73000	70000	60000
Słowacja	1535200	1537000	1464500	1640900	965900	1555000
RPA	97446	98000	99000	100000	120000	130000
Hiszpania	423605	438194	462200	468900	b.d.	b.d.
Tajlandia ⁸⁾	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Turcja	2672089	2738086	2800000	3224278	b.d.	b.d.
ZSRR ⁹⁾	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
USA ¹⁰⁾	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Jugosławia	80000	78000	75000	73000	0	0
Zimbabwe	5800	6000	6200	6400	6500	6800
W przypadku różnych krajów, dane są dostępne ⁶⁾ Dane dostępne od 1983 – 1992 wyłącznie dla następujących okresów: ¹⁾ Dane dostępne od 1988 – 1994 ²⁾ Dane dostępne od 1981 – 1994 ³⁾ Dane dostępne od 1984 – 1992 ⁴⁾ Dane dostępne od 1984 – 1992 ⁵⁾ Dane dostępne od 1988 – 1994 ⁷⁾ Dane dostępne od 1984 – 1994 ⁸⁾ Dane dostępne od 1988 – 1992 ⁹⁾ Dane dostępne od 1981 – 1994 ¹⁰⁾ Dane dostępne od 1981 – 1983 b.d. brak danych						

Tabela 3.1: Światowa produkcja surowego magnezytu (węglanu magnezu) od 2000 do 2005 [109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006], [168, TWG CLM, 2007]

W 2003 r. światowa produkcja magnezytu wyniosła około 12,5 miliona ton. W UE-27 wyprodukowano w roku 2003 około 2,3 mln ton, co stanowiło 18,4% światowej produkcji. W 2003 r. światowa produkcja tlenku magnezu (magnezji) z wykorzystaniem metody suchej wyniosła około 5,8 miliona ton. W porównaniu z rokiem 1981, gdy kraje w Europie wciąż odpowiadały za 32% światowej produkcji, ten udział między produkcją światową a produkcją unijną znacznie spadł. W związku z tym w 1995 i w 2005 Komisja Europejska opublikowała rozporządzenie Rady w sprawie ochrony przed dumpingowym przywozem z krajów niebędących członkami Wspólnoty Europejskiej i nałożyła ostateczne cło antydumpingowe na przywóz tlenku magnezu [166, Unia Europejska, 1995], [167, Unia Europejska, 2005].

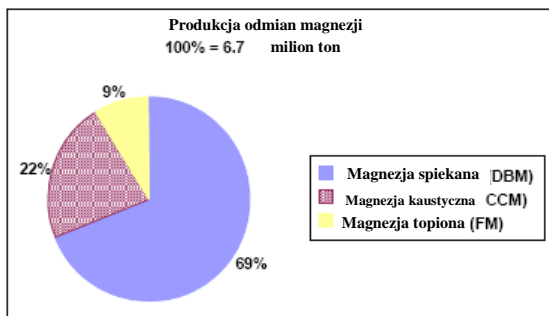
Szacowaną produkcję spiekane go tlenku magnezu/magnezji w roku 2003 przedstawiono w Tabeli 3.2.

Rodzaj wyprodukowanego tlenku magnezu	Szacowana produkcja tlenku magnezu (milion ton)
Naturalny tlenek magnezu	5,8 ¹⁾
Syntetyczny tlenek magnezu	0,6 ²⁾
Całkowita produkcja tlenku magnezu	6,4 ³⁾
¹⁾ Produkcja tlenku magnezu z wykorzystaniem metody suchej	
²⁾ Metoda mokra	
³⁾ Σ całkowita produkcja drogą procesu suchego i mokrego	

Tabela 3.2: Światowa produkcja spiekane go tlenku magnezu/magnezji w 2003

[109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006]

Światowa produkcja różnych odmian tlenku magnezu (magnezji), takich jak magnezja spiekana lub całkowicie wypalona (DBM), kaustyczna kalcynowana (CCM) i topiona (FM) wahała się w 2003 r. między 6,4 i 6,7 mln ton, z uwagi na nieścisłości statystyczne. Rys. 3.3 przedstawia przegląd dystrybucji produkcji różnych odmian/rodzajów tlenku magnezu (magnezji) wyprodukowanych na całym świecie w 2003. Całkowita produkcja wyniosła 6,7 mln ton.



Rysunek 3.3: Światowa produkcja odmian tlenku magnezu w 2003

[109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006]

W UE-27 nie ma zbyt wielu producentów tlenku magnezu, dlatego też liczba zakładów produkujących spiekana magnezję jest odpowiednio niższa, co przedstawiono w Tabeli 3.3. W UE-27 jest tylko dziewięciu producentów i 14 zakładów. Średnia liczba pieców w zakładzie wynosi od jednego do trzech, z wyjątkiem jednego producenta, który posiada osiem pieców w jednym zakładzie. Działalność gospodarcza przemysłu tlenku magnezu jest ograniczona do niewielkiego obszaru.

Kraj	Liczba producentów	Liczba zakładów
Grecja	1	1
Hiszpania	2	2
Austria	2	5
Polska	1	1 ¹⁾
Słowacja	3	5
Razem	9	14
¹⁾ Założenie		

Tabela 3.3: Producenci magnezji spiekanej w UE-27

[109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006], [168, TWG CLM, 2007]

Tabela 3.4 przedstawia produkcję surowego magnezytu z kopalń oraz produkcję magnezji przy użyciu metody suchej w UE-25 w 2003. Ponad 98% wydobytego magnezytu wykorzystuje się do produkcji różnych produktów magnezjowych: DBM, CCM i FM.

Kraj	Produkcja magnezytu ¹⁾ w 2003 (t)	Wielkość produkcji magnezji w 2003 (t)		
		Magnezja całkowicie wypalona (DBM)	Magnezja kaustyczna kalcynowana (CCM)	Magnezja topiona (FM)
UE-25	2398574			
Grecja	549049	84635	92350	
Hiszpania	468900	60000	150000	
Austria	766525			6000
Polska	33000			

Słowacja	900000			
^{b)} Wydobyta ruda surowa, surowiec do produkcji tlenku magnezu				

Tabela 3.4: Produkcja magnezytu i magnezji z wykorzystaniem metody suchej w UE-25 w 2003 [109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006], [168, TWG CLM, 2007]

Handel surowym magnezylem odbywa się wyłącznie na niewielką skalę. Gatunki specjalne stosowane są w ceramice i przemyśle stalowym oraz jako źródło magnezu do produkcji innych związków magnezu. W 2003 roku rynki te stanowiły około 2% produkcji magnezytu [109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006].

3.1.2.1 Rodzaje produktów z tlenku magnezu (magnezji)

3.1.2.1.1 Magnezja

Magnezja to chemicznie czysty tlenek magnezu (MgO), znany również jako "peryklaz". Temperatura topnienia magnezji wynosi około 2800°C. Dzięki tej wysokiej temperaturze topnienia magnezja jest preferowanym surowcem do wytwarzania produktów ogniotrwałych stosowanych w wysokotemperaturowych procesach przemysłu stalowego, cementowego, wapienniczego, szklarskiego i metali nieżelaznych.

Magnezję można produkować w następujących odmianach:

- magnezja spiekana lub całkowicie wypalona (DBM)
- magnezja kaustyczna kalcynowana (CCM)
- magnezja topiona (FM).

Te rodzaje produktów magnezjowych różnią się cechami fizykochemicznymi. Różne gatunki produkowanej magnezji definiuje się za pomocą chemicznej czystości. W zależności od pochodzenia magnezja na ogół zawiera tlenek magnezu (MgO) w zakresie 55 – 98%. Najważniejsze zanieczyszczenia to SiO₂, Fe₂O₃, CaO i Al₂O₃. Zanieczyszczenia te wpływają na jakość produktu magnezjowego. W magnezji kaustycznej kalcynowanej znaczne ilości CO₂ pozostają w produkcie [67, Austria, 2006], [109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006].

3.1.2.1.1.1 Magnezja spiekana/całkowicie wypalona (DBM)

Magnezja spiekana (MgO = magnezja całkowicie wypalona: DBM) produkowana jest przy użyciu procesu spiekania w temperaturach 1600 – 2200°C. Różne rodzaje definiowane są przez zawartość wapna w surowcu w zakresie < 2 – 35% i zawartość SiO₂, która na ogół powinna być niska. Specjalne zastosowania wymagają również bardzo niskiej zawartości żelaza. Produkt zazwyczaj charakteryzuje się regularną strukturą o gęstości nasypowej w zakresie 3,05 – 3,45 g/cm³ i o wymiarach kryształów w zakresie 30 – 200 μm. Magnezja spiekana lub całkowicie wypalona produkowana jest w formie ziaren lub brykietów.

3.1.2.1.1.2 Magnezja kaustyczna kalcynowana (CCM)

Magnezja kaustyczna kalcynowana (MgO = magnezja kaustyczna kalcynowana: CCM) jest częściowo odkwaszonym magnezylem lub kalcynowanym Mg(OH)₂, gdzie zachowana jest oryginalna odmiana krystaliczna, np. sieć krystaliczna pierwotnej substancji zachowywana jest podczas kalcynacji w temperaturze rozkładu między 600-800°C, a punkty retencji CO₂ są wolne (luki w systemie sieci krystalicznej). W wyniku tego CCM ma dużą powierzchnię właściwą, będącą powodem wysoce reaktywnego zachowania CCM w porównaniu do DBM lub FM. CCM występuje zazwyczaj w formie

luźnego proszku (drobny, porowaty) lub jako kawałki w bardzo luźnych bryłach. Kalcynowanie w temperaturach wynoszących 1300°C wykorzystywane jest do produkcji różnych gatunków CCM.

3.1.2.1.1.3 Magnezja topiona (FM)

Magnezja topiona wytwarzana jest w procesie topienia w elektrycznym piecu łukowym w temperaturze 2800°C. Różnica między magnezją spiekana a topioną leży, z jednej strony, w gęstości nasypowej (magnezja topiona ma wyższą gęstość 3,43 – 3,54 g/cm³ niż magnezja spiekana), a z drugiej strony w wielkości kryształów, w zakresie od 200 do 2000 μm. Magnezja topiona jest stosowana jako materiał ogniotrwały oraz do niektórych zastosowań specjalnych, takich jak reaktory jądrowe. W Europie magnezja topiona jest wytwarzana w bardzo małych ilościach. W związku z tym produkcja magnezji topionej nie została szczegółowo opisana w niniejszym dokumencie.

3.1.3 Zastosowanie magnezji

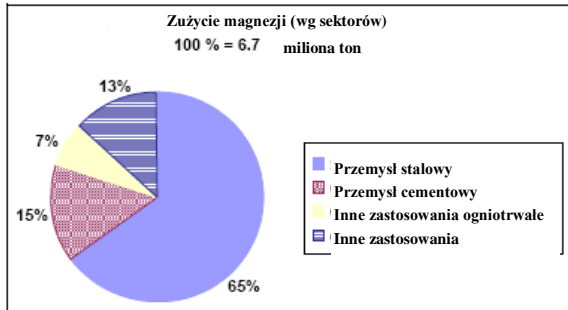
Magnezja spiekana lub całkowicie wypalona jest wykorzystywana głównie w branży materiałów ogniotrwałych. Przykładowe obszary zastosowania produktów ogniotrwałych z wykorzystaniem magnezji to:

- przemysł stalowy, np. elektryczne piece łukowe, zasadowe konwertory tlenowe lub inne piece, konwertory stalowe, transport gorącego metalu i urządzenia
- przemysł cementowy, np. wloty podgrzewaczy, piece cementowe i chłodnice
- przemysł metali nieżelaznych, np. piece
- przemysł wapienniczy, np. wloty pieców wapienniczych
- przemysł szklarski, np. piece do topienia, komory regeneracyjne.

W przypadku magnezji kaustycznej kalcynowanej główne zastosowania można znaleźć w:

- przemyśle rolniczym jako pasza lub nawóz
- przemyśle produkcji stali jak kondycjoner żuźla
- przemyśle budowlanym jako wykładzina podłogowa i izolacja
- produkcji celulozy, papieru, chemikaliów, produktów farmaceutycznych, materiałów ogniodpornych i czyszczących
- branży ochrony środowiska.

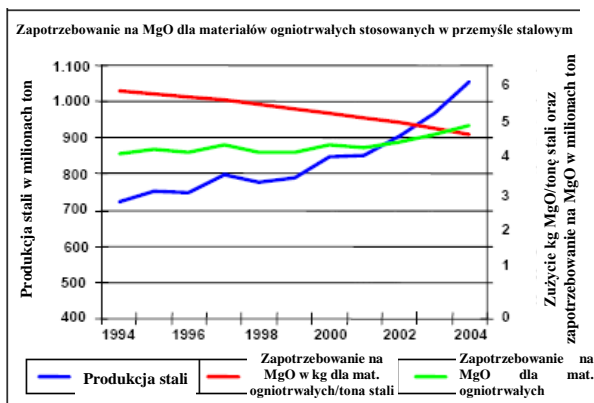
Na podstawie ogólnoświatowej produkcji magnezji w wysokości 6,7 mln ton w 2003 r., Rys. 3.4 przedstawia specyficzne dla sektora zużycie magnezji w różnych branżach, łącznie z przemysłem magnezji syntetycznej. Magnezja służy głównie do produkcji materiałów ogniotrwałych. 65% magnezji stosowanej w materiałach ogniotrwałych produkowane jest do wykorzystania w przemyśle stalowym, 15% w sektorze cementowym, 7% produkcji magnezji wykorzystuje się do innych zastosowań ogniotrwałych, na przykład w przemyśle metali nieżelaznych lub w przemyśle szklarskim i wreszcie 13% całkowitej produkcji wykorzystywane jest do innych zastosowań. Zastosowania te są bardzo zróżnicowane i znanych jest łącznie 80 zastosowań – większość z nich w przypadku CCM. Główne zastosowania można znaleźć w rolnictwie jako pasza lub nawóz, w przemyśle budowlanym jako wykładziny podłogowe i izolacja, w produkcji celulozy, papieru, chemikaliów i środków farmaceutycznych, materiałów ogniodpornych i czyszczących, a także w dziedzinie ochrony środowiska.



Rysunek 3.4: Specyficzne dla poszczególnych sektorów zużycie magnezy na świecie w 2003 [109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006]

Brak dostępnych statystyk/ocen przedstawiających dystrybucję i wykorzystania naturalnej magnezy. Jednakże można założyć, że nie istnieją znaczące różnice względem magnezy syntetycznej.

Na całym świecie spada szczególne wykorzystanie produktów ogniotrwałych zawierających magnez; jednakże ogólnoswiatowa produkcja stali wzrasta, w wyniku czego, z perspektywy globalnej, zapotrzebowanie na produkty ogniotrwałe zawierające magnez nadal rośnie, jak pokazano na Rys. 3.5. Niniejszy rysunek uwzględnia również magnez (MgO) stosowaną do żużlowania (10% całkowitego zużycia MgO).



Rysunek 3.5: Światowe zapotrzebowanie na magnez w celu produkcji materiałów ogniotrwałych stosowanych w przemyśle stalowym [109, RHI AG, 2006] [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006]

W 1994 r. światowa produkcja stali surowej wynosiła około 700 milionów ton, natomiast w roku 2005 wielkość produkcji stali wyniosła ponad 1000 milionów ton. W tym samym okresie wciąż spadało specyficzne zapotrzebowanie na magnez (-24% między 1994 a 2004) z około 5 do 4,2 kg/t stali. Jednak rozpatrywane globalnie i w połączeniu ze zwiększoną światową produkcją stali zapotrzebowanie na magnez oraz magnezyt wciąż rośnie. Równolegle do zwiększonego wykorzystania magnezy w przemyśle stalowym, produkcja magnezytu również wzrosła z 9,4 (1994) aż do 12,5 (2003) mln ton rocznie, co również pokazano na Rys. 3.2 [67, Austria, 2006], [109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006], [168, TWG CLM, 2007].

3.2 Stosowane procesy i techniki

3.2.1 Surowce i przygotowanie

Najważniejsze surowce do wyrobu produktów magnezjowych (DBM, CCM, FM) to:

- magnezyt (węglan magnezu) = $MgCO_3$ (proces suchy)
- brucyt (wodorotlenek magnezu) = $Mg(OH)_2$ (proces suchy)
- biszofit (chlorek magnezu) = $MgCl_2 \cdot 6 H_2O$ (proces mokry)
- woda morska i dolomit (proces mokry).

Niniejszy dokument opisuje wyłącznie metodę suchą produkcji magnezji całkowicie wypalanej z magnezytu, ponieważ stosowanie wodorotlenku magnezu (brucyt) odgrywa jedynie niewielką rolę. Proces produkcji w oparciu o chlorek magnezu, metoda mokra, nie zostanie uwzględniony w niniejszym dokumencie. Więcej informacji na temat drogi procesu mokrego można znaleźć w dokumencie referencyjnym na temat najlepszej dostępnej techniki wytwarzania dużych ilości chemikaliów nieorganicznych – przemysł substancji stałych i innych (LVIC – S) gdzie opisano metodę mokrą produkcji tlenku magnezu [108, Komisja Europejska, 2006].

Surowce wydobywa się z kopalń odkrywkowych i podziemnych, a pierwsze rozdrobnienie i obróbka wstępna odbywa się podczas operacji wydobywczych. Do przygotowania surowców wykorzystywane są standardowe jednostki przetwórcze takie jak kruszarki, rozdrabniarki, młyny i przesiewarki. W zależności od charakteru skały, np.: twardość, rozmiary, stosowane są różne rodzaje kruszarek podstawowych i pomocniczych. Jednakże rozmiar kamieni nie powinien być zbyt mały, a wynik końcowy powinna stanowić jedynie niewielka część drobnych fragmentów.

W celu przygotowania magnezytu stosuje się czasem wzbogacanie osadu ciężkiego. Czasami surowce się myje, aby pozbyć się zanieczyszczeń. Ponadto do zadań wzbogacania magnetycznego stosowane są separatory magnetyczne.

Po procesie wypalania magnezję spiekaną lub całkowicie wypaloną poddaje się zazwyczaj rozdrabnianiu, mieleniu i do pewnego stopnia obróbce magnetycznej. Magnezję kaustyczną kalcynowaną często mieli się po procesie wypalania i wtedy stanowi ona produkt gotowy. W procesie mielenia można stosować różnego rodzaju urządzenia, np. młyny kulowe, młyny walcowe, młyny wahadłowe i wysokociśnieniowe walce mielące. Prasy brykietowe są zwykle stosowane do produkcji brykietów CCM (dwufazowa obróbka cieplna). Niniejszy dokument nie obejmuje również procesu wydobywczego. Przydatne informacje w zakresie wydobywania/kopalnictwa można znaleźć w dokumencie referencyjnym na temat najlepszych dostępnych technik zarządzaniawałdami i skałami płonnymi w górnictwie [47, Komisja Europejska, 2004].

3.2.1.1 Magnezyt

Termin "magnezyt" oznacza naturalny węglan magnezu ($MgCO_3$). Magnezyt częściowo pochodzi z materiałów tworzących skały i najczęściej występuje wraz z dolomitem i tworzy złoża, które są zazwyczaj bardzo stare (> 400 mln lat). W Europie magnezyt znajduje się w wielu miejscach; jednakże istnieje niewiele złóż o wartości handlowej. Jednym z największych znanych złóż jest strefa szarogłazowa ("strefa Grauwacken") w Alpach. Ogólnie można wyróżnić następujące dwa rodzaje magnezytu, różniące się głównie zawartością żelaza:

- magnezyt szpatowy (rodzaj Veitsch, bogaty w żelazo 4 – 6 %)
- magnezyt żelowy (rodzaj Kraubath, o niskiej zawartości żelaza <0,5 %).

Magnezyt szpatowy charakteryzuje się formacjami krystalicznymi lub powierzchniowymi formacjami krystalicznymi (typ makrokrystaliczny) i zazwyczaj wysoką zawartością żelaza. Zwykle zawartość

Rozdział 2

Fe₂O₃ waha się między 5 a 8%. Formacja jest zwykle metasomatyczna, czyli jeden minerał zostaje zastąpiony przez inny bez topienia, a skład chemiczny został zmieniony przez interakcje między płynami. Znaczne złoża znajdują się w Austrii, na Słowacji, w Korei Północnej, Brazylii, azjatyckich częściach krajów WNP i Chinach, gdzie do pewnego stopnia surowiec zawiera także niewielkie ilości Fe₂O₃.

Magnezyt żelowy nie posiada struktury makroskopowej (typ mikrokryształiczny lub kryptokryształiczny). Jego formacja to wynik zmian, jakie nastąpiły w bogatych w magnez skałach (głównie serpentyn). Zawartość żelaza jest bardzo niska i wynosi mniej niż 1%. Znaczne złoża znajdują się w Turcji, Grecji i Australii.

3.2.2 Paliwa

W 2007 r., w procesie wypalania stosowano głównie następujące rodzaje paliw:

- gaz ziemny
- koks naftowy
- ciężki olej opałowy

Jednakże w zależności od dostępności i ekonomiki stosowane są także inne paliwa, takie jak antracyt czy węgiel. Istnieje właściwy stosunek między efektywnością a ceną koksu naftowego (patrz również rozdział 3.4.5 i Rys. 3.13). Jednakże ze względu na wysokie zapotrzebowanie na energię cieplną i wysokie temperatury wymagane w procesie produkcji, w niektórych przypadkach należy dodać inne materiały łatwopalne.

Do procesu spalania dodaje się zazwyczaj powietrze. Gdy w procesie spiekania lub całkowitego wypalania wymagane są wysokie temperatury, powietrze spalania można wzbogacić technicznie czystym tlenem.

W roku 2007 materiały odpadowe nie były wykorzystywane jako paliwa z uwagi na zanieczyszczenia, które później stwierdzano w produkcie lub w gazach spalinowych. Większość produktów musi być czysta, bez żadnych zanieczyszczeń. Wykorzystanie odpadów może mieć wpływ na jakość produktu – wpływ, którego należy unikać, ponieważ zmniejszy to właściwości ogniotrwałe magnezji spiekanej lub całkowicie wypalanej w ceglach ogniotrwałych. Jednakże na przyszłość i ze względu na nowe środki/techniki współspalania odpadów oraz niektóre produkty magnezjowe, przemysł tlenku magnezu rozważa wykorzystanie różnych rodzajów odpadów, np. tworzyw sztucznych lub drewna. W tym kontekście aspekty ogólne i aspekty kontroli jakości dla celów wykorzystania odpadów w sektorze cementowym oraz wapienniczym można znaleźć odpowiednio w rozdziałach 1.2.4 i 2.2.5 niniejszego dokumentu.

3.2.3 Ogólny opis procesu produkcji magnezji z magnezytu (magnezja naturalnie spiekana/całkowicie wypalona)

Magnezję wytwarza się poprzez wypalanie poddanego obróbce i wzbogaconego naturalnego surowca kamiennego w piecu półkowym (MHF), piecu szybowym lub obrotowym piecu spiekalniczym. Reakcję chemiczną można wyrazić w następujący sposób:

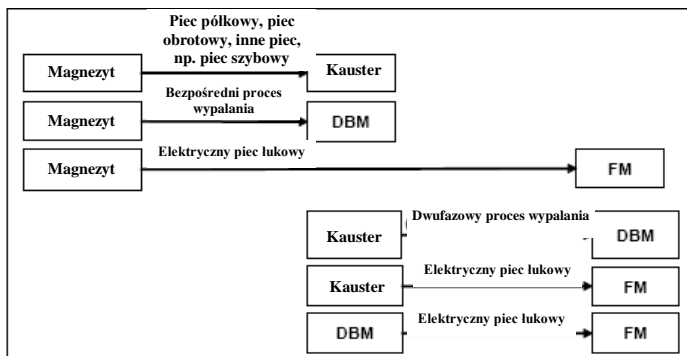


Reakcja chemiczna jest reakcją endotermiczną, zależy od wysokiej temperatury wypalania i jest bardzo energochłonna. Pobór energii jest wysoki ($n H = + 113 \text{ kJ/mol MgO}$). Proces rozpoczyna się w temperaturze około 550 – 800°C, w której następuje odkwaszenie magnezytu i uwolnienie dwutlenku węgla. W wyniku tej reakcji powstaje magnezja kaustyczna kalcynowana (CCM), tzw. kauster. W kolejnym etapie procesu CCM poddawana jest dalszej obróbce termicznej (wypalana) w temperaturze

Rozdział 2

od 1600 do 2200°C, w jednej lub dwóch fazach, do uzyskania magnezji spiekanej lub całkowicie wypalanej. Temperatury, wraz z czasem trwania obróbki, stanowią decydujące czynniki kontrolujące w uzyskaniu produktu, który jest dobrze skryształizowany i może osiągnąć dużą gęstość. W tym procesie układ krystalograficzny magnezytu (trygonalny) zmienia się w sieć regularną i osiąga się duży wzrost gęstości.

Schemat procesu naturalnej ścieżki w przypadku produkcji różnych rodzajów magnezji pokazano na Rysunku 3.6.



Rysunek 3.6: Schemat procesu metody naturalnej w przypadku produkcji magnezji [67, Austria, 2006], [109, RHI AG, 2006] [165, EUROMINES, 2006]

3.2.3.1 Procesy wypalania

3.2.3.1.1 Bezpośredni proces wypalania (wypalanie jednofazowe)

Surowy magnezyt wypala się aż do uzyskania magnezji spiekanej lub całkowicie wypalanej w tylko jednym cyklu za pomocą pieców szybowych lub obrotowych pieców spiekalniczych. Zaletą tego procesu jest to, że zapotrzebowanie na energię jest niższe w porównaniu z dwufazowym procesem ogrzewania. Jednakże właściwości produktu spiekane go zależą od surowca i nie można ich zmienić poprzez dodanie różnych materiałów, takich jak np. dwutlenek cyrkonu lub tlenek chromu.

Pierwszy proces to generalnie analiza surowca w partiach, a następnie ich rozdzielenie i przechowywanie według klas jakości. Cykl wsadowy odbywa się poprzez zmieszanie surowców o różnych klasach jakości. Ta mieszanka surowców jest następnie wypalana w piecu szybowym lub obrotowym piecu spiekalniczym w temperaturach między 1450 a 2200°C. Powstały produkt to tzw. "spiek surowy". Po tym procesie wypalania taką surową magnezję spiekaną można poddać dalszemu przetwarzaniu i obróbce.

3.2.3.1.1.1 Przygotowanie "spieku surowego"

W większości przypadków konieczne jest wzbogacenie i obróbka "surowego spieku". Bogatą w żelazo magnezję wzbogaca się i poddaje obróbce w dwóch etapach:

- kruszenie i mielenie (gęstość, barwa, flotacja; obróbka przed procesem wypalania w piecu)
- wzbogacanie magnetyczne (obróbka po procesie wypalania w piecu).

Na koniec schłodzony spiek surowy można poddać obróbce magnetycznej w temperaturze otoczenia. Właściwością rozdzialającą jest zawartość wapna w spiekany m materiale. Niska zawartość wapna w spiekany m materiale stanowi wymóg dla produkcji odlewanych produktów ogniotrwałych (cegła).

Rozdział 2

Oddzielanie magnetyczne odbywa się przy użyciu separatora magnetycznego lub separatora elektromagnetycznego. Magnezjoferyt (MgFe_2O_4) to faza mineralna stosowana jako nośnik magnetyzujący powstający wtedy, gdy temperatura magnezji spada z 1200 do 900°C.

Zasadą decydującą w tym procesie jest: im szybszy proces schładzania, tym więcej magnezjoferytu powstaje. Dlatego skutkuje to lepszym procesem wzbogacania magnetycznego, czyli im więcej dostępnego magnezjoferytu tym lepiej, a proces wzbogacania magnetycznego jest ulepszony.

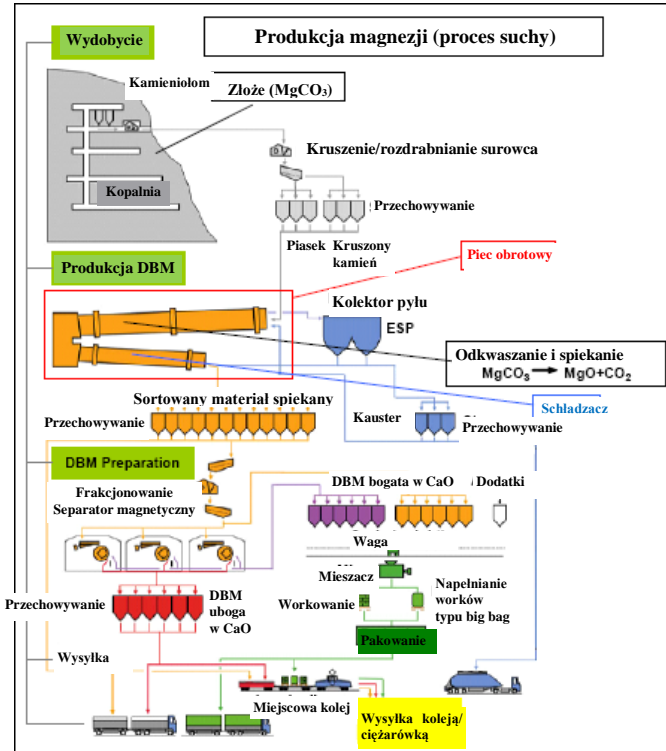
Wykorzystuje się taką właściwość fizyczną, że w materiale ubogim w CaO powstaje więcej magnezjoferytu niż w materiale bogatym w CaO. Oddzielanie odbywa się poprzez względną proporcję magnezjoferytu. Dlatego cząstki ubogie w CaO są silniej magnesowalne i lepiej przylegają do bębna magnetycznego niż cząstki bogate w CaO.

Wynikiem tego wzbogacania magnetycznego spieku jest:

- uboga w CaO magnezja spiekana (magnezjoferyt posiadający dobre właściwości magnetyczne) oraz
- bogata w CaO magnezja spiekana (wyższa zawartość CaO przy słabych właściwościach magnetycznych).

Wynik znacznie się różni w zależności od wsadu surowego spieku oraz pozycji separatora na wylocie bębna.

Rysunek 3.7 pokazuje schemat przykładowego procesu produkcji magnezji z wykorzystaniem metody suchej.



Rysunek 3.7: Schemat przykładowego procesu produkcji magnezy z wykorzystaniem metody suchej z zakładu DBM [109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006]

3.2.3.1.2 Dwufazowy proces wypalania

W pierwszym etapie tego procesu można stosować różne jednostki i rodzaje pieców, takie jak piece piętrowe, piece szybowe lub obrotowe piece spiekalnicze, piece półkowe (MHF) oraz specjalnie skonstruowane rodzaje pieców do produkcji magnezy kaustycznej kalcynowanej (CCM).

Po pierwsze surowy magnezyt jest odkwaszany w piecu w temperaturze do 1000°C. Następnie można rozdrobnić magnezję kaustyczną kalcynowaną (CCM). Rozdrobnienie jest bardzo ważne dla osiągnięcia dużej gęstości DBM. Rozdrobniony materiał formowany jest w brykiety, które następnie są wypalane w piecu obrotowym lub szybowym do uzyskania magnezy spiekanej/całkowicie wypalanej (DBM).

W przeciwieństwie do jednofazowego procesu wypalania można znacząco wpływać na właściwości spiekanej magnezy, pod względem wielkości kryształów i nieprzetworzonej gęstości, poprzez dodanie różnych materiałów, tak zwanych "czynników dopingujących" takich jak np. tlenek chromu, tlenek cyrkonu.

3.2.3.2 Rodzaje pieców – techniki i konstrukcja

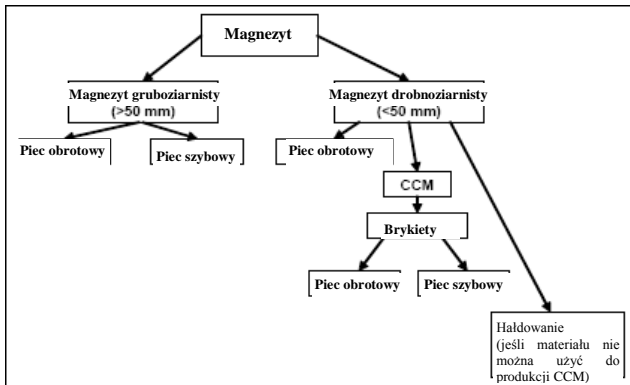
Różne rodzaje złóż mineralnych wymagają, do pewnego stopnia, bardzo zróżnicowanych metod produkcji. Należy zauważyć, że nie istnieje standardowy piec do produkcji magnezji z magnezytu (proces naturalny). Ponadto nie istnieje także normalizacja w procesach i technikach. Jednak do produkcji magnezji wykorzystuje się szereg procesów, technik i pieców.

Rodzaj stosowanego pieca określany jest poprzez różne parametry, takie jak:

- właściwości magnezytu dostępnego w zakładzie
- rodzaj wytwarzanego produktu (magnezja spiekana, magnezja topiona, magnezja kaustyczna)
- jakość i właściwości produktu, np. gęstość, czystość, wielkość kryształów
- cena i/lub dostępność stosowanych paliw.

Rodzaj pieca bardzo często jest specyficzny dla samego surowca i wydajności produkcyjnych, a jakość produktu w dużej mierze zależy od rodzaju pieca i procesu. Można stosować różne rodzaje pieców, ale najczęściej stosowane są piece obrotowe lub szybowe. W przypadku jednofazowego przetwarzania cieplnego magnezji spiekanej stosuje się piece szybowe lub obrotowe piece spiekalnicze (długie piece obrotowe, piece Lepola). Stosując dwufazowy proces do produkcji magnezji spiekanej, w przypadku pierwszej fazy stosuje się te same rodzaje pieców jak w przypadku produkcji czystej magnezji kaustycznej, takie jak piece szybowe lub obrotowe piece spiekalnicze. Ponadto w przypadku kolejnego procesu spiekania stosuje się piece szybowe lub obrotowe. Piece obrotowe, piece piętrowe i specjalnie skonstruowane rodzaje pieców stosuje się do produkcji magnezji kaustycznej kalcynowanej. Elektryczne piece łukowe są wykorzystywane do produkcji magnezji topionej. Urządzenia te (z wyjątkiem elektrycznych pieców łukowych i specjalnie skonstruowanych rodzajów pieców) wykorzystują zasadę przepływu wstecznego w celu osiągnięcia wysokiej wydajności energetycznej.

W piecach szybowych można zazwyczaj stosować grubo łamany magnezyt o rozmiarze ziaren ponad 50 mm lub brykiety CCM. Magnezyt drobnoziarnisty jest albo wypalany w piecach obrotowych albo poddawany kaustyzacji, brykietowany i wypalany w piecach szybowych lub w piecu obrotowym lub hałdowany, jak pokazano na Rys. 3.8.

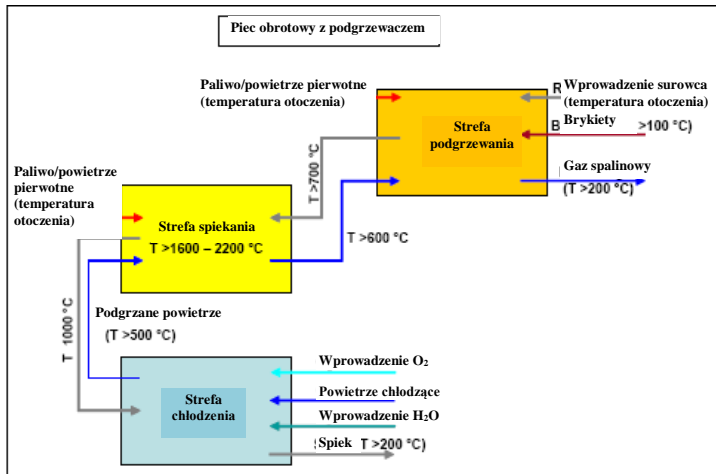


Rysunek 3.8: Ścieżka magnezytu grubo- i drobnoziarnistego w produkcji magnezji [109, RHI AG, 2006], [165, EUROMINES, 2006]

3.2.3.2.1 Piece obrotowe

3.2.3.2.1.1 Piece obrotowe z podgrzewaczem

W piecach obrotowych z podgrzewaczem (piece Lepola) surowce podaje się do strefy dozowania i podgrzewania pieca za pośrednictwem rusztu podgrzewającego. Po pierwsze surowce są podgrzewane i częściowo odkwaszane przez gorące spaliny według zasady przepływu wstecznego. Częściowo odkwaszony magnezyt przenoszony jest do pieca, gdzie odkwaszanie jest finalizowane przed strefą spalania. Podczas fazy podgrzewania części surowców w formie drobnoziarnistego kaustera MgO spadają przez ruszt Lepola, a następnie są bezpośrednio podawane do strefy spalania. W strefie spalania materiały są spiekane w temperaturze pomiędzy 1600 i 2200°C. Czas cyklu pieca wynosi od 8 do 16 godzin. W przypadku dalszego przetwarzania, materiał spiekany schładzany jest do 200°C w strefie chłodzenia. Zasada działania pieca obrotowego z podgrzewaczem stosowanego do metody suchej produkcji magnezytu przedstawiona jest na Rysunku 3.9. Piece obrotowe z podgrzewaczem wykorzystywane do produkcji magnezytu spiekanej i całkowicie wypalanej (DBM) mają długość od 60 do 80 m i średnicę od 2 do 4 m [67, Austria, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [109, RHI AG, 2006], [165, EUROMINES, 2006].



Rysunek 3.9: Zasada działania pieca obrotowego z podgrzewaczem w produkcji magnezytu

[109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006]

3.2.3.2.1.2 Długie piece obrotowe

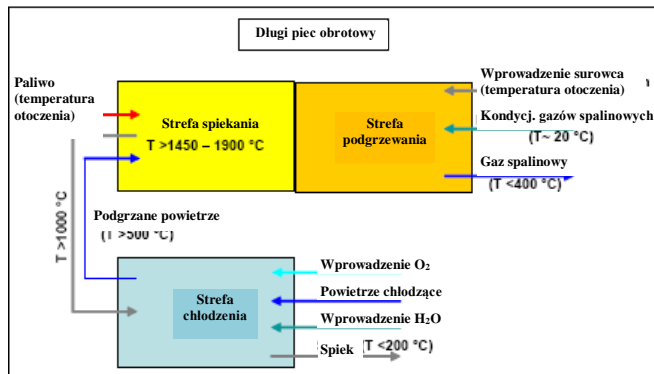
W długich piecach obrotowych, podgrzewanie, odkwaszanie i spiekanie odbywa się całkowicie wewnątrz pieca. W dużej mierze z tego powodu ten rodzaj pieca jest znacznie dłuższy niż piece obrotowe z podgrzewaczem. Długie piece obrotowe wykorzystywane do produkcji DBM mają długość od 80 do 120 m i średnicę od 2 do 4 m.

W wyniku obracania i poziomego nachylenia pieca materiały w piecu są przenoszone do strefy spiekania i podgrzewane oraz odkwaszane, w wyniku profilu temperaturowego gazów spalinowych przed dotarciem do strefy spiekania. Proces spiekania odbywa się w strefie spiekania długiego pieca obrotowego w temperaturze od 1600 do 2200°C, gdzie spiek magnezjowy uzyskuje wymaganą gęstość. Przy wylocie pieca produkt jest przenoszony do przewodu chłodzenia. Chłodzenie odbywa się przy użyciu wtórnego prądu powietrza zasysanego dzięki zasadzie przepływu wstecznego. Takie podgrzane powietrze z chłodnicy jest następnie wykorzystywane ponownie jako powietrze spalania.

Rozdział 2

Rysunek 3.10 przedstawia zasadę działania długiego obrotowego pieca spiekalniczego wykorzystywanego do procesu suchego produkcji magnezy.

Schłodzony produkt spiekany jest przekazywany za pomocą przenośnika transportowego do dalszego przetwarzania.



Rysunek 3.10: Zasada działania długich pieców obrotowych w produkcji magnezy [109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008] [165, EUROMINES, 2006]

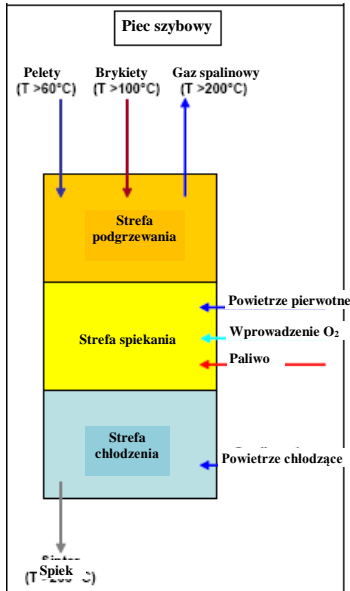
3.2.3.2.2 Piece szybowe

Do produkcji magnezy można stosować różne rodzaje pieców szybowych.

3.2.3.2.2.1 Piece szybowe z płytą obrotową

Rozdrobniony surowiec ogniotrwały, przygotowany w określonych mieszankach, umieszcza się w obrotowym bębnie granulującym i formuje w granulki ($\text{Ø } 20 - 30\text{ mm}$) poprzez dodanie wody. Granulki suszy się w procesie ciągłego przepływu, zanim zostaną wypalone w piecu szybowym do temperatury około $1750\text{ }^{\circ}\text{C}$. Produkt spiekany odprowadzany jest za pośrednictwem płyty obrotowej i przechowywany w magazynie pośrednim przed dalszym przetwarzaniem. Zasadę działania pieca szybowego stosowanego w produkcji magnezy pokazano na Rysunku 3.11.

Również naturalną skalę magnezytową o rozmiarze między $20 - 200\text{ mm}$ można wypalać przy użyciu tej metody.



Rysunek 3.11: Zasada działania pieca szybowego w produkcji magnezytu
 [109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006]

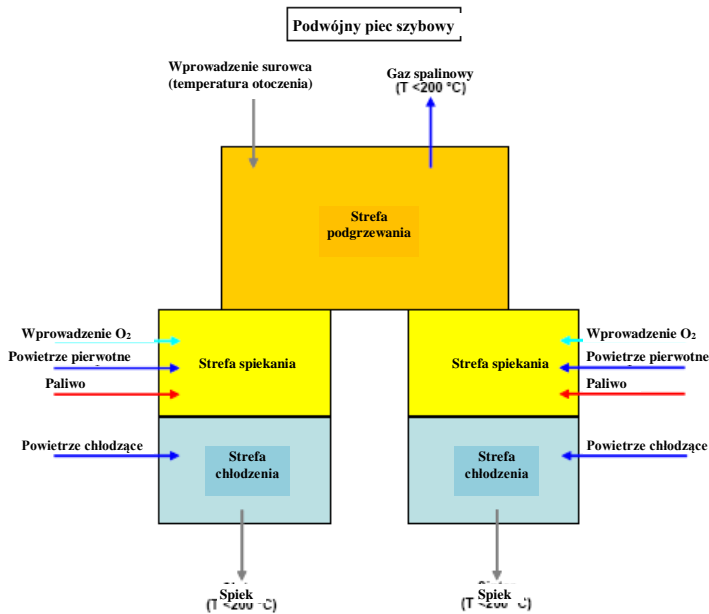
3.2.3.2.2 Piece szybowe z rusztem obrotowym

Za pomocą tego rodzaju pieca szybowego produkuje się specjalne rodzaje brykietów. Brykiety składają się z poddanego kaustyzacji magnezytu i rudy chromu i prasuje się je w procesie walcowania poprzez dodanie wody jako spoiwa. W celu osiągnięcia wymaganej jakości spieku w tym rodzaju pieca wykorzystuje się temperatury 2200°C. Ponadto wymagany jest w tym celu wzbogacony w tlen podmuch powietrza spalania. W piecu zagęszczony słup materiału przenoszony jest przez obrotowy wylot, a następnie wyprowadzany z pieca.

Taki spiek jest rozdrabniany i przesiewany, zanim zostanie poddany dalszemu przetworzeniu na produkty ogniotrwałe.

3.2.3.2.3 Podwójny piec szybowy

W przypadku tego rodzaju pieca, surowy magnezyt jest umieszczany w jednym szybie w górnej części pieca, tzw.: "szybie podgrzewającym" gdzie surowy magnezyt jest podgrzewany i odkwaszany. Po strefie podgrzewania szyb dzieli się na dwie sekcje – pod nazwą szyb podwójny – gdzie odbywają się procesy spiekania i chłodzenia. Po przejściu strefy podgrzewania, surowy magnezyt jest spiekany w temperaturach 1600 – 2200°C. W strefach chłodzenia w dolnej części podwójnego pieca szybowego za pomocą powietrza chłodzącego spiekany produkt magnezjowy schładzany jest do temperatury niższej niż 200°C. Następnie schłodzony spiekany produkt magnezjowy jest wyprowadzany z pieca. Rysunek 3.12 przedstawia zasadę działania podwójnego pieca szybowego stosowanego w produkcji magnezytu.



Rysunek 3.12: Zasada działania podwójnych pieców szklanych stosowanych w produkcji magnezy [109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006]

3.2.4 Produkcja magnezy topionej

Magnezja topiona produkowana jest w specjalnych elektrycznych piecach łukowych pracujących w procesach wsadowych. Zasadniczo piec składa się z platformy, na której umieszczono wylot pieca (stożek).

Surowiec jest topiony wewnątrz wylotu pieca przez łuk elektryczny, który powstaje między dwiema grafitowymi elektrodami. Proces topienia przebiega pionowo od dołu do góry. W trakcie procesu topienia partie surowca podawane są od góry do pieca. Odlewanie nie ma miejsca. Stopiony materiał pozostaje na platformie w obrębie stożka, gdzie również odbywa się proces chłodzenia. Po zakończeniu topienia platformę odsuwa się od elektrod i może się rozpocząć kolejny cykl. Z bloku produktu uzyskuje się ogólnie od 5 do 8 ton magnezy topionej. Można mieszać surowy kamień, magnezję kaustyczną kalcynowaną lub magnezję spiekana/calkowicie wypaloną i stosować jako surowiec do procesu. Należy zauważyć, że podczas procesu chłodzenia zanieczyszczenia powstają na krawędziach (w skorupie), a chemicznie najczystsze części znajdują się w środku stopionego bloku produktu.

Po schłodzeniu przewraca się blok produktu, zmniejsza jego rozmiar poprzez oszlifowanie i często sortuje ręcznie. Głównym krajem produkcji są Chiny. Jednakże w Unii Europejskiej można również znaleźć kilka miejsc produkcji, gdzie wytwarzane ilości są bardzo niskie. Z tego powodu niniejszy dokument nie zawiera szczegółów dotyczących produkcji magnezy topionej [109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006].

3.3 Bieżące zużycie i poziomy emisji

Główne kwestie środowiskowe w zakresie produkcji różnych rodzajów magnezytu to wykorzystanie energii i emisje do atmosfery. Proces wypalania magnezytu jest głównym użytkownikiem energii i głównym źródłem emisji. Znaczenie może mieć również wtórny proces rozdrabniania, a także operacje pomocnicze (np. kruszenie, przesiewanie, przenoszenie, składowanie i odprowadzanie). Należy zauważyć, że o ile niniejszy dokument nie stanowi inaczej, w przypadku tej sekcji dotyczącej przemysłu tlenku magnezu, standardowe warunki pomiarów przepływów objętościowych i stężeń związane są z następującymi definicjami, które również zostały podane w glosariuszu:

m ³ /h	przepływ objętościowy: Jeśli niniejszy dokument nie stanowi inaczej, przepływy objętościowe odnoszą się do 10% obj. tlenu i stanu standardowego
mg/m ³	stężenie: Jeśli niniejszy dokument nie stanowi inaczej, stężenia substancji gazowych lub mieszanin substancji odnoszą się do suchych gazów spalinyowych przy 10% obj. tlenu i stanie standardowym
owy	odnosi się do temperatury 273 K, ciśnienia 1013 hPa i gazu suchego.

Ponadto należy zauważyć, że zakresy emisji odnoszą się do referencyjnego poziomu tlenu w wysokości 10%, chociaż rzeczywisty poziom tlenu w ramach procesu wypalania jest o wiele niższy niż 10%. Wzór do obliczenia stężenia emisji podano poniżej:

$$E_R = \frac{21 - O_R}{21 - O_M} + E_M$$

E_R (mg/Nm³): stężenie emisji związane z referencyjnym poziomem tlenu O_R
 O_R (obj. %): referencyjny poziom tlenu
 E_M (mg/Nm³): stężenie emisji związane z mierzonym poziomem tlenu O_M
 O_M (obj. %): mierzony poziom tlenu

Dodatkowe przydatne informacje dotyczące monitorowania można znaleźć w dokumencie referencyjnym na temat ogólnych zasad monitoringu (MON) [151, Komisja Europejska, 2003].

3.3.1 Zużycie surowców (nieprzetworzonego magnezytu) i wody

W wysokich temperaturach magnezyt (MgCO₃) ulega rozkładowi termicznemu na magnezję (MgO) i dwutlenek węgla (CO₂). Biorąc za podstawę masę cząsteczkową magnezytu (84,31 g/mol), wynikiem rozkładu są następujące ilości magnezji i dwutlenku węgla, jak pokazano w tabeli 3.5:

Material	Ilość			Łączna ilość (g/mol)
	Mg (g/mol)	C (g/mol)	O (g/mol)	
Magnezyt (MgCO ₃)	24,31	12,01	48,00	84,31
Dwutlenek węgla (CO ₂)	-	12,01	32,00	44,01
Magnezja (MgO)	24,31	-	16,00	40,30

Tabela 3.5: Ilości magnezji i dwutlenku węgla po rozkładzie [109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006]

Wynik ten można także przedstawić w kategoriach względnych jako udział/rozkład materiału z magnezytu, jak pokazano w tabeli 3.6.

Material	Udział w magnezycie (MgCO ₃) (%)
----------	--

Magnezja (MgO)	47,80
Dwutlenek węgla (CO ₂)	52,20
Łącznie	100,00

Tabela 3.6: Uzysk magnezji i dwutlenku węgla w magnezycie [109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006]

Podczas rozkładu 1 kg magnezytu, w procesie tym powstaje około 522 g dwutlenku węgla i 478 g magnezji. Oznacza to, że w przypadku produkcji jednej tony magnezji (MgO), z rozkładu węglanów powstaje 1,092 tony dwutlenku węgla. Ta kwestia jest jednak teoretyczna, ponieważ magnezyt zawiera różne zanieczyszczenia, takie jak SiO₂, CaO, Fe₂O₃. Należy zauważyć, że zasadniczo do produkcji jednej tony magnezji wymagana jest ilość od 2,1 do 2,4 ton magnezytu w zależności od rudy magnezytu, produkowanej jakości i rodzaju stosowanego pieca [109, RHI AG, 2006] [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006], [168, TWG CLM, 2007].

Zużycie wody

Zużycie wody procesowej jest niskie, ponieważ wykorzystuje się tylko niewielką ilość, np. do mycia surowca (magnezytu) w celu usunięcia zanieczyszczeń lub do schłodzenia produktu magnezjowego w strefie chłodzenia pieca oraz dla potrzeb procesu wzbogacania w cieczech ciężkich. Niemniej jednak mają miejsce pewne czynności z udziałem płuczek gazowych, a gazy emisyjne płukane są wodą. Wymagana ilość wody to około 5 – 12 m³/t produktu magnezjowego [109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006], [168, TWG CLM, 2007].

3.3.2 Zużycie energii

Produkcja magnezji (proces suchy) jest energochłonna, ponieważ magnezję, głównie DBM, wytwarza się w bardzo wysokich temperaturach.

Magnezyt (MgCO₃) ulega termicznemu rozkładowi na magnezję (MgO) i dwutlenek węgla (CO₂). Proces jest wysoce endotermiczny, a jego entalpia reakcji teoretycznej wynosi 2803 MJ/kg MgO. Rozkład magnezytu rozpoczyna się w temperaturze 550°C i kończy się w temperaturze poniżej 800°C, jeżeli zawiera znaczne ilości innych węglanów.

W procesie wypalania stosuje się gaz ziemny, koks naftowy i olej opałowy. Tabela 3.7 przedstawia wymóg paliwowy dla potrzeb produkcji jednej tony magnezji spiekanej z wykorzystaniem bezpośredniego procesu cieplnego. Wyższe wartości wymienione w tej tabeli wymagane są na potrzeby produkcji magnezji spiekanej lub całkowicie wypalanej.

Paliwa	Minimum	Maksimum
Gaz ziemny	176 Nm ³ /t	310 Nm ³ /t
Koks naftowy	240 kg/t	393 kg/t
Olej opałowy	190 kg/t	330 kg/t

Tabela 3.7: Wymogi paliwowe dla potrzeb produkcji jednej tony magnezji (MgO) [109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008] [165, EUROMINES, 2006]

Zapotrzebowanie energetyczne na potrzeby produkcji magnezji waha się między 6 a 12 GJ/t MgO i decydują o nim różne czynniki, takie jak właściwości i zawartość wilgoci (mokry lub bardzo suchy) surowego magnezytu.

W celu osiągnięcia wymaganej bardzo wysokiej temperatury spalania powyżej 2000°C, można również wykorzystać tlen. Wymagana ilość tlenu wynosi między 15 i 150 Nm³/tona magnezji spiekanej. Należy zauważyć, że jeśli mają być wytwarzane specjalne rodzaje magnezji spiekanej o

Rozdział 2

bardzo wysokim poziomie czystości lub dużych rozmiarach kryształów, wartości mogą być znacznie wyższe – do 150 Nm³/t.

Energia elektryczna wykorzystywana jest do urządzeń mechanicznych, np. systemu wentylacji, procesu brykietowania i dla pomp. Energię elektryczną zazwyczaj kupuje się od dostawców energii elektrycznej (sieć krajowa). Wymóg w zakresie energii elektrycznej może się różnić w zależności od stosowanych urządzeń i zazwyczaj znajduje się w przedziale między 75 i 180 kWh/tonę (270-648 MJ/t) magnezji spiekanej. W przypadku produkcji magnezji kaustycznej wartości są podobne.

Znacznie więcej energii elektrycznej (elektryczne piece łukowe) w zakresie 3500 – 4500 kWh/tona wymagane jest do produkcji magnezji topionej. Jednakże w przypadku produkcji magnezji bardzo czystej, wartość zapotrzebowania energetycznego może być podwójna lub nawet wyższa [109, RHI AG, 2006], [165, EUROMINES, 2006].

3.3.3 Emisje

Emisje do atmosfery, wody i gleby (straty procesowe/odpady), a także emisje hałasu powstają podczas produkcji tlenku magnezu/magnezji przy użyciu drogi procesu suchego. W niniejszej sekcji przedstawiono zakresy emisji zanieczyszczeń atmosfery dla procesu suchego produkcji tlenku magnezu/magnezji.

3.3.3.1 Emisje do atmosfery

Znaczące emisje do atmosfery, takie jak pył, NO_x, SO_x i CO powstają w procesie wypalania. Emisje takie częściowo pochodzą z magnezytu, używanego jako surowiec, a częściowo z wykorzystywanych paliw.

Z uwagi na wysoką temperaturę wypalania w piecu, produkt zwykle nie zawiera SO₂ pochodzącego z paliw. Jednakże, gdy do opalania pieca wykorzystywane są niższe temperatury, SO₂ jest tylko częściowo wchłaniany przez produkt i znajduje się w pyłe powstającym w procesie wypalania (patrz rozdział 3.4.7.3). Emisje SO₂ pochodzącego z surowca (magnezyt) zależą od zawartości siarki w surowcu. Zasadniczo są one niskie ze względu na niską zawartość SO₂ w większości surowców. Jednakże w niektórych przypadkach emisje SO₂ z surowców mogą wynosić 50% całkowitej emisji SO₂. Ponadto zawartość siarki w surowcu jest związana z wielkością cząstek lub ziaren surowca. W tabeli 3.8 podano przykłady zależności między wielkością ziaren, a zawartością siarki w surowcu.

Wielkość ziarna surowca (mm)	Zawartość siarki w surowcach (%)
>1	0,04
0,02 – 1	0,19
<0,02	1,80

Tabela 3.8: Przykłady zależności między wielkością ziaren a zawartością siarki w surowcach [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [168, TWG CLM, 2007]

Porównanie różnych źródeł energii w oparciu o określone koszty w EUR/GJ i zawartości siarki z powyższych paliw pokazano na Rysunku 3.13. Koks naftowy zawiera największą ilość siarki, a po nim węgiel kamienny i antracyt.

Tak zwane "emisje procesowe CO₂" wynikają z rozkładu magnezytu (MgCO₃) na magnezję (MgO) i może powstać około 1 tony CO₂/tonę magnezji. Ponadto emisje CO₂ wynikają także z procesu spalania paliwa np. przy użyciu gazu ziemnego lub koksu naftowego. Około 0,4 do 1,3 tony CO₂/tonę magnezji spiekanej z procesu spalania paliwa przyczynia się do emisji CO₂.

Emisje do atmosfery występują nie tylko podczas procesu wypalania, ale również podczas innych etapów produkcji, takich jak:

- przechowywanie i przetwarzanie surowców, paliw lub produktów – mogą powstawać emisje pyłu

- procesy rozdrabniania i mielenia – mogą powstawać emisje pyłu.

Emisje pyłu rozproszonego wynikają głównie ze składowania i przetwarzania surowców i paliw oraz z pracy pojazdów wykorzystywanych w zakładzie. Emisje pyłów z pakowania i wysyłki produktu magnezowego również mogą osiągać znaczne rozmiary. Celem zminimalizowania potencjalnych źródeł pyłu rozproszonego zaleca się proste i liniowe aranżacje zakładu jak również środki/techniki organizacyjne [67, Austria, 2006], [109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008] [165, EUROMINES, 2006].

Wartości różnych emisji do atmosfery wynikające z procesu spiekania przy typowych przepływach objętościowych gazów spalinowych między 4000 i 12000 m³/tonę magnezji spiekanej przedstawiono w tabeli 3.9. Należy zauważyć, że nie wszystkie stężenia emisji przedstawione w tabeli 3.9 odnoszą się do warunków standardowych, ponieważ w przypadku niektórych danych warunki referencyjne nie zostały dostarczone.

Składnik emisji	Jednostka	Średnie stężenie ¹⁾	Maksymalne stężenie ²⁾
Pył	mg/Nm ³	20 – 118	400
NO _x	mg/Nm ³	650 – 2500 ⁵⁾	5000 ⁵⁾
SO ₂	mg/Nm ³	10 ⁴⁾ – 3350 ³⁾	5000 ³⁾
CO	mg/Nm ³	33 – 1000	1323
CO ₂	g/Nm ³	165 – 350	360

¹⁾ Średnie stężenia osiągnięte przez długi okres obserwacji, mierzone raz w roku przez tydzień
²⁾ Krótkoterminowe wartości szczytowe
³⁾ Wyższe wartości związane są z paliwami bogatymi w siarkę i systemami z najniższymi/wprowadzonymi w najmniejszych ilościach środkami/technikami redukcji
⁴⁾ Wykorzystanie gazu ziemnego
⁵⁾ Wyższe wartości dla procesu DBM w wysokich temperaturach

Tabela 3.9: Stężenia składników emisji powstające w przemyśle tlenku magnezu w UE-27 [67, Austria, 2006], [109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006]

W zależności od typu paliwa wykorzystywanego w procesie, do 50% dwutlenku siarki może pochodzić z paliw (patrz również rozdział 3.4.5 i Rysunek 3.13 dotyczący zawartości siarki w paliwach). Podczas produkcji magnezji kaustycznej w piecu obrotowym, około 40-50% dwutlenku siarki pochodzącej z paliwa jest odzyskiwane głównie z pyłu filtrowego. Odnotowano, że wtryskiwanie reaktywnych gatunków MgO do strumienia gazów spalinowych zmniejsza emisje SO₂ poniżej 1500 mg/Nm³ w przypadku początkowej wartości SO₂ 3000 mg/Nm³ [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008].

3.3.3.2 Straty procesowe/odpady

Straty procesowe/odpady wynikające z produkcji magnezji to różnego rodzaju pyły węgla magnezu, które są oddzielane w jednostkach oczyszczania gazów odlotowych, np. w odpylaczu. Pyły te to np. węgiel magnezu, zawierający różne części magnezji kaustycznej kalcynowanej oraz magnezji spiekanej. Odpady opakowaniowe (tworzywa sztuczne, drewno, metal, papier itp.) powstają na etapie pakowania.

Niektóre rodzaje pyłów można poddać recyklingowi i ponownie wykorzystać w ramach procesu. Ponadto zebrany pył można również wykorzystać w innych zastosowaniach środowiskowych, np.: oczyszczanie ścieków przemysłowych, wylapywanie metali przy składowaniu na wysypisku. Techniki wykorzystywane w przypadku pyłów i innych odpadów w obiektach usuwania odpadów obejmują zakres od ponownego wykorzystywania w nadających się do sprzedaży produktach, przez recykling, do usuwania.

Rozdział 2

Płyny myjące stosowane do mycia na mokro przechodzą przez proces stopniowej sedymentacji w celu oddzielenia materiałów stałych. Materiały stałe, otrzymane w tym procesie przechowywane są w magazynie pośrednim celem późniejszego wykorzystania w ramach procesu, natomiast woda jest ponownie wykorzystywana i wprowadzana do systemu. Osad powstający w wyniku mokrego procesu odsiarczania gazów spalinowych (metody osadzania i/lub filtrowania; jeden zakład istnieje w Austrii) może zostać ponownie wykorzystany w procesie lub w innych sektorach.

3.3.3.3 Emisje do wody

Woda jest wykorzystywana na różnych etapach procesu. Woda do mycia surowców (magnezyt) i dla potrzeb procesu wzbogacania w cieczech ciężkich jest, po dekantacji osadu i oczyszczeniu, ponownie wykorzystywana w procesie. Ponadto woda jest wykorzystywana do chłodzenia produktu w strefie chłodzenia pieca. Jednak woda ta wyparowuje ze względu na wysokie temperatury procesowe. Woda jest również stosowana do niektórych czynności z udziałem płuczek gazowych, w których oczyszcza się gazy emisyjne.

W procesach produkcji magnezji przy użyciu drogi procesu suchego nie powstają żadne ścieki. Ścieki powstają w przypadku mokrego procesu odsiarczania gazów spalinowych (jeden zakład istnieje w Austrii). Ścieki te muszą zostać oczyszczone za pomocą metod osadzania i/lub filtracji w celu oddzielenia osadu siarczynu/siarczanu. Osad ten można ponownie wykorzystać w procesie lub w innych sektorach.

3.3.3.4 Hałas

Wydobywanie i przetwarzanie surowców, jak również produkcja magnezji nieuchronnie obejmuje wiele powodujących hałas czynności. Praca dużych i ciężkich maszyn oraz dużych wentylatorów może powodować emisje hałasu i/lub drgań.

W celu redukcji emisji hałasu można wykorzystać naturalne bariery przeciwhałasowe, takie jak budynki biurowe, ściany, drzewa lub krzewy. Od zakładów wymaga się przestrzegania norm redukcji zgodnie z ustawodawstwem krajowym.

3.3.4 Monitoring

W celu kontroli procesów piecowych zaleca się ciągłe pomiary następujących parametrów:

- temperatura
- ciśnienie
- zawartość O₂
- zawartość CO.

Dodatkowo właściwe może być stałe dokonywanie pomiarów następujących parametrów:

- zawartość NO_x
- SO₂
- pył.

W celu ustalenia i dokładnego oszacowania wielkości emisji, zgłasza się okresowe pomiary następujących parametrów:

- zawartość NO_x
- pył
- SO₂
- (CO₂ – obliczany ogólnie).

Rozdział 2

Dodatkowe przydatne informacje w zakresie monitorowania można znaleźć w dokumencie referencyjnym na temat ogólnych zasad monitoringu [151, Komisja Europejska, 2003].

3.4 Techniki uwzględniane przy doborze najlepszych dostępnych technik BAT

Niniejszy rozdział dotyczy środków/technik powszechnie uznawanych za sprzyjające osiągnięciu wysokiego poziomu ochrony środowiska naturalnego w przemysłach w zakresie niniejszego dokumentu. Uwzględniono tu systemy zarządzania, zintegrowane z procesem środki/techniki oraz środki/techniki "końca rury", niemniej jednak częściowo pokrywają się one ze sobą przy dążeniu do optymalnych wyników.

Uwzględniono procedury zapobiegania, kontroli, minimalizacji i recyklingu jak również ponowne wykorzystywanie materiałów i energii.

Środki/techniki można przedstawiać pojedynczo lub łącznie, w celu osiągnięcia założeń dyrektywy IPPC. Załącznik IV do tej dyrektywy podaje szereg ogólnych czynników, które należy wziąć pod uwagę przy doborze BAT, a środki/techniki w niniejszej sekcji będą dotyczyć jednego lub kilku z tych czynników. W miarę możliwości, w celu opisanego każdego środka/techniki stosuje się strukturę standardową, aby umożliwić porównanie środków/technik i obiektywną ocenę względem definicji BAT podanej w dyrektywie IPPC.

Treść niniejszego rozdziału nie stanowi wyczerpującego wykazu środków/technik i mogą istnieć lub zostać opracowane inne techniki, które mogą być jednakowo ważne w ramach IPPC i BAT. Struktura standardowa służąca do opisu każdego środka/techniki znajduje się w tabeli 3.10. Ponieważ granice między elementami wymienionymi w tej tabeli mogą się do pewnego stopnia pokrywać, struktura jest elastyczna i odzwierciedla określony indywidualny przypadek.

Rodzaj informacji rozpatrywanych	Rodzaj uwzględnionych informacji
Opis	Opis techniczny środka/techniki (włącznie z ilustracjami, schematami, w razie potrzeby)
Osiągnięte korzyści środowiskowe	Główne korzyści dla środowiska (w tym oszczędność energii, wody, surowców jak również zwiększenie wydajności produkcji, efektywności energetycznej, itp.), których dotyczy środek/technika
Oddziaływanie na procesy środowisko	Główne środowiskowe skutki uboczne i niekorzyści dla innych mediów, spowodowane zastosowaniem środka/techniki. Szczegóły dotyczące skutków środowiskowych środka/techniki w porównaniu z innymi
Dane operacyjne	Dane dotyczące poziomów zużycia i emisji z zakładów operacyjnych wykorzystujących środek/technikę (wraz ze wszystkimi warunkami referencyjnymi i stosowanymi metodami monitorowania). Wszelkie inne istotne informacje na temat działania, utrzymania i kontroli środka/ techniki
Zastosowanie	Wskazanie rodzaju zakładów, w których można zastosować środek/technikę, uwzględniając np. wiek zakładu (nowy lub istniejący), wielkość zakładu (duży lub mały), środki/techniki już wprowadzone oraz rodzaj i jakość produktu
Kwestie ekonomiczne	Informacje na temat kosztów (zarówno inwestycyjnych jak i operacyjnych) oraz wszelkich możliwych oszczędności (np. obniżone zużycie surowca lub energii, opłaty za odpady) lub przychodów, włączając w to szczegóły dotyczące sposobu obliczenia/oszacowania tych kosztów/ oszczędności lub przychodów
Siła sprawcza wdrożenia	Lokalne warunki lub wymagania, które prowadzą do wdrożenia lub je stymulują. Informacje na temat innych niż

	środowiskowe przyczyn wdrożenia (np. zwiększenie produktywności, bezpieczeństwo)
Przykładowe zakłady	Odniesienie do zakładu/ów, w którym/ch zastosowano środek/technikę i z którego/yh zebrano informacje i wykorzystano je podczas sporządzania sekcji
Materiały referencyjne	Literatura lub inny materiał źródłowy (np. książki, raporty, badania, strony internetowe), wykorzystany podczas opracowywania rozdziału i zawierający więcej informacji na temat środka/techniki

Tabela 3.10: Analiza informacji dla każdego środka/techniki opisanego w niniejszym rozdziale

Koszty środków/technik redukcji należy oceniać w związku z rodzajem stosowanego pieca, rozmiarem instalacji, skutecznością środków/technik i okolicznościami poszczególnego zastosowania.

3.4.1 Ogólne uwagi dotyczące zużycia surowców

Recykling i/lub ponowne wykorzystywanie materiałów drobnoziarnistych (zastosowanie w piecach szybowych i w połączeniu z piecami obrotowymi) oraz redukcja odpadów i recykling strat procesowych/odpadów redukują całkowite zużycie surowców.

3.4.2 Ogólne uwagi dotyczące wody

Płyny myjące stosowane do mycia na mokro przechodzą przez proces stopniowej sedimentacji w celu oddzielenia materiałów stałych. Woda jest ponownie wykorzystywana i zwracana do obiegu wody słodkiej.

3.4.3 Redukcja zużycia energii (efektywność energetyczna)

Opis

Poprawa konstrukcji pieców, optymalizacja procesu i najwyższy poziom odzysku oraz ponowne wykorzystywanie nadmiaru ciepła z pieców i chłodziń może zredukować zużycie energii i paliw. Ponadto, wykorzystywanie tlenu (powietrze spalania wzbogacone tlenem) dla potrzeb procesu wypalania może zwiększyć efektywność procesu wypalania, co znacznie poprawia wydajność pieca. Jest to połączone z redukcją wymogu powietrza, a tym samym redukcją balastu N_2 w piecu. Zapotrzebowanie na energię można w zrównoważony sposób zredukować tymi środkami.

W celu zminimalizowania wykorzystania energii paliwa wykorzystuje się odzyskiwanie ciepła z gazów spalinowych poprzez wstępne ogrzewanie magnezytu. Straty ciepła uzyskiwane z pieca mogą służyć do osuszania paliw, surowców i niektórych materiałów opakowaniowych.

Wykorzystanie energii elektrycznej minimalizuje się poprzez wykorzystanie sprzętu elektrycznego o dużej efektywności energetycznej.

Osiągnięte korzyści środowiskowe

Redukcja zużycia energii i wzrost efektywności energetycznej. Jako efekt dodatkowy, emisje CO_2 wynikające z paliw ulegają redukcji, gdy proces staje się bardziej efektywny.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Przy użyciu wyższej temperatury płomienia w procesie spalania może nastąpić wzrost emisji NO_x .

Dane operacyjne

Odnotowano specyficzne zużycie energii między 6 a 12 GJ/t. Entalpia reakcji teoretycznej tego wysoce endotermicznego procesu wynosi 2803 MJ/kg (patrz rozdział 3.3.2).

Zastosowanie

Redukcja zużycia energii w zasadzie ma zastosowanie do przemysłu magnezji.

Kwestie ekonomiczne

Koszty energii mogą stanowić 35-40% kosztów całkowitych.

Redukcja zużycia energii może zredukować koszty całkowite i emisje CO₂.

Przy wykorzystywaniu tlenu należy uwzględnić całkowite koszty energii i bilans energetyczny.

Sila sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Redukcja wymogu energetycznego i kosztów.

Redukcja emisji CO₂.

Redukcja kosztów.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady w Austrii, Hiszpanii i UE-27. W tym kontekście przydatne informacje można znaleźć także w dokumencie referencyjnym Techniki Efektywności Energetycznej (ENE). [67, Austria, 2006], [109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008]

3.4.4 Optymalizacja kontroli procesu

Opis

Płynny i stabilny proces w piecu, przebiegający blisko wymaganego stechiometrycznego współczynnika powietrza, jest korzystny dla wszystkich emisji z pieca, jak również dla wykorzystania energii. Zazwyczaj w praktyce nadmiar tlenu wynosi około 1 – 3% celem uzyskania wymaganej jakości produktów i optymalnego spalania. Można to uzyskać, stosując optymalizację kontroli procesu. Proces wypalania jest optymalizowany w celu zredukowania zużycia ciepła oraz poprawy/utrzymania jakości produktu magnezji spiekanej, kaustycznej kalcynowanej lub topionej, poprzez niskie zużycie energii jednostkowej oraz niskie emisje jednostkowe. Na ogół piece są wyposażone w system kontroli procesu, dla potrzeb monitorowania i kontrolowania całego procesu od punktu centralnego. Niektóre parametry procesu, takie jak zużycie energii, temperatura i czasami NO_x, są rejestrowane w sposób ciągły. Redukcja emisji, takich jak CO, NO_x, SO₂ i pył, może stanowić drugorzędny skutek tej optymalizacji.

Ponieważ w tym samym piecu zazwyczaj wytwarza się kilka różnych produktów, charakterystyki operacyjne pieca muszą być dostosowane do tych produktów. Warunki operacyjne dla pieca mogą być bardzo różne, w zależności od obciążenia i jakości wytwarzanych produktów.

Osiągnięte korzyści środowiskowe

Możliwa jest redukcja emisji, takich jak CO, NO_x, SO₂ i pył.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Brak kwestii.

Dane operacyjne

Brak przedstawionych danych.

Zastosowanie

Optymalizacja kontroli procesu ma zastosowanie do wszystkich rodzajów pieców wykorzystywanych w przemyśle magnezji. Jednakże może być konieczny wysoce skomplikowany system kontroli procesu.

Kwestie ekonomiczne

Rozdział 2

Pełny system kontroli procesu dla zakładu spiekania lub kalcynowania to koszty inwestycyjne rzędu 1 miliona euro.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady w Austrii, Hiszpanii i UE-27. [109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006]

3.4.5 Wybór paliwa

Opis i dane operacyjne

Produkcja magnezy przy użyciu metody suchej to energochłonna branża (patrz rozdział 3.3.2). Paliwa głównie stosowane w UE to gaz ziemny, koks naftowy i ciężki olej opałowy. Jednakże w procesie wypalania można również stosować węgiel (antracyt i węgiel brunatny). Staranny dobór i kontrola substancji wprowadzanych do pieca jest niezbędna i może wpływać na oraz redukować emisje, w szczególności SO₂. W związku z tym należy wybierać paliwa o niskiej zawartości siarki, jeżeli cena jest uzasadniona i paliwo jest dostępne.

Osiągnięte korzyści środowiskowe

Redukcja emisji SO₂.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Przy użyciu koksu naftowego i węgla kamiennego do wypalania, emisje SO₂ mogą wzrosnąć w porównaniu do wykorzystania gazu ziemnego lub oleju opałowego (patrz rysunek 3.13). Gaz ziemny może generować wyższe emisje NO_x ze względu na wyższe temperatury płomienia; jednakże emisje CO₂ są niższe ze względu na niższy stosunek C:O gazu ziemnego w porównaniu do koksu lub węgla.

Koszty operacyjne

35 – 40 % kosztów produkcji wiąże się z kosztami energii.

Zastosowanie

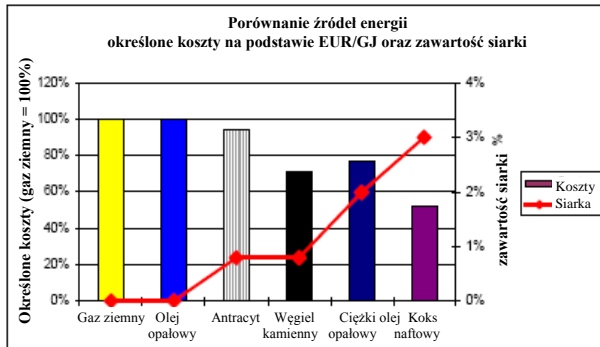
Paliwa można głównie stosować w piecach wykorzystywanych do produkcji magnezy. Jednakże niektóre paliwa, np. gaz ziemny, mogą nie być dostępne we wszystkich regionach, tak, że te środki/techniki można stosować tylko w przypadku, gdy jest to możliwe. Piec musi być wyposażony w określoną technikę spalania paliwa lub w lance. Jednakże paliwa stałe, takie jak koks naftowy, nie mają zastosowania w piecach szybowych z płytą obrotową lub rusztem obrotowym, jak opisano w rozdziale 3.2.3.2.2.1 i rozdziale 3.2.3.2.2.2.

W roku 2007 materiały odpadowe nie były wykorzystywane jako paliwa z uwagi na zanieczyszczenia, które później stwierdzano w produkcie. Produkt musi być czysty, bez żadnych zanieczyszczeń. Jednakże na przyszłość i ze względu na nowe środki/techniki współspalania odpadów oraz niektóre produkty magnezjowe, przemysł tlenku magnezu rozważa wykorzystanie różnych rodzajów odpadów, np. tworzyw sztucznych lub drewna. W tym kontekście aspekty ogólne i aspekty kontroli jakości dla celów wykorzystania odpadów w sektorze cementowym oraz wapienniczym można znaleźć odpowiednio w rozdziałach 1.2.4 i 2.2.5 niniejszego dokumentu.

Kwestie ekonomiczne

Porównanie różnych źródeł energii w oparciu o określone koszty w EUR/GJ oraz zawartość siarki z powyższych paliw pokazano na Rysunku 3.13. Koks naftowy zawiera największą ilość siarki, a po nim ciężki olej opałowy, węgiel kamienny i antracyt.

Porównanie źródeł energii (określone koszty na podstawie EUR/GJ oraz zawartość siarki)



Rysunek 3.13: Porównanie paliw ze względu na określone koszty i zawartość siarki [130, Drnek/Maier, 2007], [168, TWG CLM, 2007]

Istnieje właściwy stosunek między efektywnością a ceną koks naftowego (patrz Rysunek 3.13). Jednakże koszty energii osiągnęły wysoki poziom w zakresie 35-40% i należy uwzględnić czynnik gospodarczy.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.
Redukcja SO₂.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady w Austrii, Hiszpanii i UE-27. [109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008]

3.4.6 Emisje pyłu (cząstki stałe)

3.4.6.1 Środki/techniki w przypadku czynności powodujących duże zapylenie

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Emisje pyłu rozproszonego wynikają głównie ze składowania i przetwarzania surowców i paliw oraz z pracy pojazdów wykorzystywanych w zakładzie. Uwalnianie cząstek stałych podczas pakowania i wysyłki produktu również może mieć znaczne rozmiary. Celem zminimalizowania potencjalnych źródeł pyłu rozproszonego zaleca się proste i liniowe aranżacje zakładu jak również środki/techniki organizacyjne.

Przedstawiono tutaj kilka różnych środków/technik, które można stosować indywidualnie lub w połączeniu (patrz rozdział 3.3.3.1):

- właściwe zarządzanie budynkami i drogami, wraz z prawidłowym i kompletnym utrzymaniem instalacji
- nawadnianie stosów surowca
- zamknięcie/hermetyzacja czynności powodujących zapylenie, takich jak rozdrabnianie i przesiewanie
- zamknięte przenośniki i wyciągi, skonstruowane jako systemy zamknięte, jeśli istnieje prawdopodobieństwo emisji pyłów z pylistego materiału
- silosy do przechowywania o odpowiednich pojemnościach i wyposażone w filtry radzące sobie z zapylnym powietrzem przepływającym podczas operacji wypełniania
- w przypadku pneumatycznych systemów transportowych zaleca się proces obiegowy

Rozdział 2

- redukcja wycieku powietrza i punktów wycieku
- stosowanie automatycznych urządzeń i systemów kontroli
- stosowanie stałych działań bezproblemowych.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Wzrost zużycia energii w wyniku stosowania systemów filtrujących.
Podczas przeprowadzania konserwacji mogą powstać dodatkowe odpady.
Redukcja hałasu jest możliwa w drodze obudowania urządzeń.

Dane operacyjne

Brak przedstawionych danych.

Zastosowanie

Takie środki/techniki można zasadniczo stosować w przemyśle magnezji.

Kwestie ekonomiczne

W zależności od środka/techniki związanej z poszczególnym indywidualnym przypadkiem.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.
Wymogi higieny i bezpieczeństwa w miejscu pracy.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady w Austrii, Hiszpanii i UE-27. [109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006]

3.4.6.2 Redukcja skanalizowanej emisji pyłów

Emisje pyłów występują w procesie wypalania, ale także podczas składowania i przetwarzania surowców i paliw (np. przenośniki lub wyciągi) i procesów rozdrabniania i mielenia. Można stosować następujące urządzenia odpylające, indywidualnie lub w połączeniu:

- odpylacze elektrostatyczne (ESP)
- cyklony
- mokre separatory pyłu
- filtry tkaninowe.

W jednostkach przesiewania, rozdrabniania i mielenia do zbierania produktu i odpylania powietrza przenoszącego stosuje się filtry tkaninowe.

Piece wykorzystywane w przemyśle magnezjowym są na ogół wyposażone w środki/techniki redukcji pyłu, biorąc pod uwagę stosunkowo wysokie temperatury gazów spalinowych powstających z wypalania w piecu. Cyklon i ESP i/lub cyklon i płuczka mokra ze względu na stosunkowo wysokie temperatury gazów spalinowych. Ponadto stosowane są filtry tkaninowe, które są bardzo skuteczne w przypadku redukcji emisji pyłów. Jednakże w przypadku stosowania filtrów tkaninowych wysoka temperatura gazów spalinowych jest bardzo ważna i może stanowić czynnik decydujący, ponieważ w zależności od stosowanego materiału filtra może on ulec zapłonowi w wyższych temperaturach.

3.4.6.2.1 Odpylacze elektrostatyczne (ESP)

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Odpylacze elektrostatyczne (ESP) mogą służyć do ekstrakcji pyłu w przypadku temperatur gazów spalinowych powyżej punktu rosy i do 370 – 400°C. Należy unikać automatycznych wyłączeń z powodu nadmiernej ilości CO z uwagi na ryzyko wybuchu. CO mierzy się stale dla potrzeb kontroli procesu i bezpieczeństwa. Częstotliwość automatycznych wyłączeń z powodu nadmiernej ilości CO

Rozdział 2

można zredukować przy użyciu nowoczesnych systemów kontroli procesu z urządzeniami pomiarowymi i regulacyjnymi szybkiego reagowania. Informacje i wytyczne dotyczące kontroli automatycznych wyłączeń z powodu nadmiernej ilości CO można znaleźć w rozdziale na temat cementu w niniejszym dokumencie, sekcja 1.4.5.3 oraz w rozdziale 4.2.6.

Bardziej techniczne informacje i wyjaśnienia dotyczące działania ESP można znaleźć w rozdziale na temat cementu, sekcja 1.4.4.3.1 i w rozdziale na temat wapna, sekcja 2.4.5.3.1. Jednakże dane operacyjne związane z ESP stosowanymi w przemyśle magnezjowym przedstawiono poniżej.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Powstaje ryzyko wybuchu, zwłaszcza, gdy stosowane są suche systemy ESP.

Wzrost zużycia energii ze względu na działanie ESP w porównaniu do np. wykorzystania cyklonów. Podczas przeprowadzania konserwacji mogą powstać dodatkowe odpady.

Dane operacyjne

Przy temperaturze wejściowej gazów spalinowych do ESP w wysokości około 400°C zaobserwowano emisje pyłów 75 mg/Nm³, mierzone okresowo jako wartość średnia z jednego tygodnia rocznie. Jednakże ESP są w stanie osiągnąć poziomy emisji pyłów niższe niż 10 mg/Nm³, w zależności od trybu operacyjnego.

Zastosowanie

ESP są stosowane głównie w piecach obrotowych.

Można je wykorzystywać w przypadku temperatur gazów spalinowych powyżej punktu rosy i do 370 – 400°C.

Kwestie ekonomiczne

Podczas eksploatacji ESP należy wziąć pod uwagę stosunkowo wysokie koszty operacyjne.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi procesowe.

Wymogi prawne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Dwa zakłady w UE-27. [67, Austria, 2006], [109, RHI AG, 2006] [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008]

3.4.6.2.2 Separatory odśrodkowe/cyklony

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Cyklony wykorzystują siłę odśrodkową w celu oddzielania pyłu zawieszonego z przepływu gazu. Są one niezawodne i posiadają szeroki zakres temperatur operacyjnych przy niskim wymogu energetycznym [86, EURITS, 2006].

W separatorze odśrodkowym cząsteczki pyłu, które mają zostać usunięte ze strumienia gazu odlotowego są przepychane przez ścianę zewnętrzną jednostki przez działanie odśrodkowe, a następnie usuwane poprzez otwór znajdujący się w dolnej części jednostki. Siły odśrodkowe mogą powstawać w drodze kierowania strumienia gazu ruchem spiralnym w dół poprzez cylindryczne naczynie (separatory cyklonowe) lub poprzez wirujący wirnik zamontowany w jednostce (mechaniczne separatory odśrodkowe).

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Działanie separatorów odśrodkowych/cyklonów jest źródłem znacznego hałasu.

Podczas przeprowadzania konserwacji mogą powstać dodatkowe odpady.

Dane operacyjne

Rozdział 2

W innych sektorach, takich jak w przemyśle wapienniczym, separatory odśrodkowe/cyklony służą jako separatory wstępne/separatory produktu. Mogą one zazwyczaj osiągać wartości emisji pyłu tylko poniżej 150 mg/Nm³ (patrz rozdział 2.4.5.3.4). W sektorze cementowym cyklony są połączone z wymiennikiem powietrza/ciepła w celu redukcji temperatury oraz filtrem tkaninowym do usuwania kurzu z np. chłodzenia gazów spalinowych. Cyklon może zredukować stężenie pyłu o 70%. W połączeniu z wymiennikiem ciepła/powietrza i filtrem tkaninowym, osiągalne są wysokie skuteczności czyszczenia do 99,99% są osiągalne wraz z niskimi wartościami emisji 5 – 7 mg/Nm³ i takie zostały zgłoszone przez zakład cementu w Republice Południowej Afryki (patrz rozdział na temat cementu, sekcja 1.4.4.3.2).

Separatory odśrodkowe pracują bardziej skutecznie przy wyższych obciążeniach zanieczyszczeń, pod warunkiem, że urządzenie nie zostanie zablokowane.

Zastosowanie

Separatory odśrodkowe/cyklony nie zatrzymują skutecznie cząsteczek o niewielkich rozmiarach ziarna.

Ze względu na zależny od systemu ograniczony stopień oddzielenia, cyklony głównie są stosowane jako separatory wstępne w przypadku grubszych pyłów i gazów spalinowych.

Kwestie ekonomiczne

Separatory odśrodkowe/cyklony są stosunkowo niedrogie i łatwe w obsłudze.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Wymogi procesowe.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady w Austrii, Hiszpanii i UE-27. [86, EURITS, 2006], [109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008]

3.4.6.2.3 Mokre separatory pyłu

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

W mokrych separatorach pyłu pył jest usuwany ze strumienia gazu odlotowego. Mokre separatory pyłu (zwane również płuczkami mokrymi) można podzielić na różne rodzaje w zależności od ich konstrukcji i zasad działania, takie jak płuczka Venturiego. Ten typ mokrego separatora pyłu ma szereg zastosowań w przemyśle magnezji, w tym także wtedy, gdy gaz kierowany jest poprzez największą część zwężki Venturiego, tak zwaną "szyjkę Venturiego" i można osiągnąć prędkości gazu między 60 a 120 m/s. Płyny myjące, podawane do szyjki zwężki Venturiego są rozbijane na mgłą bardzo drobnych kropelek i intensywnie mieszane z gazem. Cząsteczki osiadłe na kroplach wody stają się cięższe i można je łatwo odciągnąć przy użyciu odkraplacza zainstalowanego w mokrym separatorze pyłu Venturiego.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

W technice mokrej separacji zanieczyszczenia są przenoszone z powietrza do wody, dlatego zasadnicze znaczenie ma druga instalacja do oczyszczania mokrego produktu odpadowego (zawiesiny) i tym samym możliwe jest także dodatkowe zużycie energii.

Dane operacyjne

Gdy obsługiwane są w efektywny sposób, nowoczesne multikaskadowe płuczki mokre mogą uzyskać stężenia czystego gazu między 10 i 20 mg/Nm³ (patrz sekcja 2.4.5.3.3 rozdziału na temat wapna).

Zastosowanie

Mokry separator pyłu Venturiego usuwa pył, substancje lotne, HCl i SO₂ ze strumienia gazów spalinowych. Wdrożenie tej techniki nie powoduje niedogodności ani efektów ubocznych.

Kwestie ekonomiczne

W odniesieniu do kosztów operacyjnych należy wziąć pod uwagę płyn czyszczący i oczyszczanie ścieków procesowych.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi procesowe.

Wymogi prawne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Dwa zakłady w UE-27.

[109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006], [168, TWG CLM, 2007]

3.4.6.2.4 Filtry tkaninowe

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

W filtrze tkaninowym gaz odlotowy przepuszczany jest przez worek filtracyjny, a cząsteczki pyłu osadzają się na powierzchni filtra w formie placka filtracyjnego. Filtry tkaninowe wykazują wysoką zdolność zatrzymywania cząstek, zwykle ponad 98 i do 99%, w zależności od wielkości cząstek. W porównaniu z innymi środkami/technikami redukcji pyłu stosowanymi w przemyśle magnezjowym technika ta zapewnia najlepszą skuteczność gromadzenia cząstek. Jednakże ze względu na wysokie temperatury piecowych gazów spalinowych, należy stosować specjalne materiały filtracyjne, które mogą tolerować wysokie temperatury.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Praca filtrów tkaninowych, szczególnie przy regeneracji pulsacji ciśnienia, może powodować emisje hałasu, a także może zwiększyć zużycie energii elektrycznej ze względu na ich wysoki spadek ciśnienia. Podczas przeprowadzania konserwacji mogą powstać dodatkowe odpady.

Dane operacyjne

Filtry tkaninowe są dostępne w różnych rodzajach filtrów tkanych i niektóre z nich mogą pracować w i tolerować dość wysokie temperatury. Informacje o technicznym zastosowaniu różnych rodzajów tkanin można znaleźć w sekcji 1.4.4.3.2 (rozdział na temat cementu) niniejszego dokumentu. W przypadku powodujących zapylenie operacji innych niż proces wypalania w piecu, zakresy emisji pyłu poniżej 5-10 mg/Nm³ można osiągnąć w innych sektorach za pomocą filtrów tkaninowych. W przypadku właściwie skonstruowanych, obsługiwanych i utrzymywanych filtrów tkaninowych (stałe odpylanie worków filtra), w przemyśle wapienniczym osiąga się emisje pyłu poniżej 10 mg/Nm³ (zobacz 2.4.5.3.2). Wydajność oddzielania może przekraczać 99,9% i dlatego w sektorze cementowym można osiągnąć emisje poniżej 5 mg/Nm³ (suchy gaz, 273 K, 10% O₂) (zobacz 1.4.4.3.2).

Ponadto w przemyśle tlenku magnezu, w przypadku procesu wypalania w piecu zgłoszono poziomy pyłu emisji poniżej 20 mg/Nm³ dzięki zastosowaniu filtrów tkaninowych [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008].

Zastosowanie

Filtry tkaninowe do usuwania pyłu z gazów spalinowych zasadniczo można stosować dla wszystkich jednostek w przemyśle produkcji tlenku magnezu, zwłaszcza podczas czynności powodujących zapylenie, przesiewania, rozdrabniania i mielenia. Można je stosować w przypadku temperatur gazów spalinowych powyżej punktu rosy oraz do 280°C.

Ze względu na wysokie temperatury gazów spalinowych między 250 a 400°C oraz żrący charakter i dużą ilość gazów spalinowych powstających w procesie wypalania w piecu przy produkcji magnezji kaustycznej kalcynowanej (CCM) i magnezji spiekanej/całkowicie wypalanej (DBM), należy stosować specjalne filtry tkaninowe z materiałem filtracyjnym odpornym na wysokie temperatury. Jednak doświadczenie z przemysłu magnezjowego produkcji DBM pokazuje, że dla temperatury

Rozdział 2

gazów spalinowych około 400°C w przypadku produkcji magnezji brakuje odpowiedniego wyposażenia, np. materiału filtracyjnego.

W produkcji DBM stosuje się materiały filtracyjne, pracujące w temperaturach do 250°C, takie jak materiał filtracyjny PTFE (Teflon). Taki materiał filtracyjny wykazuje dobrą odporność na kwasy lub zasady i rozwiązano wiele problemów z korozją [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008].

Kwestie ekonomiczne

Koszty inwestycyjne materiałów filtracyjnych tolerujących wysokie temperatury gazów spalinowych są stosunkowo wysokie w porównaniu do innych materiałów filtracyjnych.

Koszty operacyjne są wyższe w przypadku filtrów tkaninowych niż w przypadku ESP ze względu na wyższe spadki ciśnienia materiałów filtracyjnych.

Informacje na temat zastosowania technicznego i kosztów różnych rodzajów tkanin można znaleźć w sekcji 1.4.4.3.2 (rozdział na temat cementu) niniejszego dokumentu.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Trzy zakłady w UE-27.

[109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008]

3.4.7 Substancje gazowe

3.4.7.1 Redukcja emisji NO_x

Opis

Istotnym czynnikiem wpływającym na emisje NO_x jest temperatura wypalania niezbędna w procesie wypalania w przemyśle magnezji. Ogólnie ma ona bezpośredni związek z jakością wytwarzanej magnezji spiekanej/całkowicie wypalanej. Taka temperatura wypalania jest zazwyczaj bardzo wysoka w porównaniu z innymi zastosowaniami tej samej jednostki. Niemniej jednak temperatury wypalania różnią się w zależności od produktu. Ze względu na cechy produktu, który ma zostać wytworzony oraz bezpośredni związek między produktem a temperaturą wypalania, temperatury wypalania nie można zredukować.

Istnieje jedno źródło powstawania NO_x:

- termiczny NO_x powstaje w wyniku reakcji w wysokich temperaturach między N₂ i O₂ pochodzących z powietrza spalania.

Termiczny NO_x powstaje w temperaturach powyżej 1000°C, czyli w strefie spalania pieca, gdzie temperatury są wystarczająco wysokie. Ilość wytwarzanego termicznego NO_x wzrasta w przypadku wyższych temperatur i rosnącej zawartości tlenu w strefie spalania.

Do redukcji emisji NO_x można stosować różne środki/techniki, takie jak podstawowe lub pomocnicze środki/techniki lub kombinacje jednych i drugich. Podstawowe środki/techniki redukują powstawanie NO_x, natomiast pomocnicze środki/techniki niszczą tlenek azotu i redukują go do N₂.

Podstawowe środki/techniki to środki/techniki zintegrowane z procesem i są to w szczególności:

- proces optymalizacji
- ulepszona technika wypalania
- spalanie stopniowe/stopniowanie powietrza
- konstrukcja palnika.

W 2007 r. w przemyśle tlenku magnezu nie stosowano spalania stopniowego.

Pomocnicze środki/techniki redukcji NO_x obejmują, co następuje:

- selektywna redukcja niekatalityczna (SNCR)
- selektywna redukcja katalityczna (SCR).

W 2007 r. w przemyśle tlenku magnezu nie stosowano pomocniczych środków/technik redukcji NO_x.

Osiągnięte korzyści środowiskowe

Redukcja emisji NO_x.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Jak pokazano w sekcji 1.4.5.1.7 i w sekcji 2.4.6.1.4 (rozdział na temat cementu), jeśli rozważa się zastosowanie SNRC, należy również wziąć pod uwagę wtórną emisję amoniaku. Zależność między temperaturą, wtórną emisją NH₃ a redukcją NO_x przedstawiono na rysunku 2.50 (patrz sekcja 2.4.6.1.4 rozdziału na temat wapna) [46, Niemcy, 2006]. Jednak w 2008 r. w przemyśle magnezji nie zastosowano żadnej techniki SNCR (zobacz Zastosowanie).

Dane operacyjne

Patrz sekcja 3.3.3.1 i Tabela 3.9. Przy zastosowaniu tylko podstawowych środków/technik redukcji NO_x, w roku 2006 zgłoszono emisje NO_x między 650 a 2500 mg/Nm³. Jednakże wyższa wartość jest związana z wysokotemperaturowym procesem DBM.

Zastosowanie

Podstawowe środki/techniki

Zasadniczo podstawowe środki/techniki mają zastosowanie do większości rodzajów pieców wykorzystywanych do produkcji magnezji.

Niemniej jednak w przemyśle magnezji nie można wykorzystywać pewnych podstawowych środków/technik stosowanych w innych branżach, takich jak palniki o niskiej emisji NO_x i chłodzenie płomienia. Palniki o niskiej emisji NO_x nie są/nie mogą być stosowane z uwagi na wysoką temperaturę wypalania niezbędną do produkcji DBM. Ten rodzaj palnika pracuje w temperaturach do maksymalnie 1600°C, natomiast temperatura wypalania przy produkcji DBM wynosi do 2200°C. Z uwagi na te wysokie temperatury nie jest/nie może być również stosowane chłodzenie płomienia.

Celem wykorzystania w przemyśle magnezji należy nadal rozwijać spalanie stopniowe/stopniowanie powietrza. W 2007 r. w przemyśle tlenku magnezu nie stosowano spalania stopniowego.

Pomocnicze środki/techniki

W roku 2008 w UE-27 w przemyśle magnezji dla potrzeb redukcji emisji NO_x nie korzystano z *selektywnej redukcji niekatalitycznej (SNCR)*, ponieważ technika SNCR działa w temperaturach od 800 do 1000°C, natomiast proces produkcji DBM jest procesem endotermicznym, który nie osiąga tego zakresu temperatury. Podczas procesu, gdy materiał ulega odkwaszeniu, temperatura wynosi od 500 do 800°C. Stabilnej temperatury powyżej 800°C nie można uzyskać bez dużych ilości energii, które dodatkowo należy wykorzystać do osiągnięcia temperatury działania techniki SNCR. Ponadto nastąpiłby znaczny wzrost dodatkowych kosztów energii.

Z badania ewaluacyjnego przeprowadzonego pod koniec lat dziewięćdziesiątych wynika, że *selektywna redukcja katalityczna (SCR)* dla potrzeb redukcji emisji NO_x w przemyśle DBM była niepewna zarówno technicznie, jak i ekonomicznie. Wynikało to głównie z niepewności dotyczącej okresu trwałości katalizatorów i faktu, że gazy odlotowe powodują silne zanieczyszczenie [108, Komisja Europejska, 2006].

Technika SCR działa w temperaturach od 300 do 400°C. Przy użyciu NH₃ i katalizatora NO i NO₂ ulegają redukcji do N₂. Proces wymaga właściwego zmieszania gazów odlotowych i czynnika,

Rozdział 2

zoptymalizowanej temperatury wtrysku oraz odpowiedniego czasu przebywania w optymalnej temperaturze.

W 2008 r. w UE-27 w przemyśle magnezji dla potrzeb redukcji emisji NO_x nie korzystano z techniki SCR. Katalizatory są bardzo wrażliwe na magnezję. Ze względu na wysokie obciążenie pyłem, przed wprowadzeniem katalizatorów SCR gaz spalinowy należy odpylić np. za pomocą filtrów tkaninowych. Jednak z uwagi na wymaganą wysoką temperaturę przed odpyleniem za pomocą specjalnych filtrów tkaninowych gaz spalinowy należy schłodzić do maksymalnie 250°C. W celu wykorzystania techniki SCR gaz spalinowy należy następnie podgrzać do temperatury między 300 a 400°C, w której działa SCR. Wymaga to dodatkowej energii i może powodować dodatkowe emisje, np. CO₂.

Kwestie ekonomiczne

Procesy katalityczne zazwyczaj wiążą się z wysokimi kosztami inwestycyjnymi.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady magnezji w UE-27 wykorzystujące podstawowe środki/techniki dla potrzeb redukcji emisji NO_x. [46, Niemcy, 2006], [54, EuLA, 2006], [85, CEMBUREAU, 2006], [108, Komisja Europejska, 2006], [109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008]

3.4.7.2 Redukcja emisji CO

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Wybór, jeśli to możliwe, surowców o niskiej zawartości materii organicznej również redukuje emisje CO. Ciągłe kontrolowanie temperatury wypalania i kontrolowane dodawanie paliwa może także wpływać na emisje CO, np.:

- stosowanie dozowników wagowych i precyzyjnych zaworów obrotowych do podawania koksu naftowego i/lub
- stosowanie przepływomierzy i precyzyjnych zaworów do regulacji podawania oleju ciężkiego lub gazu do palnika pieca.

Kompletne i prawidłowe spalanie ma zasadnicze znaczenie dla redukcji emisji CO. Dopływ powietrza z chłodnicy i podstawowe powietrze, a także ciąg wentylatora kominowego można kontrolować w celu utrzymania poziomu tlenu między 1 (spiek) i 1,5% (magnezja kaustyczna) podczas spalania. Okresowa analiza gazów odlotowych może wykryć wysokie stężenia CO (150 mg/Nm³), natomiast zmiana wsadu powietrza i paliwa może zredukować te emisje.

Ponadto emisje CO można zmniejszyć poprzez zmianę głębokości palnika [108, Komisja Europejska, 2006]. Pomiar emisji CO przeprowadza się w celu zoptymalizowania procesu (optymalizacja procesu) i kontroli spalania (100% spalania) paliw.

W niektórych przypadkach i w pewnych okolicznościach w przemyśle magnezji można również wykorzystać środek/technikę zarządzania automatycznymi wyłączeniami z powodu nadmiernej ilości CO, opracowaną dla pieców cementowych wyposażonych w ESP. Informacje i wytyczne dotyczące kontroli automatycznych wyłączeń z powodu nadmiernej ilości CO można znaleźć w rozdziale na temat cementu w niniejszym dokumencie, sekcja 1.4.5.3 oraz w rozdziale 4.2.6.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Brak kwestii.

Dane operacyjne

Przemysł wytwórczy cementu, wapna i tlenku magnezu

Rozdział 2

Zgłoszono emisje CO między 33 i 1000 mg/Nm³.

Całkowity CO₂ na tonę produktu MgO jest sumą procesowego CO₂ i CO₂ związanego z paliwem. Część CO₂ pochodząca z paliwa mieści się, w zależności od produktu, w zakresie 0,35 – 0,59 tCO₂/tMgO dla gazu i około 0,813 tCO₂/tMgO dla "mieszanki OECD". Część CO₂ pochodząca z procesu to 1 tCO₂/tMgO (kalcynowanie magnezytu do postaci tlenku magnezu).

Zastosowanie

Zasadniczo takie środki/techniki można stosować w przemyśle magnezji.

Kwestie ekonomiczne

Brak przedstawionych danych.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady magnezji w UE-27. [46, Niemcy, 2006], [54, EuLA, 2006] [85, CEMBUREAU, 2006], [108, Komisja Europejska, 2006], [109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008]

3.4.7.3 Redukcja emisji SO₂

Opis

Emisje SO₂ zależą głównie od zawartości siarki w paliwie. Emisje siarki z surowca (magnezyt) zależą od zawartości siarki w surowcu. Zasadniczo są one niskie ze względu na niską zawartość siarki w większości surowców. Jednakże w niektórych przypadkach emisje SO₂ z surowców mogą wynosić 50 i maksymalnie 100% całkowitych emisji SO₂.

W przemyśle magnezji do redukcji SO₂ stosowane są różne środki/techniki odsiarczania gazów odlotowych, takie jak:

- mokry separator pyłu (płuczka mokra)
- płuczka natryskowa
- proces wtrysku sorbentu (wtrysk stałych lub płynnych adsorbentów do strumienia gazów odlotowych)
- proces regeneracji

Informacje techniczne i objaśnienia dotyczące działania płuczek wodnych można znaleźć w rozdziale na temat cementu, sekcja 1.4.5.2.2.

Przy wykorzystaniu procesu wtrysku sorbentu bardzo ważny jest odpowiedni czas przebywania gazu między punktem wtrysku a kolektorem pyłów, celem uzyskania wysoce wydajnej absorpcji. Reaktywne gatunki MgO wykorzystuje się już jako efektywne sorbenty dla SO₂ w innych sektorach, np. w ciepłowniach. Pomimo niższej efektywności w porównaniu z innymi środkami/technikami, stosowanie tego środka/techniki w przemyśle magnezji ma podwójną przewagę: niższe koszty inwestycyjne oraz to, że pył filtrowy nie jest zanieczyszczony innymi substancjami. Zebrany pył filtrowy można następnie ponownie wykorzystać i dodać do produktów w celu zminimalizowania wytwarzania odpadów.

Ponadto informacje techniczne i objaśnienia dotyczące procesu wtrysku sorbentu (dodanie adsorbentu) w innych sektorach można znaleźć w rozdziale na temat cementu w sekcji 1.4.5.2.1 oraz w rozdziale na temat wapna w sekcji 2.4.6.2 niniejszego dokumentu.

Osiągnięte korzyści środowiskowe

Rozdział 2

Redukcja emisji SO₂. Za pomocą mokrych separatorów pyłu wykorzystujących płuczkę Venturiego wraz z emisjami HCl i SO₂ można zredukować substancje lotne i emisje pyłów.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Minimalizacja wytwarzania odpadów (ponowne wykorzystywanie pyłu filtrowego).

Przy wykorzystaniu mokrych separatorów pyłu (płuczek mokrych) mogą nastąpić emisje do wody.

Dane operacyjne

Przy wykorzystaniu paliw bogatych w siarkę, takich jak koks naftowy, oraz płuczki mokrej w celu redukcji SO₂, na podstawie pomiarów losowych zaobserwowano emisje SO₂ w zakresie między 17,1 a 50 mg/Nm³. Przy wykorzystaniu gazu ziemnego osiągnięto poziomy emisji SO₂ wynoszące 10 mg/Nm³ [109, RHI AG, 2006].

Przy produkcji magnezji kaustycznej w piecu obrotowym około 40% dwutlenku siarki pochodzącego z paliwa jest odzyskiwane głównie z pyłu filtrowego.

Zastosowanie

Zasadniczo takie środki/techniki można stosować w przemyśle magnezji. Jak opisano w sekcji 3.4.6.2.3, mokre separatory pyłu wykorzystujące płuczkę Venturiego, wraz z HCl i SO₂, usuwają również substancje lotne i pył. Taki środek/technikę uważa się za skuteczną w innych sektorach.

W celu uzyskania wysoce wydajnej absorpcji przy użyciu procesu wtrysku sorbentu, bardzo istotny jest odpowiedni czas przebywania gazu między punktem wtrysku a kolektorem pyłów.

Kwestie ekonomiczne

W przemyśle MgO instalacja płuczki wodnej może pociągać za sobą koszty inwestycyjne rzędu 2 – 3 mln EUR. Ponadto przykładowe dane kosztowe środków/technik ograniczania SO_x w sektorze cementu można znaleźć w sekcjach 1.4.5.2 i 1.4.8.3 niniejszego dokumentu.

W zależności od zastosowanego środka/techniki procesy odsiarczania gazów odlotowych mogą wiązać się z wysokimi kosztami inwestycyjnymi.

Siła sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady w Austrii, Hiszpanii i UE-27.

[109, RHI AG, 2006] [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [182, TWG CLM, 2008]

3.4.8 Uwagi ogólne dotyczące strat/odpadów procesowych

Straty procesowe, takie jak różnego rodzaju gromadzone pyły węgla magnezu należy, gdy to możliwe, zwracać z powrotem do procesów produkcyjnych lub ponownie wykorzystywać w produktach nadających się do sprzedaży. Ponadto osad pochodzący z mokrego procesu odsiarczania gazów odlotowych (metody osadzania i/lub filtracji) należy ponownie wykorzystywać w procesie lub w innych sektorach, jeśli jest to możliwe ze względu na specyfikację.

W przypadku materiału, którego nie można poddać recyklingowi, możliwe są zastosowania alternatywne, np. pakowanie materiałów odpadowych lub odpadów powstałych w wyniku konserwacji niektórych urządzeń instalacji.

3.4.9 Hałas

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Rozdział 2

Wydobywanie i przetwarzanie surowców, jak również produkcja magnezji nieuchronnie obejmuje wiele głośnych czynności. Emisje hałasu występują w ciągu całego procesu i mogą powstawać na różnych etapach procesu, z jednostek kruszenia i mielenia, jednostek rozdrabniania i wzbogacania, pieców i systemów dozowania pieców, przenośników taśmowych, zespołów filtrów, systemów chłodzenia pieców, itp. Praca dużych i ciężkich maszyn oraz dużych wentylatorów może powodować emisje hałasu i/lub drgań. Często można zredukować te emisje poprzez bezpośrednie zastosowanie u źródła hałasu środków/technik takich jak:

- obudowa powodującej hałas jednostki
- minimalizacja hałasu za pomocą dźwiękoszczelnych budynków
- izolacja przewodów i dmuchaw znajdujących się w budynkach dźwiękoszczelnych
- ściany chroniące przed hałasem
- tłumiki wylotowe dla kominów,
- tłumiki dla wentylatorów filtrów
- stosowanie modułów dźwiękoszczelnych dla urządzeń technicznych (np. sprężarki)
- stosowanie osłon gumowych dla rozdrabniarek (unikając kontaktu metalu z metalem).

Jeśli nie można zastosować powyższych środków/technik ochrony przed hałasem i jeśli przeniesienie powodujących hałas jednostek wewnątrz budynku nie jest możliwe, np. ze względu na rozmiary pieców i ich urządzeń, należy zastosować pomocnicze środki/techniki ochrony przed hałasem np. postawienie budynków lub posadzenie drzew i krzewów między obszarem chronionym a czynnością wywołującą hałas (piec lub obszar magazynowania). Drzwi i okna obszarów chronionych muszą pozostawać zamknięte podczas wykonywania powodujących hałas czynności.

W celu redukcji emisji hałasu można wykorzystać fizyczne bariery przeciwhałasowe takie jak budynki biurowe, ściany, drzewa lub krzewy. Od zakładów wymaga się przestrzegania norm redukcji zgodnie z ustawodawstwem krajowym.

Więcej informacji na temat redukcji hałasu i schemat redukcji hałasu można znaleźć w rozdziale na temat wapna, w sekcji 2.4.10 niniejszego dokumentu.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Z tytułu środków/technik ochrony przed hałasem mogą wystąpić dodatkowe koszty inwestycji i utrzymania.

Dane operacyjne

Brak dostępnych danych.

Zastosowanie

Zasadniczo środki/techniki redukcji hałasu można stosować w przemyśle magnezji (patrz sekcja 3.3.3.4).

Kwestie ekonomiczne

Z tytułu środków/technik ochrony przed hałasem mogą wystąpić dodatkowe koszty inwestycyjne.

Sila sprawcza wdrożenia

Wymogi prawne.

Przykładowe zakłady i materiały referencyjne

Zakłady tlenku magnezu (magnezji) w Austrii, Hiszpanii i UE-27.

Więcej informacji na temat redukcji hałasu i schemat redukcji hałasu można znaleźć w rozdziale na temat wapna, sekcja 2.4.10 [45, Schorch, 2006] [109, RHI AG, 2006], [110, Hiszpańscy producenci MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES, 2006]

3.4.10 Narzędzia zarządzania środowiskiem

Narzędzia zarządzania środowiskiem opisano w rozdziale na temat cementu w sekcji 1.4.12 niniejszego dokumentu.

3.5 Najlepsze dostępne techniki produkcji tlenku magnezu przy użyciu metody suchej w oparciu o wydobywany naturalny magnezyt

Celem zrozumienia niniejszej sekcji i jej treści zaleca się czytelnikowi ponowne zwrócenie uwagi na wstęp do niniejszego dokumentu, a w szczególności na piątą sekcję wstępu pt.: "Jak rozumieć i stosować niniejszy dokument". Środki/techniki i powiązane poziomy emisji i/lub zużycia lub zakresy poziomów, przedstawione w niniejszej sekcji oszacowano w drodze procesu iteracyjnego, obejmującego następujące czynności:

- identyfikacja kluczowych kwestii ochrony środowiska dla sektora; w przypadku produkcji tlenku magnezu jest to zużycie energii i emisje do atmosfery
- zbadanie środków/technik najbardziej istotnych dla rozwiązania tych kluczowych kwestii
- identyfikacja najlepszych poziomów skuteczności działania w zakresie ochrony środowiska, w oparciu o dostępne dane w Unii Europejskiej i na całym świecie
- zbadanie warunków, w jakich te poziomy skuteczności działania zostały osiągnięte; takie jak koszty, oddziaływanie na procesy i środowisko, główne siły sprawcze zaangażowane we wdrożenie tych środków/ technik
- wybór najlepszych dostępnych technik (BAT) i powiązanych poziomów emisji i/lub zużycia dla tego sektora w sensie ogólnym, zgodnie z artykułem 2(12) i załącznikiem IV do dyrektywy.

W każdym z tych kroków oraz w sposobie prezentacji informacji w niniejszym dokumencie kluczową rolę odegrała ekspertyza Europejskiego Biura IPPC i stosownej Technicznej Grupy Roboczej (TWG).

W oparciu o taką ocenę, w niniejszej sekcji przedstawiono najlepsze dostępne techniki oraz, w miarę możliwości, związane z ich zastosowaniem poziomy emisji i zużycia, uważane za odpowiednie dla tego sektora jako całości i w wielu przypadkach odzwierciedlające bieżące funkcjonowanie niektórych systemów w ramach sektora. W przypadku, gdy przedstawiane są poziomy emisji lub zużycia "powiązane z najlepszymi dostępnymi technikami", należy przez to rozumieć, że poziomy te reprezentują skuteczność działania w zakresie ochrony środowiska, jaką można przewidzieć w wyniku zastosowania, w tym sektorze, opisanych środków/technik, mając na uwadze bilans kosztów i korzyści w zakresie definicji BAT. Jednakże nie są one wartościami granicznymi ani emisji ani zużycia i nie należy ich rozumieć jako takie. W niektórych przypadkach może zaistnieć techniczna możliwość osiągnięcia lepszych poziomów emisji lub zużycia, ale ze względu na powiązane koszty lub względy wzajemne, nie uważa się ich za właściwe jako BAT dla sektora jako całości. Niemniej jednak takie poziomy można uznać za uzasadnione w bardziej określonych przypadkach, gdy istnieją szczególne siły sprawcze.

Poziomy emisji i zużycia związane z zastosowaniem BAT należy brać pod uwagę wraz ze wszelkimi określonymi warunkami referencyjnymi (np. okresy uśredniania).

Opisane powyżej pojęcie "poziomy powiązane z BAT" należy odróżnić od pojęcia "osiągalny poziom" stosowanego w innych miejscach niniejszego dokumentu. W przypadku, gdy poziom jest opisywany jako "osiągalny" przy użyciu określonego środka/techniki lub kombinacji środków/technik, należy rozumieć, że za pomocą tych środków/technik można oczekiwać osiągnięcia poziomu w znacznym okresie czasu, w dobrze utrzymywanej i obsługiwanej instalacji lub procesie.

Gdy jest to możliwe, dane dotyczące kosztów podano wraz z opisem środków/technik przedstawionych w poprzedniej sekcji 3.4. Stanowią one przybliżone oszacowanie wielkości powiązanych kosztów. Jednakże rzeczywisty koszt zastosowania środka/techniki będzie w dużej mierze uzależniony od określonej sytuacji dotyczącej, na przykład, podatków, opłat, dopłat i właściwości technicznych danej instalacji. W niniejszym dokumencie nie jest możliwe dokonanie pełnej oceny takich specyficznych dla zakładu czynników. W przypadku braku danych dotyczących kosztów wnioski na temat żywotności ekonomicznej środków/technik wyciągane są z obserwacji istniejących instalacji.

BAT (włączając w to powiązane poziomy emisji i zużycia) podane w niniejszej sekcji to "BAT w sensie ogólnym" (czyli uznane za właściwe dla sektora jako całości). Zakłada się, że stanowią one punkt odniesienia, względem którego ocenia się bieżącą wydajność istniejącej instalacji lub propozycję nowej instalacji. W ten sposób będą one pomocne przy ustalaniu właściwych "opartych na BAT" warunków dla instalacji lub w ustanawianiu ogólnie obowiązujących przepisów zgodnie z artykułem 9(8) dyrektywy IPPC. Przewiduje się, że nowe instalacje można skonstruować tak, aby ich wydajność była równa lub wyższa niż poziomy BAT przedstawione w niniejszej sekcji. Uważa się także, że istniejące instalacje mogą zbliżyć się do poziomów BAT przedstawionych w niniejszej sekcji lub nawet je przekroczyć, z zastrzeżeniem technicznego i ekonomicznego zastosowania środków/technik w każdym przypadku.

O ile dokumenty referencyjne BAT nie ustanawiają prawnie wiążących norm, to mają one na celu informowanie przemysłu, państw członkowskich i społeczeństwa na temat najniższych poziomów emisji i zużycia, przy zastosowaniu określonych środków/technik. Należy ustalić odpowiednie warunki pozwolenia dla każdego określonego przypadku, biorąc pod uwagę cele dyrektywy IPPC i okoliczności lokalne.

W niniejszym dokumencie, BAT dla przemysłu tlenku magnezu (przy użyciu metody suchej) uwzględniają ogólne i szczegółowe środki/techniki mające zastosowanie dla przemysłu magnezji. "Najlepsze dostępne techniki" dla określonej instalacji stanowią zazwyczaj zastosowanie jednej techniki lub kombinację BAT wymienionych w niniejszej sekcji.

W przypadku, gdy środki/techniki określone indywidualnie jako BAT można stosować w kombinacji, skutki takiej kombinacji należy rozważyć podczas wyciągania wniosków dotyczących opartych na BAT warunków pozwolenia dla indywidualnych przypadków.

Zalecenie pomocne użytkownikom/czytelnikom niniejszego dokumentu:

Zdecydowanie zaleca się przeczytanie rozdziału 3.5 w połączeniu z sekcją 3.4, ponieważ należy uwzględnić podane w sekcji 3.4 uwagi dotyczące zastosowania środków/technik. Aby ułatwić czytelnikowi to zadanie, w sekcji 3.5 ujęto odniesienia do sekcji 3.4.

Poziomy emisji podane w niniejszej sekcji wyrażono na podstawie średniej dobowej i warunków standardowych. Zobacz poniższe definicje dotyczące warunków standardowych dla przepływów objętościowych i stężenia gazów spalinowych z pieca i podane także w glosariuszu:

m ³ /h	przepływ objętościowy: jeśli niniejszy dokument nie stanowi inaczej, przepływy objętościowe odnoszą się do 10% obj. tlenu i stanu standardowego
mg/m ³	stężenie: jeśli niniejszy dokument nie stanowi inaczej, stężenia substancji gazowych lub mieszanin substancji odnoszą się do suchych gazów spalinowych przy 10% obj. tlenu i stanie standardowym
stan standardowy	odnosi się do temperatury 273 K, ciśnienia 1013 hPa i gazu suchego.

Jak opisano we Wstępie, dokument ten nie sugeruje granicznych wartości emisji. Najlepsze dostępne techniki i przedstawione zakresy poziomów emisji lub zużycia powiązane z najlepszymi dostępnymi technikami (zakresy BAT-AEL) dotyczą instalacji o różnych rozmiarach pieców, różnych rodzajów pracy pieca, np. w sposób ciągły lub nieciągły i różnych godzin operacyjnych w roku. W niniejszym dokumencie nie można w pełni brać pod uwagę szczególnych okoliczności lokalnych. Określenie odpowiednich warunków pozwolenia wiąże się z uwzględnieniem specyficznych dla zakładu czynników lokalnych takich jak właściwości techniczne danej instalacji, jej położenie geograficzne oraz lokalne warunki środowiskowe. Nawet pojedynczy cel zapewnienia wysokiego poziomu ochrony środowiska naturalnego jako całości często obejmuje dokonywanie opartych na kompromisie osądów między różnymi rodzajami wpływów na środowisko, a na osądy te często będą wpływać okoliczności lokalne.

Chociaż próbuje się rozwiązać niektóre z tych problemów, nie można ich całkowicie rozpatrzyć w niniejszym dokumencie. Dlatego środki/techniki i poziomy przedstawione w niniejszej sekcji 3.5 niekoniecznie są odpowiednie dla wszystkich instalacji. Z drugiej strony obowiązek zapewnienia wysokiego poziomu ochrony środowiska naturalnego, włączając w to minimalizację dalekosiężnych lub transgranicznych zanieczyszczeń oznacza, że warunków pozwolenia nie można ustanawiać w oparciu o względy czysto lokalne. Dlatego sprawą najwyższej wagi jest, aby informacje zawarte w niniejszym dokumencie były w pełni brane pod uwagę.

3.5.1 System zarządzania środowiskowego (EMS)

Kilka technik zarządzania środowiskowego określa się jako BAT. Zakres (np. poziom szczegółowości) i charakter EMS (np. standardowy lub niestandardowy) będzie ogólnie związany z charakterem, skalą i złożonością instalacji oraz zakresem wpływu na środowisko, jaki może ona wywierać.

55. BAT to wdrożenie i przestrzeganie systemu zarządzania środowiskowego (EMS), który obejmuje, stosownie do okoliczności lokalnych, następujące funkcje (patrz sekcja 1.4.12 rozdział na temat cementu)

- (a) zaangażowanie kierownictwa najwyższego szczebla (zaangażowanie kierownictwa najwyższego szczebla jest traktowane jako warunek wstępny dla skutecznego stosowania innych funkcji EMS)
- (b) definicja polityki ochrony środowiska, która obejmuje stałe ulepszanie instalacji przez kierownictwo najwyższego szczebla
- (c) planowanie i ustanawianie niezbędnych procedur, celów i zadań, w połączeniu z planowaniem finansowym i inwestycjami
- (d) wdrożenie procedur, ze szczególnym uwzględnieniem:
 - struktury i odpowiedzialności
 - szkolenia, świadomości i kompetencji
 - komunikacji
 - zaangażowania pracownika
 - dokumentacji
 - skutecznego procesu kontroli
 - programu utrzymania
 - przygotowania i reagowania w nagłych wypadkach
 - zgodności ochrony z ustawodawstwem dotyczącym ochrony środowiska.
- (e) sprawdzanie wydajności i podejmowanie działań naprawczych, ze szczególnym uwzględnieniem:
 - monitorowania i pomiaru (Zobacz też dokument referencyjny na temat ogólnych zasad monitorowania [151, Komisja Europejska, 2003])
 - działań naprawczych i zapobiegawczych
 - prowadzenia ewidencji
 - niezależnego (tam, gdzie to możliwe) audytu wewnętrznego w celu ustalenia, czy system zarządzania środowiskowego jest zgodny z planowanymi uzgodnieniami i czy jest prawidłowo wdrażany i utrzymywany.
- (f) przegląd EMS i jego ciągłej przydatności, adekwatności i skuteczności przez kierownictwo najwyższego szczebla.

Poniżej wymieniono trzy kolejne funkcje i o ile funkcje te posiadają zalety, to EMS bez nich może stanowić BAT:

- posiadanie systemu zarządzania i procedury audytowej, które zostały zbadane i zatwierdzone przez akredytowany organ certyfikacji lub zewnętrznego weryfikatora EMS
- przygotowanie i publikacja (i ewentualnie zewnętrzna walidacja) regularnej deklaracji środowiskowej opisującej wszystkie istotne aspekty środowiskowe instalacji, umożliwiającej porównanie, z roku na rok, względem celów i zadań środowiskowych, a także względem benchmarków sektorowych, jeśli to właściwe
- wdrożenie i przestrzeganie międzynarodowo przyjętego dobrowolnego systemu takiego jak EMAS i EN ISO 14001:2004. Ten dobrowolny krok może nadać EMS większą wiarygodność. W szczególności EMAS, który obejmuje wszystkie wyżej wymienione funkcje, nadaje większą wiarygodność. Niemniej jednak niestandardowe systemy zasadniczo mogą być równie skuteczne pod warunkiem, że zostały właściwie opracowane i wdrożone.

Zwłaszcza dla przemysłu produkcji tlenku magnezu istotne jest także uwzględnienie następujących potencjalnych funkcji EMS:

- wpływ na środowisko naturalne ostatecznej likwidacji jednostki na etapie konstrukcji nowego zakładu
- opracowanie czystszych technologii i śledzenie zmian
- gdy jest to wykonalne, regularne stosowanie benchmarkingu sektorowego, włączając w to efektywność energetyczną i czynności w zakresie zachowania energii, wybór materiałów wsadowych, emisje do atmosfery, odprowadzanie do wody, zużycie wody i powstawanie odpadów.

3.5.2 Ogólne podstawowe środki/techniki - monitorowanie

56. BAT to przeprowadzanie regularnego monitorowania i pomiarów parametrów procesu i emisji, takich jak:

- a) ciągle pomiary parametrów procesu wykazujących stabilność procesu, takich jak temperatura, zawartość O₂, ciśnienie, przepływ
- b) monitorowanie i stabilizowanie krytycznych parametrów procesu, czyli podawanie surowca i paliwa, regularne dozowanie i nadmiar tlenu
- c) ciągle lub okresowe (co najmniej raz w miesiącu i w okresie największej spodziewanej emisji) pomiary pyłu, emisji NO_x, SO_x i CO.

3.5.3 Zużycie energii

Uwagi ogólne dotyczące zużycia energii można znaleźć w sekcjach 3.4.3 i 3.4.5.

57. BAT to redukcja zużycia energii cieplnej, w zależności od procesu i produktów, do 6-12 GJ/t przy zastosowaniu kombinacji następujących środków/technik:

- a) stosowanie ulepszonych i zoptymalizowanych systemów pieców oraz sprawnego i stabilnego procesu piecowego w drodze:
 - I. optymalizacji kontroli procesu
 - II. odzyskiwania ciepła z gazów spalinowych z pieca i chłodnic
- b) stosowanie paliw o właściwościach pozytywnie wpływających na zużycie energii cieplnej (patrz sekcje 3.2.2 i 3.4.5)
- c) ograniczanie nadmiaru powietrza

Zakres ten odzwierciedla jedynie informacje przewidziane dla rozdziału na temat tlenku magnezu w niniejszym dokumencie. Nie zostały przedstawione bardziej szczegółowe informacje na temat środków/technik o najlepszej wydajności wraz z wytwarzanymi produktami (patrz także sekcja 3.7).

Rozdział 2

W tym kontekście zobacz sekcje 3.4.3 i 3.4.5, gdzie przedstawiono kilka różnych środków/technik, które można zastosować do systemów piecowych, pojedynczo lub w kombinacji. Ponadto w tym kontekście zobacz też dokument referencyjny na temat najlepszych dostępnych technik w zakresie efektywności energetycznej [181, Komisja Europejska, 2008].

58. BAT to minimalizacja zużycia energii elektrycznej poprzez zastosowanie następujących środków/technik, pojedynczo lub w połączeniu:

- a) stosowanie systemów zarządzania energią
- b) stosowanie sprzętu do rozdrabniania i innego sprzętu napędzanego energią elektryczną o dużej efektywności energetycznej (patrz sekcja 3.4.3)

3.5.4 Emisje pyłów

3.5.4.1 Rozproszone emisje pyłów

Uwagi ogólne dotyczące emisji pyłów rozproszonych można znaleźć w sekcji 3.4.6.1.

59. BAT to minimalizacja/zapobieganie emisjom pyłów rozproszonych poprzez zastosowanie środków/technik dla czynności powodujących zapylenie, pojedynczo lub w połączeniu.

W tym kontekście zobacz sekcję 3.4.6.1, gdzie przedstawiono kilka różnych środków/technik, które można zastosować pojedynczo lub łącznie.

3.5.4.2 Skanalizowane emisje pyłów powstające w trakcie czynności powodujących zapylenie

W tej sekcji przedstawiono BAT dla emisji pyłów powstających w trakcie czynności powodujących zapylenie innych niż te podczas procesów wypalania w piecu. Uwagi ogólne dotyczące przekazywanych emisji pyłów można znaleźć w sekcjach 3.3.3.1 i 3.4.6.2.

60. BAT to redukcja przekazywanych emisji pyłów powstających z czynności powodujących zapylenie (patrz sekcja 3.4.6.2) do mniej niż 10 mg/Nm³ (BAT-AEL), jako średniej w okresie pobierania próbek (pomiar losowy, przez najmniej pół godziny), poprzez zastosowanie oczyszczania gazów odlotowych za pomocą filtra.

Należy zauważyć, że w przypadku niewielkich źródeł (< 10000 Nm³/h), należy uwzględnić podejście priorytetowe.

W tym kontekście zobacz sekcję 3.4.6.2, gdzie przedstawiono kilka różnych środków/technik, które można zastosować pojedynczo lub w połączeniu.

3.5.4.3 Emisje pyłów podczas procesu wypalania w piecu

W tej sekcji przedstawiono BAT dla emisji pyłów powstających podczas procesów wypalania w piecu. Uwagi ogólne dotyczące przekazywanych emisji pyłów można znaleźć w sekcjach 3.3.3.1 i 3.4.6.2.

61. BAT to redukcja emisji pyłów (cząstek stałych) z gazów odlotowych pochodzących z procesów wypalania w piecu do <20 – 35 mg/Nm³ (BAT-AEL), jako średniej wartości dobowej lub średniej w okresie pobierania próbek (pomiar losowy, przez najmniej pół godziny), poprzez zastosowanie oczyszczania gazów odlotowych za pomocą filtra.

W tym kontekście zobacz sekcję 3.4.6.1, gdzie przedstawiono kilka różnych środków/technik, które można zastosować pojedynczo lub w połączeniu.

3.5.5 Substancje gazowe

3.5.5.1 Ogólne podstawowe środki/techniki redukcji emisji substancji gazowych

Uwagi ogólne dotyczące emisji substancji gazowych można znaleźć w sekcjach 3.3.3.1, 3.4.4, 3.4.5 i 3.4.7.

62. BAT to redukcja emisji substancji gazowych (tj. NO_x, HCl, SO_x, CO) z gazów odlotowych pochodzących z procesów wypalania w piecu, poprzez zastosowanie następujących podstawowych środków/technik, pojedynczo lub łącznie:

- a) staranny dobór i kontrola substancji wprowadzanych do pieca
- b) zmniejszenie prekursorów zanieczyszczeń w paliwach i/lub surowcach, tj.
 - I. wybór paliw o niskiej zawartości siarki, jeśli są dostępne, chloru i azotu (patrz sekcja 3.4.5)
 - II. wybór surowców o niskiej zawartości materii organicznej (patrz sekcja 3.4.7.2)
 - III. wybór odpowiednich paliw odpadowych dla procesu i palnika (patrz sekcje 3.2.2 i 3.4.5).
- c) stosowanie środków/technik optymalizacji procesu w celu zapewnienia sprawnego i stabilnego procesu w piecu, przebiegającego blisko wymaganego stechiometrycznego współczynnika powietrza (patrz sekcja 3.4.4)

3.5.5.2 Emisje NO_x

Uwagi ogólne dotyczące emisji NO_x można znaleźć w sekcjach 3.3.3.1 i 3.4.7.1.

63. BAT to redukcja emisji NO_x z gazów spalinowych pochodzących z procesów wypalania w piecu do < 500 – < 1500 mg/Nm³ (BAT-AEL) jako średniej wartości dobowej podanej jako NO₂, poprzez zastosowanie kombinacji następujących środków/technik (patrz sekcja 3.4.7.1)

- a) wybór właściwych paliw wraz z ograniczoną zawartością azotu w paliwie, jeśli są one dostępne (patrz sekcja 3.4.5)
- b) optymalizacja procesu i udoskonalona technika wypalania (patrz sekcja 3.4.4 i 3.4.7.1).

Wyższe wartości BAT-AEL związane są z wysokotemperaturowym procesem DBM.

W tym kontekście zobacz sekcję 3.4.7.1, gdzie przedstawiono kilka różnych środków/technik. Jednak w momencie sporządzania rozdziału na temat przemysłu tlenku magnezu i niniejszej sekcji na temat BAT (2008), brak było znanych przykładów zastosowania SNCR lub SCR w tym sektorze. Wynika to z faktu, że proces produkcji tlenku magnezu jest procesem endotermicznym (500-800°C) nieosiągającym temperatur około 800 – 1100°C, w których działa SNCR. Dodatkowe ogrzewanie z powodu gazów odlotowych, które wynikają głównie z niepewności okresu trwałości katalizatorów oraz faktu, że gazy odlotowe powodują silne zanieczyszczenie. Przed zastosowaniem SNCR lub SCR w przemyśle tlenku magnezu należy przeprowadzić pewne badania i zmiany.

Ze względu na wysokie temperatury wypalania do 2200°C niezbędne do produkcji tlenku magnezu (DBM) nie stosuje się palników o niskiej emisji NO_x. Pracują one tylko w temperaturach do maksymalnie 1600°C.

W 2008 roku w przemyśle magnezji nie stosowano stopniowego spalania i zanim będzie to możliwe, należy je nadal rozwijać.

3.5.5.3 Emisje CO i piki CO

3.5.5.3.1 Emisje CO

Uwagi ogólne dotyczące emisji CO można znaleźć w sekcji 3.4.7.2.

64. BAT to redukcja emisji CO z gazów spalinowych pochodzących z procesów wypalania w piecu do $< 50 - < 1500 \text{ mg/Nm}^3$ (BAT-AEL) jako średniej wartości dobowej poprzez zastosowanie kombinacji następujących środków/technik:

- wybór, jeśli to możliwe, surowców o niskiej zawartości materii organicznej
- optymalizacja kontroli procesu
- kontrolowanie podawania paliw, w stały i ciągły sposób.

W tym kontekście zobacz sekcję 3.4.7.2, gdzie przedstawiono kilka różnych środków/technik, które można zastosować pojedynczo lub w połączeniu.

3.5.5.3.2 Redukcja pików CO

Uwagi ogólne dotyczące pików CO można znaleźć w sekcji 3.4.7.2.

65. Poprzez zastosowanie ESP, BAT ma zminimalizować liczbę pików CO poprzez zastosowanie następujących środków/technik (patrz sekcje 3.4.6.2.1 i 3.4.7.2):

- redukcja przestoju ESP
- ciągłe automatyczne pomiary CO
- stosowanie szybkiego sprzętu do pomiaru i kontroli, w tym systemu monitorowania CO z krótkim czasem reakcji oraz znajdującym się blisko źródła CO.

W tym kontekście zobacz także rozdział na temat cementu (sekcja 1.4.5.3) i rozdział na temat wapna (sekcja 2.4.6.3), gdzie przedstawiono kilka różnych środków/technik, które można zastosować pojedynczo lub w połączeniu. Ponadto zobacz sekcję 4.2.6, gdzie przedstawiono wskazówki dotyczące kontroli pików CO.

3.5.5.4 Emisje SO_x

Uwagi ogólne dotyczące emisji SO_x można znaleźć w sekcjach 3.3.3.1, 3.4.4, 3.4.5 i 3.4.7.3.

66. BAT to redukcja emisji SO_x z gazów spalinowych pochodzących z procesów wypalania w piecu poprzez zastosowanie następujących podstawowych i pomocniczych środków/technik:

- stosowanie środków/technik optymalizacji procesu (patrz sekcje 3.4.4)
- wybór paliw o niskiej zawartości siarki, jeśli są one dostępne (patrz sekcja 3.4.5)
- stosowanie technik dodawania absorbentu np. dodawanie absorbentu, oczyszczanie suchych gazów odlotowych za pomocą filtra, płuczki mokrej, węgla aktywnego (patrz sekcja 3.4.7.3).

Poniższe poziomy emisji SO_x stanowią BAT-AEL:

Parametr	Jednostka	BAT-AEL ¹⁾³⁾ (średnia wartość dobowa)
SO _x wyrażony jako SO ₂ Zawartość siarki w surowcu $<0,10 \%$	mg/Nm ³	<50
SO _x wyrażony jako SO ₂ Zawartość siarki w surowcu $0,10 - 0,25 \%$	mg/Nm ³	$50 - 250$
SO _x wyrażony jako SO ₂ Zawartość siarki w surowcu $>0,25$	mg/Nm ³	$250 - 400^{2)}$

¹⁾ Zakresy zależą od zawartości siarki w surowcach, np. w przypadku wykorzystania surowców o niskiej zawartości siarki, niższe poziomy w ramach zakresów stanowią BAT, a

w przypadku wykorzystania surowców o wyższej zawartości siarki, wyższe poziomy w ramach zakresów stanowią BAT

²⁾ Związane ze składami surowców poziomy emisji SO₂ mogą w wyjątkowych przypadkach przekraczać 400 mg/Nm³

³⁾ Należy wziąć pod uwagę Oddziaływanie na procesy i środowisko, aby ocenić najlepszą kombinację BAT w celu redukcji emisji SO_x

Tabela 3.11: Powiązane z BAT poziomy emisji dla SO_x z gazów odlotowych pochodzących z procesów wypalania w piecu w przemyśle magnezji

3.5.6 Straty/odpady procesowe

Uwagi ogólne dotyczące strat procesowych/odpadów można znaleźć w sekcjach 3.3.3.2 i 3.4.8.

67. BAT to ponowne wykorzystanie zgromadzonych cząstek stałych (różne rodzaje pyłów węglanu magnezu) w procesie, tam, gdzie jest to możliwe.

68. Jeśli różne rodzaje zgromadzonych pyłów węglanu magnezu nie nadają się do recyklingu, BAT to wykorzystanie tych pyłów dla potrzeb innych nadających się do sprzedaży produktów, gdy jest to możliwe.

69. BAT to ponowne wykorzystanie osadu powstającego w wyniku mokrego procesu odsiarczania gazów odlotowych w procesie lub w innych sektorach.

3.5.7 Hałas

Uwagi ogólne dotyczące hałasu można znaleźć w sekcjach 3.3.3.4 i 3.4.9.

70. BAT to redukcja/minimalizacja emisji hałasu powstających podczas procesów produkcji tlenku magnezu przy zastosowaniu kombinacji następujących środków/technik (patrz sekcja 3.4.9):

- a) obudowanie powodujących hałas czynności/jednostek
- b) minimalizacja hałasu za pomocą dźwiękoszczelnych budynków
- c) izolacja przewodów i dmuchaw znajdujących się w budynkach dźwiękoszczelnych
- d) stosowanie ścian chroniących przed hałasem i/lub naturalnych barier przeciwhałasowych
- e) stosowanie tłumików wylotowych dla kominów,
- f) stosowanie tłumików dla wentylatorów filtrów
- g) stosowanie modułów dźwiękoszczelnych dla urządzeń technicznych (np. sprężarki)
- h) stosowanie osłon gumowych dla rozdrabniarek (unikając kontaktu metalu z metalem)
- i) postawienie budynków lub posadzenie drzew i krzewów między obszarem chronionym, a czynnością wywołującą hałas
- j) zamykanie drzwi i okien chronionych obszarów.

3.5.8 Wykorzystanie odpadów jako paliw i/lub surowców

Uwagi ogólne dotyczące wykorzystania odpadów można znaleźć w sekcjach 3.2.2 i 3.4.5. W tym kontekście zobacz też WID [59, Unia Europejska, 2000].

71. Przy wykorzystywaniu odpadów, BAT to:

- a) wybór odpowiednich odpadów dla procesu i palnika (patrz sekcje 3.2.2 i 3.4.5)
- b) stosowanie systemów zapewnienia jakości w celu zagwarantowania właściwości odpadów oraz analizy wszelkich odpadów, które mają zostać wykorzystane, pod kątem:

I. dostępności

II. stałej jakości

III. kryteriów fizycznych, np. tworzenie emisji, grubość, reaktywność, palność, wartość opałowa

IV. kryteriów chemicznych, np. chlor, siarka, zawartość alkaliów i fosforanów i zawartość odpowiednich metali

c) kontrola wysokości odpowiednich parametrów dla odpadów, które mają zostać wykorzystane, takich jak całkowita zawartość halogenów, metali (np. całkowita zawartość chromu, ołowiu, kadmu, rtęci, talu) i siarki

W tym kontekście, przy współspalaniu odpadów muszą być spełnione wymogi dyrektywy spalania (WID) [59, Unia Europejska, 2000]

3.6 Nowe techniki

Nie dostarczono jeszcze nowych technik dla przemysłu tlenku magnezu przy użyciu metody suchej.

3.7 Wnioski i zalecenia

Synchronizacja procesu pracy

We wrześniu 2005 r. odbyło się spotkanie inauguracyjne celem dokonania przeglądu dokumentu BREF na temat cementu i wapna. TWG postanowiła rozszerzyć zakres tego dokumentu i dołączyć do BREF na temat cementu i wapna dodatkowy sektor przemysłowy na temat produkcji tlenku magnezu (MgO/magnezja) z wykorzystaniem metody suchej. Po okresie gromadzenia informacji i danych w lutym 2007 odbyło się drugie spotkanie TWG w celu sprawdzenia i uzgodnienia informacji i danych, które należy wykorzystać do zmiany dokumentu BREF. Ponadto TWG poprosiła o wyjątek proceduralny dla procesu przeglądu niniejszego dokumentu, celem podziału dyskusji na sekcje 1-4 i sekcje BAT dla trzech rozdziałów na temat cementu, wapna i tlenku magnezu.

W oparciu o wnioski TWG i biorąc pod uwagę ogólny harmonogram przeglądu dokumentów BREF (grudzień 2005), IEF zgodziło się podzielić dyskusje na sekcje 1 – 4 i sekcje BAT dla trzech rozdziałów na temat cementu, wapna i tlenku magnezu.

Wymiana informacji dla przemysłu tlenku magnezu z wykorzystaniem drogi procesu suchego odbywała się od 2006 do 2008 w ramach międzynarodowej technicznej grupy roboczej. Opracowanie rozdziału na temat MgO niniejszego dokumentu bazowało na dostarczonych informacjach i uwagach wynikających z dwóch konsultacji i spotkania końcowego.

Pierwsza wersja robocza, obejmująca skorygowane sekcje 1 – 4 i 6 trzech rozdziałów na temat cementu, wapna i tlenku magnezu została wydana dla celów konsultacyjnych we wrześniu 2007. Druga część pierwszej wersji roboczej obejmująca sekcje dotyczące technik, które należy wziąć pod uwagę przy ustalaniu BAT (sekcje 1.4, 2.4 i 3.4) i sekcje BAT (sekcje 1.5, 2.5 i 3.5) trzech rozdziałów została wydana dla celów konsultacyjnych w maju 2008. Spotkanie końcowe TWG odbyło się we wrześniu 2008.

Projekt na temat pierwszej korekty niniejszego dokumentu, który zapoczątkował przegląd pierwszej serii dokumentów BREF, wzbudził ogromne zainteresowanie. W chwili ostatecznego posiedzenia plenarnego TWG liczyła ponad 110 członków.

Na podstawie ogólnego harmonogramu przeglądu dokumentów BREF (grudzień 2005) przegląd dokumentu BREF na temat cementu oraz wapna nie wiązał się z pełnym ponownym opracowaniem pierwszego dokumentu przyjętym w grudniu 2001, lecz aktualizował istniejący i obejmował poddane przeglądowi informacje dodatkowe (na przykład dotyczące technik), gdyż mogły one mieć wpływ na wnioski odnośnie BAT. Wymiana informacji i gromadzenie danych opierało się na życzeniach TWG oraz na wnioskach uzgodnionych podczas drugiego spotkania TWG (styczeń 2007). W tym procesie nie wykorzystano dokumentu przewodniego na temat gromadzenia danych, uzgodnionego przez IEF w kwietniu 2008.

Źródła informacji, opracowanie niniejszego rozdziału na temat MgO oraz luki informacyjne

Rozdział na temat MgO opracowano od podstaw i bazuje on na sześciu dokumentach oraz pięciu źródłach informacji pochodzących zarówno z przemysłu, jak i jednego państwa członkowskiego. Sprawozdania zostały przekazane przez EUROMINES, stowarzyszenie branżowe reprezentujące europejskich producentów MgO i państwo członkowskie Austrię. Dokumenty te można uznać za elementy konstrukcyjne rozdziału na temat MgO niniejszego dokumentu.

Dodatkowe przydatne informacje uzyskano dzięki wizycie w jednym z zakładów produkcji MgO w Austrii.

Rozdział 2

Należy zauważyć, że w oparciu o dostępne informacje w roku 2008 w UE-27 istniało tylko dziewięciu znanych producentów tlenku magnezu posiadających 14 zakładów, istnieje więc odpowiednio mała liczba zakładów produkujących spiekany tlenek magnezu.

Pomimo wielu bardzo przydatnych informacji i uwag dotyczących kilku kwestii, należy zwrócić uwagę na pewne informacje i dane oraz niektóre odpowiadające skutki dla niniejszego rozdziału na temat MgO:

- brak informacji dotyczących zużycia energii dla różnych rodzajów pieców wraz z określonymi produktami i danymi na temat najlepszej wydajności. Odnośnie konkluzji BAT w sprawie zużycia energii (BAT 58, sekcja 3.5.3) zakres odzwierciedla jedynie informacje dla niniejszego dokumentu BREF. Bardziej szczegółowe informacje dotyczące technik o najlepszej wydajności wraz z wytwarzanymi produktami nie zostały przedstawione
- brak informacji dotyczących monitorowania i częstotliwości monitorowania, np. w przypadku pomiarów okresowych
- w 2008 r. w celu ograniczenia i redukcji emisji NO_x zastosowano jedynie podstawowe środki/techniki. Pomocnicze środki/techniki, np. SCR, SNCR nie są jeszcze stosowane w przemyśle MgO z różnych przyczyn technicznych; niemniej jednak należy zbadać tę kwestię. Odnośnie tej kwestii, do konkluzji BAT na temat emisji NO_x dodano wyjaśnienie (BAT 63, sekcja 3.5.5.2)
- brak informacji dotyczących emisji SO_x pochodzących z jednej strony z surowca i z drugiej strony z paliw, wraz z informacjami na temat technik ograniczania
- brakuje informacji dotyczących częstotliwości i czasu trwania automatycznych wyłączeń z powodu nadmiernej ilości CO w przypadku zastosowania ESP, tak, że odpowiednia konkluzja BAT bazuje na podejściu jakościowym
- brak jakichkolwiek informacji odnośnie nowych technik.

Poziom porozumienia podczas końcowego spotkania TWG

Wnioski z prac dotyczące rozdziału na temat MgO uzgodniono podczas końcowego spotkania TWG we wrześniu 2008. Głównymi elementami dyskusji podczas tego końcowego spotkania TWG były konkluzje BAT. Sugestie BAT dla przemysłu MgO omówiono indywidualnie.

Kolejnym punktem dyskusji było wyraźne podkreślenie w sekcji na temat wniosków i zaleceń trudności w obsłudze informacji, które otrzymano bardzo późno w trakcie końcowego spotkania TWG oraz po ostatnim spotkaniu. Jest to szczególnie istotne w przypadku informacji i danych dotyczących stosowania koksów naftowego bogatego w siarkę, odpowiednich początkowych emisji SO_x oraz dostępności i stosowalności technik redukcji SO_x. TWG wskazała i wywnioskowała, że, ogólnie rzecz biorąc, w przypadku redukcji substancji gazowych, BAT to zastosowanie podstawowych środków/technik, indywidualnie lub w połączeniu (patrz sekcja 3.5.5.1, BAT 62). Ponadto TWG stwierdziła, że w przypadku redukcji emisji SO_x, BAT to zastosowanie kombinacji podstawowych i pomocniczych środków/technik (patrz sekcja 3.5.5.4, BAT 66).

Podczas spotkania końcowego miała także miejsce szczegółowa dyskusja dotycząca BAT-AEL dla emisji SO_x, szczególnie w przypadku zawartości siarki w surowcu > 0,25% (zobacz 66 BAT w sekcji 3.5.5.4). Kilku członków TWG reprezentujących przemysł tlenku magnezu było zdania, że ta najlepsza dostępna technika BAT-AEL nie może zostać osiągnięta ze względu na bardzo wysokie wyjściowe poziomy SO_x wynikające głównie ze stosowania paliw bogatych w siarkę. Jednakże szczegółowe przekonujące argumenty techniczne określały, że przy użyciu kombinacji podstawowych i pomocniczych środków/technik (zobacz BAT 62 i BAT 66), można osiągnąć emisje SO_x 400 mg/Nm³ (jako dobową wartość średnią). Członkowie TWG nie mogli podać przesłanki potwierdzającej BAT-AEL SO_x powyżej 400 mg/ Nm³. Jednakże TWG uzgodniła, że w wyjątkowych przypadkach, ze względu na składy surowców, poziomy emisji SO₂ mogły być wyższe niż 400 mg/Nm³. Członkowie TWG reprezentujący przemysł tlenku magnezu nawiązali do bardzo wysokich

Rozdział 2

wyjściowych poziomów SO_x przed ograniczeniem poprzez wykorzystywanie bogatego w siarkę koksu naftowego jako jedyne paliwa.

Wskazano, że na rynku dostępnych jest kilka rodzajów koksu naftowego. Informacje dotyczące wyboru paliwa wraz z porównaniem paliw w odniesieniu do określonych kosztów i zawartości siarki są dostępne w dokumencie BREF (patrz sekcja 3.4.5, rysunek 3.13). Niemniej jednak nie dostarczono informacji dotyczących różnych rodzajów koksu naftowego zawierającego różne ilości siarki. Ponadto stosując przejście na paliwo inne niż koks naftowy lub nawet na rodzaj koksu naftowego zawierający mniej siarki, jeśli jest to możliwe, można zredukować wyjściowy poziom SO_x (patrz sekcja 3.5.5.1, BAT 62). Dodatkowo należy zastosować kombinację podstawowych i pomocniczych środków/technik, jak stwierdzono w BAT 66 (patrz sekcja 3.5.5.4). Ponadto należy uwzględnić oddziaływanie na procesy i środowisko, aby ocenić najlepszą kombinację BAT w celu redukcji emisji SO_x. Artykuł 9 (4) dyrektywy IPPC (2008/1/WE) można wykorzystać w odniesieniu do lokalnych okoliczności, które mogłyby uzasadnić warunki pozwolenia.

Podczas spotkania końcowego TWG we wrześniu 2008, osiągnięto wysoki poziom porozumienia w zakresie BAT (najlepszych dostępnych technik) dla przemysłu MgO i nie odnotowano żadnych sprzecznych poglądów. Dlatego – jak również można zauważyć, patrząc wstecz na przestrzeni całego okresu wymiany informacji – proces wymiany informacji można uznać za pomyślny.

Zalecenia dla dalszych prac

Wymiana informacji i jej wynik dla przemysłu tlenku magnezu, czyli rozdział na temat tlenku magnezu niniejszego dokumentu, stanowią ważny krok w osiągnięciu zintegrowanego zapobiegania i kontroli zanieczyszczeń dla produkcji tlenku magnezu. Dalsze prace w zakresie następujących kwestii mogą kontynuować proces:

- gromadzenie danych w drodze uwzględnienia wytycznych określonych w dokumencie przewodnim IEF wydanym w kwietniu 2008, aby umożliwić ocenę wydajności niektórych środków/technik na poziomie zakładu, zwłaszcza potencjalnych BAT
- gromadzenie danych kosztowych (np. koszty inwestycyjne, operacyjne) dotyczących wszystkich środków/technik w celu uwzględnienia przy oznaczaniu BAT
- gromadzenie danych kosztowych wraz ze skutecznościami redukującymi środków/technik ograniczania
- gromadzenie informacji i danych dotyczących opcji dla minimalizacji zużycia energii lub zwiększenia efektywności energetycznej
- gromadzenie informacji dotyczących monitorowania i częstotliwości monitorowania oraz ich dalsze badanie, np. w przypadku pomiarów okresowych, tak aby władze mogły sprawdzić zobowiązania/warunki pozwolenia
- badanie zmian wprowadzanych do dokumentu referencyjnego na temat ogólnych zasad monitoringu
- gromadzenie informacji dotyczących zużycia energii dla różnych rodzajów pieców wraz z określonymi produktami
- prowadzenie badań i rozwoju w celu zastosowania SNCR lub SCR w celu redukcji emisji NO_x w przemyśle tlenku magnezu i gromadzenie informacji i danych dotyczących tej kwestii
- gromadzenie informacji dotyczących zawartości siarki w surowcach i paliwach wraz z danymi ekonomicznymi
- dalsze badanie i gromadzenie dodatkowych informacji dotyczących stosowalności środków/technik ograniczania SO_x (podstawowe i pomocnicze środki/techniki), ich potencjalnego oddziaływania na procesy i środowisko, dostępności paliw o niskiej zawartości siarki, stosowalności przejścia na paliwo o niskiej zawartości siarki i gromadzenie informacji dotyczących emisji SO_x wynikających z surowców i/lub paliw
- badanie i gromadzenie danych dotyczących częstotliwości i czasu trwania pików CO przy stosowaniu ESP

- badanie, czy dostępne są nowe techniki.

Sugerowane tematy dla przyszłych prac z zakresu badań i rozwoju

W szczególności odnośnie sekcji nowych technik (sekcja 3.6), niektóre przyszłe prace z zakresu badań i rozwoju nadal będą konieczne i przydatne dla celów zbadania, czy istnieją nowe techniki dla przemysłu tlenku magnezu, tak, aby techniki te można było w przyszłości uwzględnić przy określaniu BAT dla przemysłu tlenku magnezu.

Poza tym WE uruchamia i wspiera, poprzez swoje programy RTD, szereg projektów zajmujących się czystymi technologiami, nowymi technologiami oczyszczania ścieków i recyklingu oraz strategiami zarządzania. Potencjalnie projekty te mogą stanowić przydatny wkład w przyszłe przeglądy BREF. Dlatego zachęca się czytelników do informowania EIPPCB o wszelkich wynikach badań, które odnoszą się do zakresu niniejszego dokumentu (patrz również wstęp do niniejszego dokumentu).

REFERENCJE

- 3 Austria, U. (1997). "Basic criteria for BAT cement/Information for cement and lime BREF 2001", UBA-IB-560 September 1997.
- 4 Austria, U. (1998). "BAT bei Anlagen zur Zementherstellung M-105 (1998) /Information for cement and lime BREF 2001", M-105 (1998).
- 8 CEMBUREAU (2001). "Information for cement industry/Information for cement and lime BREF 2001".
- 9 CEMBUREAU (1997 November). "BAT for the cement industry, November 1997 / Information for cement and lime BREF 2001".
- 10 Cementa AB/Hagström, P. (1994). "Underlag för omprövning av utsläppsvillor / Information for reconsideration and updating of permit conditions 1994 obtained during a plant visit 1997 and information communicated at other occasions / Information for cement and lime BREF 2001".
- 11 Coulburn, D. (2001). "Information for cement and lime BREF 2001".
- 12 Netherlands (1997). "Dutch notes on BAT for the production of cement clinker/Information for cement and lime BREF 2001".
- 16 EuLA (2001). "Information for cement and lime BREF 2001".
- 18 Göller (2001). "Information for cement and lime BREF 2001".
- 19 Haugh (2001). "Information for cement and lime BREF 2001".
- 20 Rother, W. (1996 January,). "International Cement Review/Exhaust gas emissions/Available control technology for gaseous emissions in cement plants / Information for cement and lime BREF 2001".
- 21 BCA (1997 October). "International Cement Review/Information for cement and lime BREF 2001".
- 22 Japan, C. A. (1996). "Information for cement and lime BREF 2001".
- 23 de Jonge, L. (2001). "Information for cement and lime BREF 2001".
- 24 Junker, P. (2001). "Information for cement and lime BREF 2001".
- 27 University of Karlsruhe, G. (1996). "Emission Control at Stationary Sources in the Federal Republic of Germany - Volume II, Heavy Metal Emission Control (August 1996), (UBA Research report 104 02 360 (January 1997))", UBA Research report 104 02 360 (January 1997).
- 29 Lohse, J. (2001). "Information for cement and lime BREF 2001".
- 30 Marchal, F. (2001). "Information for cement and lime BREF 2001".
- 31 LUA NRW, G. (1997). "LUA-Materialien No. 43, Identification of Relevant Industrial Sources of Dioxins and Furans in Europe, The European Dioxin Inventory, (1997)".
- 37 UK (1996). "UK IPC Note: Cement Manufacture, Lime Manufacture and Associated Processes, IPC Guidance Note S2 3.01 (1996) / Information for cement and lime BREF 2001".

Rozdział 2

38 UK (1996). "Technical and Economic Review of Cement and Lime Processes (1996), Contract Ref: HMIP/CPR2/41/197 / Information for cement and lime BREF 2001".

39 Ullmann's (1986). "Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 5th edition, Vol. A 5, 489-537 (1986), Cement and Concrete / Information for cement and lime BREF 2001".

40 Ullmann's (1990). "Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 5th edition, Vol. A 15, 317-345 (1990), Lime and Limestone / Information for cement and lime BREF 2001".

41 Kupper/Brentrup (1992). "SNCR technology for NO_x reduction in the cement industry, World Cement, p. 4-8, March 1992 / Information for cement and lime BREF 2001".

42 Billhardt/Kuhlmann/Ruhland/Schneider/Xeller (1996 October). "Current state of No_x abatement in the cement industry/Information for cement and lime BREF 2001", ZKG International, Volume 49, No. 10, p. 545-560, (1996).

43 Wulf-Schnabel/Lohse (1998). "Economic evaluation of NO_x abatement techniques in the European Cement Industry, Report compiled for DG XI, Contract N° B4- 3040/98/000232/MAR/E1 / Information for cement and lime BREF 2001".

44 EuLA (2006). "Draft lime sector Chapter 2.1 and 2.2".

45 Schorcht, F. (2006). "Personal Communication by site visits".

46 Germany (2006). "German contribution part I: Lime manufacturing industries", Compilation by German National Working group and German lime industry.

47 European Commission (2004). "Reference Document on Best Available Technique for Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities".

48 European Commission (2005). "Reference Document on Best Available Techniques for Management of the Waste Treatments Industries".

49 European Commission (2000). "European waste catalogue", 2000/532/EC2, (2001/573/EC).

50 Germany (2006). "German contribution: Use of alternative fuels in lime manufacturing", Compilation by German National Working group and German lime industry.

51 EuLA (2006). "Use of alternative fuels in lime manufacturing".

53 Norsk Hydro Norway (2001). "Performance figures for a gas suspension calcination lime plant (GSC plant)".

54 EuLA (2006). "Draft lime sector Chapter 2.3 and 2.4 and additional information on these chapters".

55 Spain (2006). "Energy consumption by various types of lime kilns".

56 EuLA (2006). "Metals database EuLA".

57 European Commission (2005). "Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration Industries".

58 European Commission (2003). "Reference Document on Best Available Technique for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector".

Rozdział 2

59 European Union (2000). "Directive 2000/76/EC of the European Parliament and of the Council of 4 December 2000 on the incineration of waste", 2000/76/EC.

60 VDI 2094 Germany (2003). "Emissionsminderung Zementwerke/Emission control cement industry, VDI 2094, March 2003".

61 France (2006). "Cost calculation regarding abatement techniques in lime industry (ESP fabric filter, deduster)", contribution for review.

62 France/DFIU/IFARE Karlsruhe (2004). "EGTEI - Draft background document on lime sector".

63 Finland (2006). "Contributions: Information and emissions from Finnish cement and lime plants".

64 Czech Republic (2006). "The lime industry in the Czech Republic".

65 Finland (2006). "Template Emission components - Saxo Mineral Finland - lime".

66 Austria (2006). "The Austrian lime industry".

67 Austria (2006). "Plant visit report Austria May 2006".

68 EuLA (2006). "Database emissions lime manufacturing".

70 Hungary (2006). "Raw material characteristics from Labatlan lime plant in Hungary".

71 Hungary (2006). "Information regarding Hungarian lime industry and measurements".

72 CEMBUREAU (2006-2008). "General information about cement industry, updates 2006, 2007 and 2008".

73 CEMBUREAU (2006). "Existing national and international legislation and emission limits".

74 CEMBUREAU (2006). "2004 and 2005 statistics on the use of alternative fuels and materials in the clinker production in the European cement industry".

75 Estonia (2006). "Review to BREF for Kunda, cement manufacturing and annexes".

76 Germany, V. (2006). "Cement manufacturing industries, German contribution".

78 E. Baatz + G. Heidt (2000). "First waste heat power generating plant using the Organic Rancine Cycle Process for utilizing residual clinker cooler exhaust air".

79 Germany (2001). "Niedertemperaturverstromung mittels einer ORC-Anlage im Werk Lengfurt der Heidelberger Zement AG, Messergebnisse".

80 Alvaro A. Linero (2006). "Trip report on SCR experiences at Solnhofer Portland Zementwerke, Cementeria de Monselice and ASM Brescia waste-to energy plant".

81 Castle Cement UK (2006). "Presentations and contributions from British cement plants during site visits".

82 CEMEX Rugby UK (2006). "Presentations and contributions from British cement plants during site visits".

83 CEMBUREAU (2006). "Guideline on CO trips".

Rozdział 2

- 84 CEMBUREAU (2006). "Specific energy consumption".
- 85 CEMBUREAU (2006). "Contributions on NO_x abatement".
- 86 EURITS (2006). "Contribution: Template for the review of the cement and lime BREF".
- 87 European Commission (2001). "Reference Document on Best Available Technique on the Production of Iron and Steel".
- 88 SINTEF (2006). "Formation and Release of POPs in the Cement Industry".
- 89 ERFO, T., Glorius, Scorbil, (2005). "Classification of solid recovered fuels".
- 90 Hungary (2006). "Hungarian cement industry".
- 91 CEMBUREAU (2006). "Air emissions and alternative fuels in the European cement industry".
- 92 Austria (2006). "Austrian cement industry", Contribution with Annexes 1,2 and 3.
- 93 EuLA (2006). "NO_x abatement in the lime industry".
- 94 European Union (2004). "Directive 2004/8/EC of the European Parliament and the Council of 11 February 2004 on the promotion of cogeneration based on a useful heat demand in the integral energy market and amending Directive 92/42/EEC".
- 95 Sweden (2006). "SNCR principle of selective non-catalytic reduction of nitrogen oxides (NO, NO_x)".
- 96 European Commission (2006). "Reference Document on Best Available Technique on emissions from storage of bulk or dangerous materials".
- 97 CEMBUREAU (2007). "Behaviour of SO₂ in the clinker burning process".
- 98 European Commission (2000). "Commission Decision 2000/532/EC of 3 May 2000 replacing Decision 94/3/EC establishing a list of wastes pursuant to Article 1(a) of Council Directive 75/442/EEC on waste and Council Decision 94/904/EC establishing a list of hazardous waste pursuant to Article 1(4) of Council Directive 91/689/EEC on hazardous waste (notified under document number C(2000) 1147) (Text with EEA relevance)".
- 99 European Union (2003). "Directive 2003/87/EC of the European Parliament and the Council of 13 October 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC".
- 100 France (2006). "Cost calculation regarding abatement techniques in cement industry (ESP, bag filter, deduster, SNCR, NO_x primary technologies, absorbent injection, wet scrubber)", contribution for review.
- 101 France/ADEME/MEDD (2002). "The French Cement Industry Guide to NO_x Emission reduction Measures", contribution for review.
- 102 France/DFIU/IFARE Karlsruhe (2003). "EGTEI - Draft background document on cement sector", contribution for review.
- 103 CEMBUREAU (2006). "Additional contributions, e.g. types of cement and composition, information on chromates, information on why the cement industry has started to use AFR,

Rozdział 2

contributions to the pre-draft of the revised CL BREF, composition information for grey cement", contribution for BREF review.

104 HOLCIM/GTZ (2006). "Guidelines on Co-processing Waste Materials in Cement Production".

105 YARA, M. R. L. (2006). "Contribution on cement industry, NO_x abatement".

107 Belgium (2006). "Presentations and contributions from Belgium cement plant in Lixhe during site visit".

108 European Commission (2006). "Reference Document on Best Available Technique for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals - Solids and Others Industry (LVIC-S): Chapter 7.7 Magnesium compounds".

109 RHI AG (2006). "Magnesia production from magnesite (natural process)".

110 Spanish MgO producers (2006/2008). "Magnesia production from magnesite (natural process) and information regarding CO, noise emissions and sulphur content in the raw materials as well as additional information regarding dust emission levels achieved in a Spanish MgO plant by using fabric filters".

111 European Union (2003). "Directive 2003/53/EC of the European Parliament and of the Council of 18 June 2003 amending the 26th time Council Directive 76/769/EEC relating to restrictions on the marketing and use of certain dangerous substances and preparations (nonylphenol, nonylphenol ethoxylate and cement)".

112 Czech Republic (2006). "The cement industry in the Czech Republic".

113 Ireland (2007). "Report of PM 10's and PM 2.5's from air emission point".

114 Sweden (2006). "SNCR technique and NO_x emissions in Swedish cement plants".

116 France (2002). "The French Cement Industry Guide to NO_x Emission Reduction Measures".

117 Germany (2000). "Grundsatzuntersuchung über die Ermittlung der Korngrößenverteilung im Abgas verschiedener Emittenten".

118 Germany (2007). "Additional contributions regarding cement production, e.g. white cement manufacture, dedusting cement kilns with fabric filters, surface filters, sintered lamella filters".

119 Sobolev, K. (2001). "White cement: Problems of production and quality", Cement and Concrete World, Turkey, pp. pp. 34-42.

120 Spain (2007). "Information on white cement production".

122 European Commission (2004). "Commission's Decision of 29 January 2004 establishing guidelines for the monitoring and reporting of greenhouse gas emissions pursuant to Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council".

123 Ireland (2005). "Contributions regarding summary statement following short term SNCR trials at Limerick Works of Irish Cement".

124 European Commission (2001). "Reference Document on the Best Available Technique in the Pulp and Paper Industry".

Rozdział 2

125 European Commission (2006). "Reference Document on the Best Available Technique in the Food, Drink and Milk Industry".

126 Oates, J. A. H. (1998). "Lime and Limestone: Chemistry and Technology, Production and Uses", ISBN-10: 3527295275/ ISBN-13: 978-3527295272.

127 Portugal (2007). "Portuguese Natural Hydraulic Lime Plants - volatile organic carbon emissions".

128 Portugal (2007). "Portuguese Natural Hydraulic Lime Plants - carbon monoxide emissions".

129 EuLA (2006). "Database emissions from lime kilns".

130 Drnek/Maier (2007). "The impact of environmental legislation on the economics of magnesia production".

131 YARA, M. R. L. (2007). "Contribution on cement and lime industries, SNCR in cement and lime production - reducing agents".

132 CEMBUREAU/Federhen (2007). "Contribution: Dry scrubber".

133 CEMBUREAU/Federhen (2007). "Co-generation of power from waste heat".

134 CEMBUREAU/Federhen (2007). "Technical application of fibres in cement manufacturing process and cement works".

135 CEMBUREAU/Federhen (2007). "Contribution: Hybrid dust collector".

136 European Commission, C., March Consulting Group, MAIN Management e Ingeneria Consultores (1993). "Energy Technology in the Cement Industrial Sector", Final Report, Contract No XVII/4.1000/E/91-16.

137 Klein/Hoenig (2006). "Model calculation of the fuel requirement for the clinker burning process", Cement International, reprint from 3/2006, FIZ 2006, pp. 44-63.

138 Italy (2007). "Raw materials for white clinker production in Italy".

139 Italy (2007). "Italian lime production".

140 Italy (2007). "Cement plant-Monselice Cement Works, SCR installation".

141 Leibacher/Bellin/Linero (2007). "High dust SCR succeeds at Cementeria di Monselice".

142 EnvNGO/Tebert (2007). "CO-Minderung bei Kalköfen".

143 Williams, P. T. (2005). "Waste Treatment Disposal", 0470849126.

144 Adlhoch, H.-J. (1996). "Sinterlamellenfilter in der Zementindustrie", ZKG International, Nr. 10/1996., pp. 594-601.

145 Leibinger/Köberl (2001). "Neuartiges Energie-Minimierungskonzept für Ofenfilter in der Zementindustrie", ZKG International, No. 11/2001, pp. 618-629.

146 Leibinger/Neumann (2003). "Kostenreduktion durch höheres Leistungspotential bei Prozessfiltern in der Zementindustrie", ZKG International, No. 2/2003, pp. 44-52.

Rozdział 2

147 Marmor/Petzold (2006). "Wirtschaftliche Entstaubung mit Oberflächenfiltern, Teil 3", ZKG International, No. 10/2006, pp. 82-87.

148 Reitemeier (2005). "Neue Hochleistungs-Entstaubungsanlagen im Holcim-Zementwerk Dudfield", ZKG International, No. 8/2005, pp. 75-79.

149 CEN/EN 197-1 (2000). "Cement-Part 1: European Norm on composition, specifications and conformity criteria for common cements".

150 Fabrellas/Larrazabal/Martinez/Sanz/Ruiz/Abad/Rivera (2004). "Global Assessment of PCDD/F emissions from the Spanish cement sector. Effect of conventional/alternative fuels".

151 European Commission (2003). "Reference Document on the General Principles of Monitoring".

152 Germany (2007). "Lime Manufacturing Industries - Reduction of NOx emissions at a rotary kiln with preheater by using the SNCR technique (practical experience)".

153 Castle Cement UK, P. W. (2007). "Application for variation to IPPC permit BL 1096, Solid Recovered Fuel (SRF) on kiln 4".

154 CEMEX UK (2006). "Application for a variation under PPC to allow use of a fuel known as Climafuel", Permit BL 7248.

155 Germany (2007). "Lime manufacturing industries - Co-incineration of waste".

156 Germany (2007). "Lime manufacturing industries - German example for the use of solid wastes as fuels in a rotary kiln (additions)".

157 Germany (2007). "Lime manufacturing industries - Minimisation of nitrogen oxide emissions by low NOx burners at annular shaft kilns".

158 Germany (2007). "Cement Manufacturing Industries - Duration and frequency of CO trips".

159 Ireland (2006). "Reports of CO emissions because of CO trips from cement plants in Ireland".

160 Germany (2007). "German experience with a 6 months SNCR performance test".

161 Austria (2006). "Operation and permit data from EIA from Austrian cement plants Wietersdorf (Wietersdorfer&Peggauer Zementwerke GMBH) and Retznei (Lafarge Perlmooser AG)".

162 A TEC (2006). "Modernisation of Wietersdorfer and Peggauer Zementwerke GmbH (CEMTECH Conference Rome 2006)".

163 Castle Cement UK (2006). "Information on energy demand at Padeswood plant, Castle Cement UK".

164 Rheinkalk, W. F. (2007). "Beurteilung der Messungen von Emissionen und Verbrennungsbedingungen für den Zeitraum 01.01.2006 bis 31.12.2006, Kalk-Drehrohrofenanlage-Werk Flandersbach".

165 EUROMINES (2006). "Magnesia production from magnesite (natural process)".

166 European Union (1995). "Council Regulation (EC) no 384/96 of 22 December 1995 on protection against dumped imports from countries not members of the European Community", Official Journal L 056, 06/03/1996 P. 0001 - 0020.

Rozdział 2

167 European Union (2005). "Council Regulation (EC) No 778/2005 of 23 May 2005 imposing a definitive anti-dumping duty on imports of magnesia oxide originating on the People's Republic of China", Official Journal L 131 , 25/05/2005 P. 0001 - 0017.

168 TWG CLM (2007). "Merged and sorted comments master spread sheet on draft 1 and information".

169 Italy (2007). "Information on costs for PFRK (lime) provided with the comments for draft 1 of the revised BREF".

170 Austria (2007). "Contribution on waste input criteria 2007".

171 A TEC (2007). "Statement regarding energy use in the cement plant W&P in Austria".

172 France (2007). "Emissions of particles (PM 10 and PM 2.5) in the cement industry".

173 Germany (2007). "Abschlussbericht zum Forschungsprojekt: "Möglichkeit und Grenzen der SNCR Technik bei einer klassischen Drehofenanlage der Zementindustrie" im Zementwerk Harburg der Märker Zement GmbH".

174 EUCOPRO (2007). "Examples of waste input criteria from several EU Member States".

175 Lafarge (2007). "Information regarding SOx emissions at Retznei works in Austria".

176 France (2008). "Contributions regarding emerging techniques in the cement industry (reduction of SOx , dust emissions)".

177 EULA (2008). "Updated contributions regarding lime manufacturing, e.g. improvement on energy efficiency in lime kilns, figure on the lime manufacturing process, dust emissions data from UK (using wet scrubbers)".

178 CEMBUREAU (2008). "Use of waste fuels in cement kilns (Co-processing of waste in cement kilns) - Ökopool Waste Incineration Assessment".

179 European Commission (2006). "Reference Document on Economics and Cross-Media Effects".

180 Mauschitz (2004). "Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie V".

181 European Commission (2008). "Reference Document on the Best Available Techniques in Energy Efficiency".

182 TWG CLM (2008). "Merged and sorted comments master spread sheet on second part of draft 1 and information".

183 Szednyj/Schindler (2005). "Minderungspotentiale der NEC-Gase und Staub bis 2010 der Österreichischen Zementindustrie", Berichte BE-261.

184 CEN standard EN-1948 (2007). "Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of PCDDs/PCDFs and dioxin-like PCBs - Part 4: Sampling and analysis of dioxin-like PCBs".

185 Hackl und Mauschitz (2003). "Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie IV".

GLOSARIUSZ POJĘĆ I SKRÓTÓW

Osiągnięte korzyści środowiskowe	Główne wpływy na środowisko, których ma dotyczyć technika (proces lub ograniczanie), z włączeniem osiągniętych wartości emisji i efektywności. Korzyści środowiskowe techniki w porównaniu z innymi.
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie
AFR	alternatywne paliwa i surowce
stop	metal, który stanowi kombinację, w formie roztworu lub związku, dwóch lub więcej elementów, z których przynajmniej jeden jest metalem, a otrzymany materiał ma właściwości metalu
ASK	pierścieniowy piec szybowy
ATILH	Association Technique de l'Industrie des Liant Hydrauliques
atm	atmosfera normalna (1 atm = 101325 N/m ²)
AWDF	paliwa pochodzące z odpadów rolniczych
bar	bar (1,013 bar = 1 atm)
BAT	najlepsze dostępne techniki
BAT-AEL	poziom emisji związany z BAT
Najlepsze dostępne techniki	BAT (dyrektywa IPPC) – najbardziej efektywny i zaawansowany etap rozwoju działalności i ich metod działania, które wskazują na praktyczną przydatność określonych technik w stanowieniu, zasadniczo, podstawy dla granicznych wartości emisji, mający na celu zapobieganie, a jeżeli nie jest to możliwe, ogólne zredukowanie emisji i wpływu na środowisko jako całość
BREF	dokument referencyjny na temat najlepszych dostępnych technik
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Switzerland
°C	stopień Celsjusza
wartość opałowa	wyrażona w niniejszym dokumencie jako wartość opałowa netto
CAS #	numer rejestracyjny Chemical Abstract Service; wydział American Chemical Society; link do bogactwa informacji na temat określonej substancji chemicznej; unikatowy identyfikator numeryczny dla związków chemicznych, polimerów, sekwencji biologicznych, mieszanin i stopów, który oznacza tylko jedną substancję
kauster	magnezja kaustyczna kalcynowana/CCM
CCM	magnezja kaustyczna kalcynowana /kauster
CEM	urządzenia stale monitorujące emisje
CEN/TC 343	Grupa Robocza CEN/TC 343 Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego "Stale paliwa wtórne" z mandatem Komisji Europejskiej w celu opracowania i stworzenia wszystkich niezbędnych standardów w zakresie stałych paliw wtórnych (SRF), takich jak specyfikacja techniczna, która po walidacji zostanie przekształcona w standardy (Normy Europejskie (EN))
kreda	amorficzny rodzaj węgla wapnia
emisje skanalizowane	emisje zanieczyszczeń do środowiska poprzez wszelkiego rodzaju rury, niezależnie od kształtu ich przekroju [151, Komisja Europejska, 2003]
WNP	Wspólnota Niepodległych Państw – Azerbejdżan, Armenia, Białoruś, Gruzja, Kazachstan, Kirgistan, Tadżykistan, Turkmenistan, Uzbekistan, Ukraina
CKD	pył cementowy
CL 70 – 80	Standard klasyfikacyjny: CL 70 = wapno określone w EN 459 'wapno budowlane' o

Rozdział 2

	zawartości CaO + MgO > 65 % CL 80 = wapno określone w EN 459 'wapno budowlane' o zawartości CaO + MgO > 75 %
oddziaływanie na procesy i środowisko	obliczenie wpływów, jakie mają na środowisko emisje do wody/atmosfery/gleby, zużycie energii, zużycie surowców, hałas i ekstrakcja wodna (tj. wszystko wymagane dyrektywą IPPC)
cSt	centystoki (lepkość)
dB(A)	decybel, jednostka do opisu i pomiaru poziomu dźwięku (hałasu), przy użyciu filtru poziomu dźwięku ze skalą A (odpowiadająca odwrotności krzywej izofonicznej 40 dB (przy 1 kHz))
DBM	magnezja całkowicie wypalona
diagenеза	fizyczne, chemiczne lub biologiczne procesy zmieniające osad w skałę osadową poprzez zmianę mineralogii i/lub tekstury
emisje rozproszone	emisje wynikające z bezpośredniego kontaktu substancji lotnych lub lekkich substancji pyłowych ze środowiskiem (atmosfera, w normalnych warunkach pracy). Mogą one wynikać z: <ul style="list-style-type: none"> • naturalnej konstrukcji sprzętu (np. filtry, suszarki itp.) • warunków operacyjnych (np. podczas przenoszenia materiału między pojemnikami) • rodzaju czynności (np. czynności konserwacyjne) • lub stopniowego uwalniania do innych mediów (np. do wody chłodzącej lub ścieków) [151, Komisja Europejska, 2003] Emisje ulotne stanowią podgrupę emisji rozproszonych.
źródła emisji rozproszonych	źródła podobnych emisji rozproszonych lub bezpośrednich, które są liczne i umiejscowione wewnątrz określonego obszaru; mogą być one punktowe, liniowe, powierzchniowe lub objętościowe [151, Komisja Europejska, 2003]
DL 80 – 85	standard klasyfikacyjny DL 80 = wapno dolomitowe określone w EN 459 'Wapno budowlane' o zawartości CaO + MgO > 75 % DL 85 = wapno dolomitowe określone w EN 459 'Wapno budowlane' o zawartości CaO + MgO > 80 %
dolomit	typ wapienia, którego frakcja węglanowa jest zdominowana przez dolomit mineralny, węglan magnezu i wapnia (CaMg(CO ₃))
KRLD	Koreańska Republika Ludowo-Demokratyczna
WE#	dotyczy siedmiocyfrowego kodu (zwanego czasem numerem WE), który został przydzielony przez Komisję Wspólnot Europejskich dostępnym w handlu substancjom chemicznym na terenie Unii Europejskiej. Oznaczenie WE# zastąpiło oznaczenia EINECS i ELINCS i kod ten obejmuje substancje na tzw. liście "No-Longer Polymers", liście substancji, które były obecne na rynku europejskim między 18 września 1981 a 31 października 1993 i w tym czasie były uważane za polimery, ale już nie są
EEA	Europejska Agencja Środowiska
EFTA	Europejskie Stowarzyszenie Wolnego Handlu (ustanowione w dniu 3 maja 1960)
np.	na przykład
EGTEI	Grupa Ekspertów ds. Techniczno-Ekonomicznych
EINICS	Europejski spis istniejących dostępnych w handlu substancji chemicznych; numer rejestru podany dla każdej substancji chemicznej, dostępnej na rynku w Unii Europejskiej między 1 stycznia 1971 a 18 września 1981. Spis został zastąpiony

Rozdział 2

	przez ELINCS
EIPPCB	Europejskie Biuro ds. Kontroli Zanieczyszczeń Przemysłowych
ELINCS	Z dniem 19 września 1981 europejski wykaz notyfikowanych substancji chemicznych został zastąpiony przez ELINCS. Wszystkim "nowym" substancjom wprowadzonym na rynek europejski przydzielano numer ELINCS po zgłoszeniu ich do Komisji Europejskiej
ELV	graniczna wartość emisji
EMS	system zarządzania środowiskowego
EPA	Agencja Ochrony Środowiska
eqC	równoważnik węglowy
ESP	odpylacz elektrostatyczny, elektrofiltr
UE	Unia Europejska
UE-15	Państwa Członkowskie Unii Europejskiej przed 1 maja 2004
UE-25	Państwa Członkowskie Unii Europejskiej od 1 maja 2004 do 31 grudnia 2006
UE-27	Państwa Członkowskie Unii Europejskiej od 1 stycznia 2007
UE-23+	dotyczy Państw Członkowskich Cembureau: Austria, Belgia, Chorwacja, Czechy, Dania, Estonia, Finlandia, Francja, Niemcy, Grecja, Węgry, Irlandia, Włochy, Łotwa, Luksemburg, Holandia, Norwegia, Polska, Portugalia, Rumunia, Słowenia, Hiszpania, Szwecja, Szwajcaria, Turcja i Wielka Brytania
EURITS	Europejskie Stowarzyszenie ds. Odpowiedzialnego Spalania i Przetwarzania Odpadów Specjalnych
EUR	Euro – waluta europejska
EWC	Europejski Katalog Odpadów – hierarchiczna lista opisów odpadów. Katalog ten klasyfikuje materiały odpadowe i grupuje je zgodnie ze sposobem wytworzenia i właściwościami. O EWC jest mowa w wielu dyrektywach UE i decyzjach Komisji dotyczących gospodarki odpadami
gaz spalinowy	gaz odlotowy z procesów wypalania/spalania
istniejąca instalacja	urządzenie, które w dniu 30 października 1999, zgodnie z ustawodawstwem istniejącym przed tą datą, pracowało lub było zatwierdzone lub, według właściwego organu, stanowiło przedmiot kompletnego wniosku o zatwierdzenie, pod warunkiem, że to urządzenie zostało oddane do eksploatacji nie później niż w dniu 30 października 2000 (dyrektywa IPPC (2008/1/WE))
FGD	odsiarczanie gazów odlotowych
FGT	oczyszczanie gazów odlotowych
gaz odlotowy	gaz odlotowy/spalinowy z procesów wypalania/spalania
FM	magnezja topiona
olej opałowy EL	olej opałowy ekstra lekki
emisje ulotne	emisje spowodowane nieszczelnym sprzętem/wyciekami: emisje do środowiska wynikające ze stopniowej utraty szczelności danego urządzenia zawierającego zamkniętą ciecz (gazową lub płynną), zasadniczo spowodowanej różnicą ciśnienia i wynikającym z tego wyciekami. Przykłady emisji ulotnych: wyciek z kołnierza, pompy, zamkniętego lub hermetycznego sprzętu, itp. [151, Komisja Europejska, 2003]
GAINS	Model Interakcji i Synergii Gazu Ciepłarnianego i Zanieczyszczenia Atmosfery
GSC	kalcynacja w zawiesinie gazowej
wapno gaszone	wodorotlenek wapnia, Ca(OH) ₂
tj.	to jest

Rozdział 2

IEF	Forum Wymiany Informacji (nieformalny organ konsultacyjny w ramach Dyrektywy IPPC)
emisja	występowanie i poziom substancji zanieczyszczającej, zapachów lub hałasu w środowisku
instalacja	stacjonarna jednostka techniczna, gdzie prowadzi się jedną lub więcej czynności wymienionych w załączniku I do dyrektywy IPPC oraz wszelkie inne bezpośrednio związane czynności, które mają techniczny związek z czynnościami przeprowadzanymi w tym zakładzie i które mogą mieć wpływ na emisję i zanieczyszczenie
IPCC	Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu
IPPC	zintegrowane zapobieganie i kontrola zanieczyszczeń
I-TEQ	międzynarodowy równoważnik toksyczności
IUPAC	Nazewnictwo Międzynarodowej Unii Chemii Czystej i Stosowanej
kcal	kilokaloria (1 kcal = 4,19 kJ)
kg	kilogram (1 kg = 1000 g)
kJ	kilodżul (1 kJ = 0,24 kcal)
KOH	wodorotlenek potasu
kWh	kilowatogodzina (1 kWh = 3600 kJ = 3,6 MJ)
K	1) potas; 2) stopień Kelwina (0 °C = 273,15 K)
wyciek powietrza	powietrze, które dociera do pieca poprzez nieszczelności
wapień	skała mineralna składająca się głównie z CaCO ₃ wykorzystywana jako CaCO ₃ lub jako surowiec do produkcji wapna niegaszonego (tlenek wapnia) poprzez odwęglanie oraz wapna gaszonego (wodorotlenek wapnia) poprzez uwodnienie wapna niegaszonego
L.O.I./LOI	strata prażenia, technika oznaczania, np. materii organicznej, węglanu, CO ₂
LRK	długi piec obrotowy
m	metr
m/min	metr/minutę
m ²	metr kwadratowy
m ³	metr sześcienny
m ³ /h	przepływ objętościowy: jeśli niniejszy dokument nie stanowi inaczej, przepływy objętościowe odnoszą się do 10% obj. tlenu i stanu standardowego
magnezja	tlenek magnezu (MgO)
magnezyt	węglan magnezu (MgCO ₃)
tlenek magnezu	MgO/magnezja
środki/techniki	zob. technika
µm	mikrometr (1 µm = 10 ⁻⁶ m)
MFSK	piec szybowy na wsad mieszany
mg	miligram (1 mg = 10 ⁻³ gram)
mg/m ³	stężenie: jeśli niniejszy dokument nie stanowi inaczej, stężenia substancji gazowych lub mieszanin substancji odnoszą się do suchych gazów spalinowych przy 10% obj. tlenu i stanie standardowym
MHF	piec półkowy
mm	milimetr (1 mm = 10 ⁻³ m)
mmWG	wodowskaz ze skalą milimetrową
monitorowanie	proces przeznaczony do oceny lub do określenia rzeczywistej wartości i odmian emisji lub innego parametru, na podstawie procedur systematycznego, okresowego lub losowego nadzoru, kontroli, pobierania próbek i pomiaru lub innej metody oceny

Rozdział 2

	przeznaczonej do dostarczania informacji na temat emitowanych ilości i/lub tendencji emitowanych zanieczyszczeń
morfologia	badanie struktury i kształtu cząsteczek
MSW	komunalne odpady stałe
Mt	megatona (1 Mt = 10 ⁶ ton)
MJ	megadžul (1 MJ = 1000 kJ = 10 ⁶ džuli)
MW	megawat
ng	nanogram (1 ng = 10 ⁻⁹ gram)
Nm ³	normalny metr sześcienny (101,3 kPa, 273 K)
NVC	wartość opałowa (netto)
OECD	Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju
OECD Mix	podstawowy miks energetyczny z krajów OECD
OK	inne piece
ORC	organiczny cykl Rankine'a
OSK	inny piec szybowy
Ωcm	omocentymetr, jednostka oporu właściwego
PCB	polichlorowane bifenyle
PCC	strącany węgiel wapnia
PCDD	polichlorowane dibenzodioksyny
PCDF	polichlorowane dibenzofurany
PCP	pentachlorofenol
PCT	polichlorowane terfenyle
PET	poli(tereftalan etylenu)
PF	paliwo pyłowe
PFRK	piec współprądowo-regeneracyjny
pH	symbol kwasowości lub zasadowości roztworu. Jest liczbą równoważną do logarytmu dziesiętnego odwrotności stężenia jonów wodoru w roztworze wodnym
PLC	programowalny sterownik logiczny: komputer cyfrowy stosowany do automatyzacji procesów przemysłowych
PM	cząstki stałe/pył
bielica	ziemia bieląca
zanieczyszczenie	poszczególne substancja lub grupa substancji, która może szkodzić lub wpływać na środowisko naturalne
POP	trwale zanieczyszczenia organiczne
pucolana	pucolany to materiały, które choć same w sobie nie są cementowe, to zawierają krzemionkę (i tlenek glinu) w formie reaktywnej, mogącej łączyć się z wapnem w kontakcie z wodą, aby utworzyć związki o właściwościach cementu. Naturalna pucolana składa się głównie z drobnej, czekoladowo-czerwonej ziemi wulkanicznej. Opracowano sztuczną pucolanę, która łączy pył lotny i hartowany w wodzie żużel kotłowy
cement pucolanowy	cementy pucolanowe to mieszanki cementu portlandzkiego oraz materiału pucolanowego, który może być naturalny lub sztuczny. Naturalne pucolany to głównie materiały pochodzenia wulkanicznego, ale zawierają pewną ilość ziemi okrzemkowej. Sztuczne materiały zawierają popiół lotny, palone glinki i łupki
PRK	piec obrotowy z podgrzewaczem
PTFE	politetrafluoroetylen
PVC	polichlorek winylu
wapno niegaszone	tlenek wapnia, CaO
RAINS	model informacji i symulacji regionalnego zanieczyszczenia atmosfery

Rozdział 2

RDF	paliwo z odpadów; paliwo pozyskane ze wstępnie oczyszczonych i posortowanych frakcji odpadowych
RK	piec obrotowy
palnik RK	palnik pieca obrotowego
ROK	wapno piecowe
ppm	cząstki na milion
SCR	selektywna redukcja katalityczna
SEM	skanujący mikrograf elektronowy
wapień krzemionkowy	wapień, który zawiera dwutlenek krzemu (SiO ₂)
SK	piec szybowy
SNCR	selektywna redukcja niekatalityczna
pomiar losowy	próbkiwanie losowe, nie pomiar ciągły
warunki standardowe dla przemysłó w cementu i tlenku magnezu	dotyczą temperatury 273,15 K, ciśnienia 1013 hPa oraz zawartości tlenu 10%
warunki standardowe dla przemysłu wapna	dotyczą temperatury 273,15 K, ciśnienia 1013 hPa oraz zawartości tlenu 11%
stan standardowy	dotyczy temperatury 273,15 K i ciśnienia 1013 hPa
StDev	standardowe odchylenie
t	tona (metryczna)
t60	reaktywność wapna; wskazuje czas potrzebny do podgrzania wapna niegaszonego od 20 do 60°C podczas reakcji z wodą
TCDD	tetrachlorodibenzodioksyna
TE	równoważniki toksyczności (dioksyny i furany)
technika	zarówno zastosowania technologiczne jak i sposób, w jaki instalacja jest konstruowana, utrzymywana, eksploatowana i wycofywana z użytku
TEQ	międzynarodowe równoważniki toksyczności (dioksyny i furany)
TOC	całkowity węgiel organiczny
TWG	techniczna grupa robocza
UBA	Umweltbundesamt/Federalna Agencja Środowiskowa
UNFCCC	Ramowa konwencja Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu
VDZ	Verein Deutscher Zementwerke/Niemieckie Stowarzyszenie Producentów Cementu
VOC	lotne związki organiczne
WDF	paliwo z odpadów; paliwo pozyskane ze wstępnie oczyszczonych i posortowanych frakcji odpadowych
WID	Dyrektywa w sprawie spalania odpadów
% w/w lub wt-%	procent wagowy
% v/v lub vol-%	procent objętościowy

SYMBOLE CHEMICZNE

Ag	srebro
Al	glin
Al ₂ O ₃	tlenek glinu
As	arsen
Ba	bar
Be	beryl
Ca	wapń
CaCO ₃	węglan wapnia
CaO	tlenek wapnia
Ca(OH) ₂	wodorotlenek wapnia
CaMg(OH) ₄	wodorotlenek magnezu i wapnia
Cd	kadm
CH ₄	metan
CN	cyjanek
Co	kobalt
CO	tlenek węgla
CO ₂	dwutlenek węgla
Cr	chrom
Cu	miedź
F	fluor
Fe	żelazo
Fe ₂ O ₃	tlenek żelaza
HCl	kwask chlorowodorowy
HF	kwask fluorowodorowy
Hg	rtęć
H ₂ O	woda
H ₂ S	siarkowodór
MgCO ₃	węglan magnezu
MgO	tlenek magnezu/magnezja
Mn	mangan
Mo	molibden
N ₂	azot
Na	sód
Ni	nikiel
NH ₃	amoniak
NH ₄	amon
NO	tlenek azotu
NO ₂	dwutlenek azotu
NO _x	tlenki azotu
O	tlen
Pb	olów
Pd	pallad
Pt	platyna
Rh	rod
Sb	antymon
Se	selen
SiO ₂	dwutlenek krzemu
Sn	cyna
SO ₂	dwutlenek siarki

Rozdział 2

SO ₃	trójtlenek siarki
SO _x	tlenki siarki
Te	tellur
Ti	tytan
Tl	tal
V	wanad
Zn	cynk

4 ZAŁĄCZNIKI

4.1 Przepisy Komisji Europejskiej dotyczące ochrony środowiska mające zastosowanie w produkcji cementu i wapna w krajach UE-27

- Dyrektywa Rady 2000/76/WE w sprawie spalania odpadów (4 grudnia 2000 r.)
- Europejski Katalog Odpadów (EWC), który został opracowany zgodnie z art. 1(a) Dyrektywy Rady 75/442/EWG w sprawie odpadów:
 - Decyzja Komisji 2000/532/WE z dnia 3 maja 2000 r. zmieniająca decyzję 2000/532/WE zastępującą decyzję 94/3/WE, ustanawiającą wykaz odpadów zgodnie z art. 1 lit. a) dyrektywy Rady 75/442/EWG w sprawie odpadów, oraz decyzję Rady 94/904/WE ustanawiającą wykaz odpadów niebezpiecznych zgodnie z art. 1 ust. 4 dyrektywy Rady 91/689/EWG w sprawie odpadów niebezpiecznych (notyfikowana jako dokument nr C(2000) 1147) (Tekst mający znaczenie dla EOG)
 - Dyrektywa Rady 2004/8/WE w sprawie wspierania kogeneracji w oparciu o zapotrzebowanie na ciepło użytkowe na rynku wewnętrznym energii oraz zmieniająca dyrektywę 92/42/EWG (11 lutego 2004 r.).

4.2 Załącznik dotyczący produkcji cementu

4.2.1 Grupy odpadów używanych jako paliwa według CEMBUREAU w porównaniu z Europejskim Katalogiem odpadów EWC

Grupa 1: Drewno, papier, tektura		
Kategoria odpadów	Opis odpadów	Niebezpieczne
Kategoria 02	Odpady z rolnictwa, ogrodnictwa, akwakultury, leśnictwa, łowiectwa i rybołówstwa, przygotowania i przetwarzania żywności	
02 01 07	Odpady z eksploatacji gospodarki leśnej	
Kategoria 03	Odpady z przetwórstwa drewna oraz z produkcji płyt i mebli, masy celulozowej, papieru i tektury	
03 01 02	świeże trociny	
03 01 03	Wióry, ścinki, zepsute drewno / płyty wiórowe / fornir	
03 03 07	Odrzuty z recyklingu papieru i tektury	
Kategoria 15	Odpady opakowaniowe; sorbenty, tkaniny do wycierania, materiały filtracyjne i ubrania ochronne nieużyte w innych grupach	
15 0101	Opakowania z papieru i tektury	
15 0103	Opakowania drewniane	
Kategoria 17	Odpady budowlane i z rozbiórki (włączając ziemię z terenów zanieczyszczonych)	
17 02 01	Drewno	
Kategoria 20	Odpady komunalne (odpady z gospodarstw domowych, odpady przemysłowe i instytucjonalne), w tym frakcje gromadzone selektywnie	
20 01 01	Papier i tektura	
20 01 37	Drewno zawierające substancje niebezpieczne	*
Grupa 2: Tekstylia		
Kategoria odpadów	Opis odpadów	Niebezpieczne
Kategoria 04	Odpady z przemysłu skórzanego, futrzarskiego i tekstylnego	

Rozdział 2

04 02	Odpady z przemysłu tekstylnego	
Kategoria 15	-Odpady opakowaniowe; sorbenty, tkaniny do wycierania, materiały filtracyjne i ubrania ochronne nieujęte w innych grupach	
15 0109	Opakowania tekstyliów	
Kategoria 19	Odpady z obiektów gospodarki odpadami, oczyszczalni ścieków i stacjami uzdatniania wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi oraz wody do celów przemysłowych	
19 12 08	Tekstylia	
Kategoria 20	Odpady komunalne (odpady z gospodarstw domowych, odpady przemysłowe i instytucjonalne), w tym frakcje gromadzone selektywnie	
20 01 10	Odzież	
Grupa 3: Plastiki		
Kategoria odpadów	Opis odpadów	Niebezpieczne
Kategoria 02	Odpady z rolnictwa, ogrodnictwa, akwakultury, leśnictwa, łowiectwa i rybołówstwa, przygotowania i przetwarzania żywności	
02 01 04	Odpady z tworzyw sztucznych	
Kategoria 12	Odpady z kształtowania oraz fizycznej i mechanicznej obróbki powierzchni metali i tworzyw sztucznych	
12 01 05	Cząsteczki tworzyw sztucznych	
Kategoria 15	Odpady opakowaniowe; sorbenty, tkaniny do wycierania, materiały filtracyjne i ubrania ochronne nieujęte w innych grupach	
15 01 02	Opakowania z tworzyw sztucznych	
Kategoria 20	Odpady komunalne (odpady z gospodarstw domowych, odpady przemysłowe i instytucjonalne), w tym frakcje gromadzone selektywnie	
Grupa 4: RDF		
Kategoria odpadów	Opis odpadów	Niebezpieczne
Kategoria 15	Odpady opakowaniowe; sorbenty, tkaniny do wycierania, materiały filtracyjne i ubrania ochronne nieujęte w innych grupach	
15 01 06	Opakowania mieszane	
Kategoria 19	Odpady z fizykochemicznej obróbki odpadów (w tym dechromatyzacja, decyjanonizacja, neutralizacja)	
19 02 10	Odpady palne inne niż wymienione w 19 02 08 i 19 02 09	
19 12 10	Odpady palne (paliwo z odpadów)	
Kategoria 20	Odpady komunalne (odpady z gospodarstw domowych, odpady przemysłowe i instytucjonalne), w tym frakcje gromadzone selektywnie	
20 03 01	Odpady mieszane	
Grupa 5: Guma / opony		
Kategoria odpadów	Opis odpadów	Niebezpieczne
Kategoria 16	Odpady nieujęte w wykazie	
16 01 03	Zużyte opony	
16 01 04	Odpady gumowe (taśmociągi, itp.)	
16 02 16	Elementy usunięte ze zużytych urządzeń, inne niż wymienione w 16 02 15	
Grupa 6: Osady przemysłowe (pofiltracyjne, z odwirowania, wysuszone, itp.)		
Kategoria odpadów	Opis odpadów	Niebezpieczne
Kategoria 03	Odpady z przetwórstwa drewna oraz produkcji papieru, tektury, masy celulozowej, płyt i mebli	
03 03 02	Zielone osady płynne (szlamy)	

Rozdział 2

Kategoria 04	Odpady z przemysłu skórzanego, futrzarskiego i tekstylnego	
04 02 19	Osady z zakładowych oczyszczalni ścieków zawierające substancje* niebezpieczne	
04 02 20	Osady z zakładowych oczyszczalni ścieków inne niż wymienione w 04 02 19	
Kategoria 05	Odpady z rafinacji ropy naftowej, oczyszczania gazu ziemnego oraz pirolitycznej przeróbki węgla	
05 01 09	Osady z zakładowych oczyszczalni ścieków zawierające substancje* niebezpieczne	
05 01 10	Osady z zakładowych oczyszczalni ścieków, inne niż wymienione w 05 01 09	
Kategoria 06	Odpady z nieorganicznych procesów chemicznych	
06 05	Osady z zakładowych oczyszczalni ścieków	
Kategoria 07	Odpady z organicznych procesów chemicznych	
07xx 11	Osady z zakładowych oczyszczalni ścieków zawierające substancje* niebezpieczne	
07xx 12	Osady z zakładowych oczyszczalni ścieków inne niż wymienione w 07 xx 11	
Kategoria 08	Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania powłok (MFSU) (farb, lakierów i emalii ceramicznych), klejów, szczieliw i farb drukarskich	
Kategoria 10	Odpady nieorganiczne z procesów termicznych	
Kategoria 11	Odpady zawierające metale nieorganiczne z obróbki metali i nakładania powłok na metale, oraz hydrometalurgii metali nieżelaznych	
Kategoria 12	Odpady z kształtowania i obróbki powierzchni metali i tworzyw sztucznych	
Kategoria 13	Odpady olejowe (z wyłączeniem olejów jadalnych, 05 i 12)	
Kategoria 14	Odpady substancji organicznych stosowane jako rozpuszczalniki (z wyjątkiem 07 i 08)	
Grupa 7: Komunalne osady ściekowe		
Kategoria odpadów	Opis odpadów	Niebezpieczne
Kategoria 19	Odpady z oczyszczalni odpadów, oczyszczalni wody poza terenem oczyszczalni ścieków i gospodarki wodnej	
19 03 07	Odpady zestalone, inne niż wymienione w 19 03 06 (używane do przetworzonych pelet osadowych)	
19 02 05	Szlamy z fizykochemicznej obróbki odpadów zawierające substancje* niebezpieczne	
19 02 06	Szlamy z fizykochemicznej obróbki, inne niż wymienione w 19 02 05	
19 08 05	Osady z oczyszczania ścieków komunalnych	
Grupa 8: Mączki i tłuszcze zwierzęce,		
Kategoria odpadów	Opis odpadów	Niebezpieczne
Kategoria 02	Odpady z rolnictwa, ogrodnictwa, łowiectwa, rybołówstwa i akwakultury podstawowej produkcji, przycięto- przetwórstwa	
02 01 02	Mączki zwierzęce	
02 02 02	Tłuszcze zwierzęce	
Grupa 9: Odpady węglowe		
Kategoria odpadów	Opis odpadów	Niebezpieczne
Kategoria 05	Odpady z rafinowania ropy naftowej, oczyszczania gazu ziemnego oraz pirolitycznej obróbki węgla	
05 06 01	Smoly	*
05 06 02	Asfalt	
Kategoria 19	Odpady z oczyszczalni odpadów, oczyszczalni ścieków i stacji uzdatniania wody oraz przemysłu wodnego	
19 01 10	Zużyty węgiel aktywny z oczyszczania gazów wylotowych	
19 01 17	Odpady z pirolizy	*
19 09 04	Zużyty węgiel	
Grupa 10: Odpady rolnicze		

Rozdział 2

Kategoria odpadów	Opis odpadów	Niebezpieczne
Kategoria 02	Odpady z rolnictwa, ogrodnictwa, łowiectwa, rybołówstwa i akwakultury podstawowej produkcji, przygotowania żywności i przetwórstwa	
02 01 03	Odpady z tkanek roślinnych	
02 01 05	Odpady agrochemiczne	*
02 01 07	Odpady z eksploatacji gospodarki leśnej	
Kategoria 03	Odpady z przetwórstwa drewna oraz produkcji papieru, tektury, masy celulozowej, płyt i mebli	
03 01 01	Odpady z kory i korka	
03 03 01	Kora	
Grupa 11: Stałe odpady paliwowe (impregnowane trociny)		
Kategoria odpadów	Opis odpadów	Niebezpieczne
Kategoria 03	Odpady z przetwórstwa drewna oraz produkcji papieru, tektury, masy celulozowej, płyt i mebli	
03 01 02	Impregnowane trociny	
Kategoria 19	Odpady z oczyszczalni odpadów, oczyszczalni ścieków i stacji uzdatniania wody oraz przemysłu wodnego	
19 12 11	Inne odpady (w tym mieszaniny materiałów) z mechanicznej obróbki odpadów zawierające substancje niebezpieczne	*
Grupa 12: Rozpuszczalniki i powiązane odpady		
Kategoria odpadów	Opis odpadów	Niebezpieczne
Kategoria 02	Odpady z rolnictwa, ogrodnictwa, łowiectwa, rybołówstwa i akwakultury podstawowej produkcji, przygotowania żywności i przetwórstwa	
02 03 03	Odpady z ekstrakcji rozpuszczalnikowej	
Kategoria 07	Odpady z procesów chemicznych organicznych	
07 01 04	Inne rozpuszczalniki organiczne, popłuczyny i roztwory macierzyste	*
07 01 08	Inne pozostałości podestylacyjne i poreakcyjne	*
07 03 04	Inne rozpuszczalniki organiczne, popłuczyny i roztwory macierzyste	*
07 03 07	Fluorowane osady i pozostałości poreakcyjne	*
07 03 08	Inne pozostałości podestylacyjne i poreakcyjne	*
07 04 03	Organiczne rozpuszczalniki chloroorganiczne, roztwory z przemywania i roztwory macierzyste	*
07 04 04	Inne rozpuszczalniki organiczne, popłuczyny i roztwory macierzyste	*
07 04 07	Fluorowane osady i pozostałości poreakcyjne	*
07 04 08	Inne pozostałości podestylacyjne i poreakcyjne	*
07 05 03	Organiczne rozpuszczalniki chloroorganiczne, roztwory z przemywania i roztwory macierzyste	*
07 05 04	Inne rozpuszczalniki organiczne, popłuczyny i roztwory macierzyste	*
07 05 07	Fluorowane osady i pozostałości poreakcyjne	*
07 05 08	Inne pozostałości podestylacyjne i poreakcyjne	*
07 06 03	Fluorowane osady i pozostałości poreakcyjne	*
07 06 04	Inne pozostałości podestylacyjne i poreakcyjne	*
07 06 07	Fluorowane osady i pozostałości poreakcyjne	*
07 06 08	Inne rozpuszczalniki organiczne, popłuczyny i roztwory macierzyste	*
07 07 03	Organiczne rozpuszczalniki chloroorganiczne, roztwory z przemywania i roztwory macierzyste	*
07 07 04	Inne rozpuszczalniki organiczne, popłuczyny i roztwory macierzyste	*
07 07 07	Fluorowane osady i pozostałości poreakcyjne	*
07 07 08	Inne pozostałości podestylacyjne i poreakcyjne	*

Rozdział 2

Kategoria 08	Odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania (MFSU) (farb, lakierów i emalii ceramicznych), klejów, uszczelniaczy i farb drukarskich	
08 01 11	Odpady farb i lakierów zawierających rozpuszczalniki organiczne lub inne substancje niebezpieczne	*
08 01 12	Odpady farb i lakierów, inne niż wymienione w 08 01 11	
08 01 21	Odpady farb lub lakierów	*
08 03 01	Odpady farb drukarskich zawierające rozpuszczalniki chloroorganiczne	*
08 03 02	Odpady farb drukarskich zawierające niechlorowane rozpuszczalniki	*
08 03 10	Odpady rozpuszczalników organicznych używane do czyszczenia	*
08 04 09	Odpadowe kleje i szczeliwa zawierające rozpuszczalniki organiczne lub inne substancje niebezpieczne	*
08 05 01	Izocyjany	*
Kategoria 09	Odpady z przemysłu fotograficznego	
09 01 03	Roztwory wywoływaczy opartych na rozpuszczalnikach	*
Kategoria 14	Odpady z substancji organicznych stosowanych jako rozpuszczalniki (z wyjątkiem 07 i 08)	
14 01 02	Inne chloro organiczne rozpuszczalniki i mieszaniny rozpuszczalników	*
14 01 03	Inne rozpuszczalniki i mieszaniny rozpuszczalników	*
14 02 01	Chloro organiczne rozpuszczalniki i mieszaniny rozpuszczalników	*
14 02 02	Mieszaniny rozpuszczalników lub cieczy organicznych bez rozpuszczalników chloroorganicznych	*
Kategoria 19	Odpady z oczyszczalni odpadów, oczyszczalni ścieków i stacji uzdatniania wody oraz przemysłu wodnego	
19 02 08	Płynne odpady palne zawierające substancje niebezpieczne	*
Kategoria 20	Odpady komunalne (odpady z gospodarstw domowych, odpady przemysłowe i instytucjonalne), w tym frakcje gromadzone selektywnie	
20 01 13	Rozpuszczalniki	*
20 01 27	Farby, tusze i kleje oraz żywice zawierające substancje niebezpieczne	*
20 01 28	Farby, tusze i kleje oraz żywice, inne niż wymienione w 20 01 27	
Grupa 13: Ropa i odpady oleiste		
Kategoria odpadów	Opis odpadów	Niebezpieczne
Kategoria 01	Odpady powstające przy wydobyciu, górnictwie, ze wstępnej i dalszej obróbki minerałów i z kamieniołomów	
Kategoria 04	Odpady z przemysłu skórzanego, futrzarskiego i tekstylnego	
Kategoria 05	Odpady z rafinacji ropy naftowej, oczyszczania gazu ziemnego oraz pirolitycznej obróbki węgla	
Kategoria 12	Odpady z kształtowania i obróbki powierzchni metali i tworzyw sztucznych	
Kategoria 13	Odpady olejowe (z wyłączeniem olejów jadalnych, 05 i 12)	
13 01 01	Oleje (w tym emulsje), płyny hamulcowe, itp.	*
13 01 02	Inne chlorowane oleje hydrauliczne (z wyłączeniem emulsji)	*
13 01 03	Niechlorowane oleje hydrauliczne (z wyłączeniem emulsji)	*
13 01 04	Chlorowane emulsje	*
13 01 05	Niechlorowane emulsje	*
13 01 06	Oleje hydrauliczne zawierające tylko olej mineralny	*
13 01 07	Inne oleje hydrauliczne	*
13 01 08	Płyny hamulcowe	*
13 02 01	Chlorowane oleje silnikowe, przekładniowe i smarowe	*
13 02 02	Niechlorowane oleje silnikowe, przekładniowe i smarowe	*
13 02 03	Inne oleje silnikowe, przekładniowe i smarowe	*
13 03 01	Oleje izolujące i przekazujące ciepło oraz inne ciecze zawierające PCB lub PCT	*
13 03 02	Inne chlorowane oleje izolujące i przekazujące ciepło oraz inne ciecze	*
13 03 03	Niechlorowane oleje izolujące i przekazujące ciepło oraz inne ciecze	*
13 03 04	Syntetyczne oleje izolujące i przekazujące ciepło oraz inne ciecze	*
13 03 05	Mineralne oleje izolujące i przekazujące ciepło	*

Rozdział 2

13 04 01	Oleje zęzowe ze statków żeglugi śródlądowej	*
13 04 02	Oleje zęzowe z portowych kanałów ściekowych	*
13 04 03	Oleje zęzowe z innej żeglugi	*
13 05 01	Inne chlorowane oleje izolujące lub stosowane ciepła i inne ciecze Stałe separatory olej / woda	*
13 06 01	Odpady olejowe gdzie indziej niewymienione	*
Grupa 14: Inne		

Tabela 4.1: Grupy paliw odpadowych wg CEMBUREAU w porównaniu do EWC [91, CEMBUREAU, 2006]

4.2.2 Produkcja cementu – dane z poszczególnych zakładów

4.2.2.1 Przykłady rodzajów używanych odpadów, ich wpływ na emisje, zachowanie i wartości stężeń substancji w odpadach (kryteria wejścia)

Przykłady rodzajów i ilości odpadów używanych w niemieckich piecach cementowych przedstawiono w tabeli 4.2. Często tego typu odpady zawierają składniki niebezpieczne.

Rodzaj odpadów paliwowych	Ilości zużyte w roku 2004 (kt/rok)
Opony / gumy	290
Zużyty olej	100
Przetworzone frakcje odpadów przemysłowych / handlowych	863
Przetworzone frakcje odpadów z gospodarstw domowych	157
Mączki i tłuszcze zwierzęce	439
Drewno	42
Rozpuszczalniki	72
Podsól ¹⁾	11
Osady ściekowe	48
Inne	20
Razem	2042
¹⁾ Glinka wybielająca	

Tabela 4.2: Rodzaje i ilości odpadów oraz paliw odpadowych stosowanych w niemieckich cementowniach w 2004 r. [76, Niemcy, 2006]

Te różne rodzaje paliw w postaci stałych i ciekłych odpadów, które są używane, zawierają często również niebezpieczne składniki, co pokazano w tabeli 4.3.

Typy paliwa		Ilość (kt/rok)	
		2003	2004
Płynne odpady paliwowe			
Odpady olejowe	Mieszane odpady (Niebezpieczne)	116	100
Zużyte rozpuszczalniki	Mieszane odpady, odpady jednolite, które są dodane, muszą być zadeklarowane z użyciem kodu odpadów (Niebezpieczne)	48	72
Odpady paliwowe stałe			

Rozdział 2

Zużyte opony	Jednolite odpady	247	290
Drewno	Odpady mieszane, odpady jednolite, które są dodane, muszą być zadeklarowane z użyciem kodu odpadów (mogą być niebezpieczne)	48	42
Mączki zwierzęce	Jednolite odpady	452	439
Osady ściekowe	Jednolite odpady	4	48
Glinki wybielające	Jednolite odpady (Niebezpieczne)	20	11
Specyficzne odpady produkcyjne	Odpady mieszane, odpady jednolite, które są dodane, muszą być zadeklarowane z użyciem kodu odpadów	626	862
Oddzielone frakcje mieszanych odpadów komunalnych	Jakość paliwa zależy od użytych etapów przetwarzania	155	157

Tabela 4.3: Ilość różnych rodzajów paliw używanych w niemieckim przemyśle cementowym [76, Niemcy, 2006]

W 2006 roku, przykładowe cementownie w Niemczech osiągnęły poziom stopy zastąpienia odpadów ponad 80%, a nawet do 100% zużywanej energii może być zastąpione przez paliwa odpadowe. W systemie metody suchej w piecach cementowych, który składa się z pieca obrotowego o czterech poziomach, z dwoma podgrzewaczami ciągu i płaską chłodnicą, paliwa odpadowe były używane przez wiele lat. Głównie są tu wykorzystywane jako paliwo zużyte opony, oleje odpadowe, drewno, przetworzone frakcje odpadów przemysłowych, takich jak tworzywa sztuczne, papier lub tkaniny i rozpuszczalniki. Tabela 4.4 wymienia przykładowe wartości wykorzystania odpadów przemysłowych i rozpuszczalników przyjęte w tym zakładzie.

Parametr	Jednostka	Przyjęte wartości dot. odpadów przemysłowych	Przyjęte wartości dot. rozpuszczalników
S	%	2	3 ¹⁾
Cl	%	1	1
Cd	mg/kg	10	10 ²⁾
Tl	mg/kg	1	0,5
Hg	mg/kg	0,5	1
Sb	mg/kg	75	5
As	mg/kg	10	20
Pb	mg/kg	100	700 ³⁾
Cr	mg/kg	100	100
Co	mg/kg	20	300
Cu	mg/kg	300	5
Mn	mg/kg	100	1000
Ni	mg/kg	100	10
V	mg/kg	25	0,5
Sn	mg/kg	75	1
¹⁾ Średnio rocznie 1 mg/kg		²⁾ Średnio rocznie 5 mg/kg	³⁾ Średnio rocznie 300 mg/kg

Tabela 4.4: Przykłady akceptowanych wartości różnych parametrów korzystania z odpadów przemysłowych i rozpuszczalników [76, Niemcy, 2006]

Warunki i wyniki corocznego monitorowania emisji przedstawiono w tabeli 4.5 i tabeli 4.6. W czasie pomiarów, paliwa odpadowe stanowiły ponad 80% energii. Wysokie wymagania dotyczące norm emisji mogą być osiągnięte.

Parametr	Jednostka	Liczba i okres pomiarów		
		1	2	3

		08:00 -18:00	08:00 -18:00	08:00 -18:00
Paliwa kopalne				
Główne paliwo (pył węglowy)	t/h	2,9	3,3	2,4
Odpady paliwowe				
Opony	t/h	3,4	3,4	3,4
Rozpuszczalniki - linia 1	t/h	3,0	3,0	3,0
Rozpuszczalniki - linia 2	t/h	3,0	3,0	3,0
Plastik/drewno	t/h	6,3	6,3	6,3
Wsad do pieca				
Surowa mączka	t/h	200	200	200
Wartości kaloryczne				
Węgiel	MJ/kg	26,8	26,8	26,8
Opony	MJ/kg	26,0	26,0	26,0
Rozpuszczalnik- linia 1 ¹⁾	MJ/kg	27,7	27,7	27,7
Rozpuszczalnik- linia 2 ²⁾	MJ/kg	26,6	26,6	26,6
Plastik/drewno	MJ/kg	19,0	19,0	19,0
% zużycia energii				
Węgiel	%	17	19	15
Opony	%	20	19	20
Rozpuszczalnik- linia 1 ¹⁾	%	19	18	19
Rozpuszczalnik- linia 2 ²⁾	%	18	17	18
Plastik/drewno	%	27	28	27
Ilość łączna odpadów paliwowych	%	83	81	85
Razem	%	100	100	100
Produkt				
Klinkier	t/h	121	121	121
Wydajność	%	97	97	97

Tabela 4.5: Dane eksploatacyjne z niemieckiego pieca cementowego opalanego przy użyciu paliw odpadowych (średnia z danych z okresu trzech dni) [76, Niemcy, 2006]

Komponent	Jednostka	Wyniki ¹⁾	
		Średnio Mill średniej	Średnio Mill p
Temperatura	°C	106	151
Wilgotność	Vol-%	17	17
Wartość przepływu	m ³ /h	275900	2391000
Pył	mg/Nm ³	3 ²⁾	
NO _x	mg/Nm ³	385 ²⁾	
SO _x	mg/Nm ³	18 ²⁾	
HCl	mg/Nm ³	n.w. ³⁾	n.w. ³⁾
HF	mg/Nm ³	0,09 ⁴⁾	0,06 ⁴⁾
Hg	mg/Nm ³	0,009 ⁴⁾ <0,01 ²⁾	0,033 ⁵⁾ <0,002 ²⁾
∑(Cd, Tl)	mg/Nm ³	n.w. ³⁾	n.w. ³⁾
∑ (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn)	mg/Nm ³	0,055 ⁴⁾	0,071 ⁴⁾
∑ (As, Benzo-a-pyren, Cd, Co, Cr)	mg/Nm ³	n.w. ³⁾	n.w. ³⁾
TOC	mg/Nm ³	8	9
PCDD/F	ng-ITEQ/Nm ³	n.w. ³⁾	n.w. ³⁾
Benzen	mg/Nm ³		<1 ⁴⁾

¹⁾ Standardowe warunki w 1013 hPa i 273 K, po odjęciu zawartości wody i tlenu zawartości gazów spalinowych 10% obj.

²⁾ Średnia roczna wynikająca z ciągłych pomiarów

³⁾ Nie wykryto

⁴⁾ Średnia wartość w okresie pobierania prób 0,5 h

Rozdział 2

Tabela 4.6: Wyniki monitorowania emisji przez użycie odpadów paliwowych w niemieckim piecu cementowym [76, Niemcy, 2006]

Jako przykład z cementowni z Estonii, odpady paliwowe używane są w postaci jednorodnej mieszaniny ciekłych palnych odpadów niebezpiecznych i są oparte na olejach odpadowych. Jeśli taka mieszanka spełnia wymagania techniczne przedstawione w tabeli 4.7, mieszanina nazywana jest paliwem odpadowym i jest przewidziana tylko do użycia jako paliwo uzupełniające w piecach cementowych. Partia paliwa odpadowego to określona ilość paliw płynnych odpadowych, przetwarzana jako jeden wsad przed dostarczeniem do użytkownika końcowego w pewnych warunkach i opatrzona świadectwem jakości. Przykłady analizy cech przedstawiono w tabeli 4.8. Przykłady wymagań jakościowych dla odpadów przedstawiono w tabeli 4.9 poniżej.

Arkusz danych jakościowych dla odpadów paliwowych VA ¹⁾				
Nr	Element	Jednostka	Limit wartości; uwagi	Mierzona wartość
Analiza dostawcy dla każdej partii				
1	Wartość kaloryczna w momencie otrzymania	MJ/kg	>17	
2	Zawartość wody w momencie otrzymania	% masy	<35; brak wody niezwiązanej w odpadach w momencie przyjęcia	
3	Zawartość popiołu	% masy	<15	
4	Punkt zapłonu	°C	>60	
5	Cząstki stałe <5mm w paliwie VA ¹⁾	mm	brak	
6	Gęstość w 15 °C	kg/Nm ³	Brak norm	
7	VA ¹⁾ lepkość w 40 °C	cSt	Rozładunek transportu w punkcie przyjęcia jest zagwarantowany bez użycia środków zewnętrznych	
8	Test reakcji na mieszanie z olejem z łupków bitumicznych (koagulacja, gazy, reakcja egzotermiczna)		Negatywny	
Analiza dostawcy na każde 500 Nm ³ VA ¹⁾ lub przynajmniej raz w roku				
8	Siarka (S)	% masy	<2	
9	Całkowita zawartość fluorowców Cl+Br+FI+I	% masy	<1	
10	Metale: Cd+Tl Hg Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V	ppm	<15 <5 <2500	
Analiza dostawcy na każde 2000 Nm ³ odpadów lub przynajmniej raz w roku				
11	PCB ²⁾	ppm	<50	

¹⁾ Specjalnie przygotowane odpady paliwowe VA to homogenna mieszanina płynnych, palnych, niebezpiecznych odpadów opierająca się na olejach odpadowych

²⁾ Polichlorowane bifenyle

Tabela 4.7: Karta jakości paliwa odpadowego z Estonii [75, Estonia, 2006]

Analiza paliw		
Parametr	Jedn.	Analiza
Wyższa wartość kaloryczna	kJ/kg	15072
Niższa wartość kaloryczna	kJ/kg	9211
Ciała stałe ¹⁾	%	24,3 (100)
Węgiel ²⁾ (C)	%	24,7
Siarka (S)	%	5,3
Inne palne ciała stałe	%	20,6
Popiół (niepalny)	%	49,4
Płyny ³⁾	%	36,6 (100)
Benzyna	%	30,3
Ropa	%	69,4

Fenole	%	0,3
PCB ⁴⁾	%	0,5 ⁵⁾
Zawartość wody	%	39,1
Gęstość	kg/1	1,15
Punkt zapłonu	°C	70
Popiół (niepalny), utlenowany:		
Chlorki (Cl)	%	Ilości śladowe
Sód(Na+K)	%	2
Potas (K)	%	
Wapń (Ca)	%	38,5
Krzem (Si)	%	28,8
Miedź (Cu)	%	Ilości śladowe
Magnez (Mg)	%	6,5
Żelazo (Fe)	%	6,1
Fosfor (P)	%	0,2
Glin (Al)	%	7,7
Kadm (Cd)	%	Ilości śladowe
Wanad (V)	%	Ilości śladowe
Ołów (Pb)	%	Ilości śladowe
Cynk (Zn)	%	Ilości śladowe
Chrom (Cr)	%	Ilości śladowe
Nikiel (Ni)	%	Ilości śladowe
Siarka (S)	%	8,7
Tytan (Ti)	%	0,4
Inne	%	1,1
¹⁾ sucha masa w = 0 %		³⁾ Organiczne
²⁾ węgiel		⁴⁾ Polichlorowane bifenyle

Tabela 4.8: Analiza cech z cementowni w Estonii [75, Estonia, 2006]

Wymogi jakościowe dla odpadów		
Parametr	Jedn.	Wymogi
Temperatura w momencie dostawy	°C	90
Lepkość w temperaturze 80 °C	cST ¹⁾	5,5-6,0
Lepkość w temperaturze 100 °C	cST ¹⁾	3,6-4,2
Wartość kaloryczna niższa	MJ/kg	Nie mniej niż 26
Waga partii	kg/m	1130-1140
Punkt zapłonu w otwartym palenisku	°C	Nie mniej niż 130
Temperatura topnienia	°C	do 50
Zawartość popiołu	%	do 0,5
Dodatki mechaniczne ²⁾	%	do 2,0
Zawartość wody	%	do 4,0
Wartość / czynnik kwasowości	mg KOH ³⁾ /g	do 260
Skład chemiczny:		
Siarka (S)	%	do 0,2
Chlorki (Cl)	%	do 0,1
Metale ciężkie: Na, K, Mn, V, Co, Ni, Cu, Pb, Zn	%	do 0,005
¹⁾ cST = centystoksy		³⁾ KOH = wodorotlenek potasu
²⁾ Wielkość cząstek nie większa niż 3 mm		

Tabela 4.9: Wymagania jakościowe dla odpadów z cementowni z Estonii [75, Estonia, 2006]

Tabela 4.10 pokazuje wzrost wykorzystania odpadów i odpadów paliwowych w cementowniach w Estonii od 2000 do 2005 roku.

Rok	Zużycie odpadów paliwowych (t/rok)				
	Płynne				
	Oleje łupkowe	Oleje odpadowe	Materiał z kwasem benzoesowym	Razem	Oleje łupkowe Poddane obróbce

					wstępnej
2000		365		365	
2001	4415	1223		5638	
2002	16809	3322		20131	
2003	16304	4020		20324	
2004	19921	5643	1500	27064	
2005	19242	4552	3312	27106	

Tabela 4.10: Zużycie paliw z odpadów stosowanych w cementowniach w Estonii [75, Estonia, 2006]

4.2.2.1.1 Przykłady zakresów stężeń substancji w odpadach / kryteria wejścia odpadów

W tabelach 4.11 do 4.13 przedstawiono przykłady typowych zakresów stężeń i typowe kryteria wsadu dla różnych substancji z odpowiednich odpadów stosowanych jako paliwa i / lub surowców w różnych cementowniach w poszczególnych krajach.

Parametr	Austria ¹⁾¹⁰⁾			Szwajcaria ²⁾		Niemcy ³⁾	
	Odpady palne ⁴⁾ in ogółem	Plastik, papier, tekstylia drewno, itp. Frakcje wysokokaloryczne z łącznych odpadów	Rozpuszczalniki zużyte oleje roztwory odpadowe	Odpady palne ⁵⁾⁹⁾ ogółem	Inne odpady do utylizacji	Plastik, papier, tekstylia drewno, itp. Frakcje wysokokaloryczne z łącznych odpadów	Rozpuszczalniki zużyte oleje roztwory odpadowe p
Maksymalne wartości (mg/1%)							
As	15	15		15		13	15
Sb	5	20 (200) ⁷⁾		5		120	20
Be	5			5		2	2
Pb	200	500		200		400	150
Cd	2	27		2		9	4
Cr	100	300		100		250	50
Cu	100	500		100		700	180
Co	20	100		20		12	25
Ni	100	200		100		160	30
Hg	0,5	2		0,5		1,2	1
TI	3	10		3		2	2
V	100			100		25	10
Zn	400			400			
Sn	10	70		10		70	30
C1 (razem)	1 %	2%				1.5%	
PCBs	50						

¹⁾dobrowolne zaangażowanie przemysłu cementowego z władzami i odpowiednimi ministerstwami

²⁾ zakres przetwarzania BUWAL, wytyczne ze Szwajcarii

³⁾ dobrowolne zaangażowania ze strony gospodarki odpadami i rozporządzeń rządu Nadrenii Północnej-Westfalii (NRW) Niemcy

⁴⁾ opałowa wartość netto 25 MJ / kg

⁵⁾ średnia opałowa wartość netto 18 MJ / kg

⁶⁾ politereftalan etylenu (PET)

⁷⁾ politereftalan etylenu (PET), poliester

⁸⁾ specjalny przypadek oczyszczania gazów wylotowych dla Hg

⁹⁾ inne odpady palne łącznie (nie dotyczy wybranych upoważnionych strumieni odpadów)

¹⁰⁾ więcej aktualnych wartości można znaleźć w "Wytycznych dla paliw z odpadów" Federalnego Ministerstwa Austrii, zgłoszonych przez Komisję Europejską

Tabela 4.11: Wartości dopuszczalne zużycia odpadów w myśl różnych pozwoleń i przepisów w Austrii, Szwajcarii i Niemczech [104, HOLCIM / GTZ, 2006], [168, TWG CLM, 2007]

Parametr	Jednos	Hiszpania ¹⁾	Belgia ¹⁾	Francja ¹⁾
Wartość kaloryczna	MJ/kg	-	-	-
Fluorowce (wyrażone jako Cl)	%	2	2	2
Cl	%	-	-	-
F	%	0,20	-	-
S	%	3	3	3
Ba	mg/kg	-	-	-
Ag	mg/kg	-	-	-
Hg	mg/kg	10	5	10
Cd	mg/kg	50/100²⁾	70	-
Tl	mg/kg	50/100²⁾	30	-
Σ Hg+Cd+Tl	mg/kg	100	-	100
Sb	mg/kg	-	200	-
ΣSb+As+Co+Ni+Pb+Sn+V+Cr	mg/kg	0,50 %	2500	2500
As	mg/kg	-	200	-
Co	mg/kg	-	200	-
Ni	mg/kg	-	1000	-
Cu	mg/kg	-	1000	-
Cr	mg/kg	-	1000	-
V	mg/kg	-	1000	-
Pb	mg/kg	-	1000	-
Sn	mg/kg	-	-	-
Mn	mg/kg	-	2000	-
Be	mg/kg	-	50	-
Se	mg/kg	-	50	-
Te	mg/kg	-	50	-
Zn	mg/kg	-	5000	-
PCB	mg/kg	30	30	25
PCDD/PCDF	mg/kg	-	-	-
Br+I	mg/kg	-	2000	-
Cyjanki	mg/kg	-	100	-

¹⁾ Wartości dopuszczalne określone przez władze w ramach osobnych pozwoleń dla cementowni w Hiszpanii Belgii i Francji
²⁾ Uaktualnione dane dla Hiszpanii 2007

Tabela 4.12: Przykłady wartości dopuszczalnych dla odpadów paliwowych dla różnych krajów / regionów na podstawie zezwoleń indywidualnych [104, HOLCIM / GTZ, 2006], [182, TWG CLM, 2008]

Parametr	Jednostka	Hiszpania	Belgia ¹⁾	Francja ¹⁾	Szwajcaria ²⁾
TOC	mg/kg	2%	5000	5000	
Fluorowce łącznie (wyrażone jako Cl)	%	0,25	0,5	0,5	
F	%	0,1			
S	%	3	1	1	
Hg	mg/kg	10			0,5
Cd	mg/kg	100			0,8
Tl	mg/kg	100			1
ΣHg+Cd+Tl	mg/kg	100			
Sb	mg/kg				1
Σ Sb+As+Co+Ni+Pb+Sn+V+Cr	mg/kg	0,50 %			
As	mg/kg				20
Co	mg/kg				30
Ni	mg/kg				100
Cu	mg/kg				100
Cr	mg/kg				100
V	mg/kg				200
Pb	mg/kg				50
Sn	mg/kg				50
Mn	mg/kg				
Be	mg/kg				3
Se	mg/kg				1
Te	mg/kg				
Zn	mg/kg				400
PCB	mg/kg	30			1
pH	mg/kg				
Br+I	mg/kg				
Cyjanki	mg/kg				
¹⁾ Wartości dopuszczalne określone przez władze w ramach osobnych pozwoleń dla cementowni w Hiszpanii, Belgii and Francji ²⁾ Wartości dopuszczalne dotyczące odpadów używanych jako surowce BUWAL 1998 (Szwajcaria), Przewodnik Zużycie odpadów w cementowniach					

Tabela 4.13: Przykłady wartości dopuszczalnych dla odpadów do wykorzystania jako surowce w różnych krajach / regionach [104, HOLCIM / GTZ, 2006]

Tabela 4.14 i Tabela 4.15 pokazują przykłady typowych kryteriów wejścia odpadów używanych w niemieckich cementowniach.

Pierwiastek	Stężenie (mg/MJ)
Ołów	0,09-25
Kadm	0,01-0,7
Chrom	0,09-21
Nikel	0,1-25
Rtęć	0,01-0,1
Tal	<0,01-0,1
Cynk	0,5-625

Tabela 4.14: Przykłady typowych zakresów stężeń metali z paliw odpadowych [60, VDI 2094 Niemcy, 2003]

Pierwiastek	Stężenie (mg/kg)
Arsen	13
Kadm	9

Kobalt	12
Chrom	250
Miedź	700 ¹⁾
Rtęć	0,5-1
Mangan	500
Nikel	100
Ołów	400
Antymon	120
Tal	1-2
Wanad	25
Cyna	70
¹⁾ Wyższe stężenia mogą wystąpić w poszczególnych Jednostkowych próbkach	

Tabela 4.15: Przykłady kryteriów wejścia odpadów stosowanych w niemieckich cementowniach [76, Niemcy, 2006]

Tabele 4.16 i 4.17 wskazują dozwolone stężenia dla różnych substancji wykorzystywanych w cementowniach w Austrii. W niektórych przypadkach wybór rodzajów odpadów paliwowych i ich kryteria wejściowe są oparte na tak zwanej "dodatniej liście", która jest zobowiązaniem samego przemysłu cementowego. Ponadto, w niektórych przypadkach, władze lokalne ustanawiają bardziej restrykcyjne kryteria wejściowe. Wszystkie pozwolenia zawierają maksymalne wartości, niektóre w stosunku do wartości kalorycznej, inne w stosunku rodzajów odpadów paliwowych. Ponadto, poza wartościami maksymalnymi, zezwolenia zawierają również wartości średnie i wskazujące wartość 80% dopuszczalnych wartości, w zależności od rodzaju odpadów paliwowych. Jedno zezwolenie zostało wydane w 2005 roku.

Parametr	Odpady paliwowe z wiatkiem osadów ściekowych	Papier i osady ściekowe	Zużycie oleja Rozpuszczalniki Wybielacze	Plastiki Frakcje wysoko-kaloryczne	Odpady drewniane	Zużycie opony	Papier	Guma	Mączka zwierzęca
Maksymalna wartość (mg/kg suchej masy)									
As	15	5-10	10-20	15	15		0,5	36	0,3
Sb	200	20	10-100	20-30(800 ¹⁾)	20		0,5	8,4	1
Pb	150	100-500	250-800	500	300-800		500	33,8	2
Cd	5	3-5	1-20	25-27	10-15		5	8	0,1
Cr	150	100-500	50-300	300	70		300	97	5
Co	50	50-60	3-25	20-100	14		60	128	1
Cu	700	350-600	500	500	100-400		600	748	15
Mn	500	700	70-100		150		300	4250	30
Ni	100	60	40-100	200	100		80	200	1,5
Hg	0,5	2-3	1-2	0,86-2	1		0,6	0,4	0,2
Tl	3	3	1-5	3-10	2		5	1	0,6
V	100	100	10-100	70	60		15	40	1
Zn		1000 - 2000	300-3000		1000	20000	2000	11400	150
Sn	50	10-50		70			10	20	1,5
Cl	1 wt-% ²⁾	0,8 wt-%	1 wt-%	2 wt-%	0,5 wt-%				
S	3 wt-%								
¹⁾ tylko dla politereftalanu etylenu (PET) ²⁾ Cl, F ³⁾ Z jednego pozwolenia									

Tabela 4.16: Przykłady kryteriów pozwoleń (maksymalne wartości) dla substancji w odpadach stosowanych w austriackiej cementowni [161, Austria, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [170, Austria, 2007]

Parametr	Papier i Osady ściekowe	Oleje odpadowe	Rozpuszczalniki	Plastiki	Drewno odpadowe	Papier	Guma	Mączka zwierzęca
Wartości środkowe i wartości 80% (mg/kg suchej masy)								

Rozdział 2

	Środkowa	Środkowa	Środkowa	80 %	80 %.	Środkowa	Środkowa	80 %
As	3,78	12	6	10	10	0,46	16,4	0,2
Sb	4,97	67	6	20	20	0,37	5,72	0,6
Pb	25,5	59	180	150	150	31,85	28	1,5
Cd	1,02	0,5	0,6	15	5	0,63	3,9	0,05
Cr	28	8	30	150	50	12,2	26	3
Co	6,6	1	1,8	15	10	3,6	80	0,4
Cu	160,5	52	300	300	50	10,75	300	12
Mn	350	0,1	42	200	150	287	28,6	25
Ni	22	1	24	100	100	11,1	77	1
Hg	1,2	0,47	0,6	0,6	0,5	0,26	0,02	0,1
Tl	6,69	0,05	0,6	1,5		1,11	0,4	0,3
V	16,05	1	6	30	60	6,11	12	0,5
Zn	40,6	390	30	30	20	1,76	10	1
Sn	877	1000	180			34,9	8597	120
Cl		0,4 wt-%						
S		2 wt-%						
PCB/PCT		50						
Średnia wartość: wartość środkowa - 50 % wartości				Maksymalna wartość: 100 % wartości				
80 %.: 80 % wartości								

Tabela 4.17: Przykłady kryteriów zezwolenia (wartość środkowa i wartość 80%) dla substancji w odpadach wykorzystywanych w cementowniach w Austrii [161, Austria, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [170, Austria, 2007]

Przykłady kryteriów wejścia dla substancji w odpowiednich odpadach wykorzystywanych w cementowniach we Francji (minimalne i maksymalne wartości graniczne), w Hiszpanii i w Polsce pokazano w tabelach 4.18 i tabela 4.19.

Parametr	Jednostka	Maksymalna wartość	Minimalna wartość	Uwagi
Hg	ppm	<10	<10	1)
Hg+Cd+Tl	ppm	<1000	<100	2)
Cr	ppm	<10000	<250	
Cu	%	<2	<1	
Zn	%	<15	<1	
Co	%	<1		
Ni	%	<1		
Mn	%	<1		3)
Pb	%	<0,6	<0,1	
∑As+Ni+Co+Se+Te+Cr+Pb+Sb+Sn+V	ppm	<10000	<2500	
∑As+Ni+Co+Se+Te+Cr+Pb+Sb+Sn+V+Cu	ppm		<3500	
∑Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V+Cd+Tl+Hg	%		<1	
∑As+Ni+Co+Se+Te+Cr+Pb+Sb+Sn+V+Cu+Zn+Mn	%		<2	
∑Cd+Hg+Cr+Pb+Sn+V+Co+As+Cu+Mh+Mo+Tl+Ni	%		<1	
Siarka	%	<12	<0,5	4)
PCB/PCB+PCT ⁵⁾	ppm	<50	<50	5)
PCP ⁶⁾	ppm	<50		6)
razem chlorki	%	<4	<1	7)
Inne fluorowce (bromki+jodki+fluorki)	%		<0,5	
Alkaliczne (Na ₂ O+K ₂ O)	%	<15	0,8	4)
Fosforany (P ₂ O ₅)	%	<15	<0,75	4)

1) Wartość 10 ppm ma zastosowanie dla rtęci we wszystkich pozwoleniach dla zakładów cementowych

2) Wiele pozwoleń dla zakładów cementowych zawiera limit 100 ppm substancji lotnych

3) W poszczególnych przypadkach sytuacja zależy od lokalnych władz. Trzy cementownie nie mają żadnych limitów jeśli chodzi o metale, 10 pozwoleń dotyczy poprzedniego ustawodawstwa UE, niektóre zakłady otrzymały pozwolenia z określoną listą metali lub szczegółowymi ograniczeniami dla poszczególnych metali
Duża tolerancja zakresów w odniesieniu do tego parametru

4) Ograniczenia dotyczą tylko PCB/PCT

5) tylko jedno ograniczenie dotyczące PCP

6) duża tolerancja w zakresie tego parametru, bardziej rygorystyczne ograniczenia mogą pojawiać się w odniesieniu do odpadów do określonego typu pieca

Rozdział 2

⁸⁾ PCB: polichlorowane bifenyle; PCT: polichlorowane trifenyle
⁹⁾ PCP: pentachlorofenole

Tabela 4.18: Przykłady kryteriów wejścia dla substancji, dla odpowiednich paliw używanych w cementowniach na bazie pozwoleń francuskich [168, TWG CLM, 2007], [174, EUCOPRO, 2007]

Parametr	Jednos.	Hiszpania			Polska		
		Prawo krajowe	Zakład 1	Zakład 2	Prawo krajowe	Zakład 1	Zakład 2
Hg	ppm	bk	10		bk	bk	bk
ΣHg+Cd+Tl	ppm	bk	100	100	bk	bk	bk
ΣSb+As+Pb+Cr+Co +Cu+Ni+Mn+V	ppm	bk	5000	10000	bk	bk	bk

bk: brak kryteriów wejścia

Tabela 4.19: Przykłady kryteriów wejścia dla substancji, dla odpowiednich paliw używanych w cementowniach w Hiszpanii i Polsce [168, TWG CLM, 2007], [174, EUCOPRO, 2007]

Parametr	Jednostka	Maksymalna wartość
Siarka	% w/w	1,5
Chlor	% w/w	2,0
Fluor	% w/w	0,5
Brom	% w/w	0,5
Jod	% w/w	0,2
Rtęć	ppm	10
ΣKadm+Tal (razem)	ppm	30
Antymon	ppm	300
Arsen	ppm	60
Chrom	ppm	200
Kobalt	ppm	100
Miedź	ppm	300
Ołów	ppm	500
Mangan	ppm	250
Nikiel	ppm	500
Cyna	ppm	200
Wanad	ppm	50
Polichlorowane bifenyle (PCB)	ppm	10
Pentachlorofenol (PCP)	ppm	20
Ciała stałe	% w/w	15
Popiół	% w/w	10
Woda	% w/w	20

Tabela 4.20: Przykładowe dane techniczne i kryteria wejściowe dla odpadów [168, TWG CLM, 2007], [174, EUCOPRO, 2007]

4.2.2.2 Przykłady zużycia energii

W austriackich cementowniach, na przestrzeni lat od 1997 do 2004 odnotowuje się stały wzrost zużycia konwencjonalnych paliw jak i odpadów opałowych wykorzystanych do pokrycia zapotrzebowania na energię termiczną, jak pokazano w tabeli 4.21.

Paliwo	1997 (t/rok)	1998 (t/rok)	1999 (t/rok)	2000 (t/rok)	2001 (t/rok)	2002 (t/rok)	2003 (t/rok)	2004 (t/rok)
Węgiel	200241	159331	131580	166965	149354	76504	70523	72218
Węgiel brunatny	7434	4335	11774	35023	38855	62908	69786	62551
Olej opałowy	53423	46762	45081	17574	11004	11714	12363	14909
Gaz ¹⁾		11595	12394	13438	11343	10735	8727	8528
Torf	3275	11692	24021	10367	8648	51882	50089	57147
Inne paliwa kopalne	0	0	0	0	0	0	82	1028
Razem paliwa kopalne	273347	233171	221271	239486	215928	210643	209050	213916
Wtórne paliwa	101063	121719	135065	169888	218048	238959	267822	274032
Razem paliwa	374411	354890	356336	409374	433976	449602	476872	487948

¹⁾ 1000 m³ (Vn/rok)

Tabela 4.21: Zużycie paliwa w austriackim przemyśle cementowym [92, Austria, 2006]

4.2.2.3 Przykłady danych dotyczących emisji

Dane dotyczące emisji za rok 2006 z cementowni estońskich przedstawiono w tabeli 4.22.

Nazwa i źródło zanieczyszczeń	Dozwolone poziomy (t/rok)	Realne poziomy emisji w 2006 (t/rok)	
Pył łącznie	542,98	245,5	
Piece rotacyjne pod specjalnym rygorem	420,0	89,84	
	149,60	71,11	
	21,60	8,66	
	178,60	63,23	
	5,76	1,85	
Pył łącznie pochodzący z	Kruszarki kamienia wapiennego	5,04	0,86
	Młyny cementowe	7,56	2,25
	Młyny cementowe z separatorami	2,52	0,80
	Maszyny pakujące cement	1,08	0,44
	Kamieniołomy wapienne	50,96	2,5
	Wysypiska odpadów przemysłowych	4,32	1,02
	Kamieniołomy łupków bitumicznych	1,44	0,35
	Port (różne materiały)	114,50	2,85
	SO ₂	5762,70	1696,63
	SO ₂ pochodzące z	Piece rotacyjne	5760,00
Młyny łupków bitumicznych		2,70	-
NO _x (liczone jako NO ₂)	3072,6	576,57	
NO _x pochodzące z	Piece rotacyjne	2880,00	534,37
	Młyny łupków bitumicznych	43,2	15,76
	Stacje wytwórni mocy	149,4	26,44
CO	3072,60	510,43	
CO pochodzące z	Piece rotacyjne	4608,00	460,00
	Młyny łupków bitumicznych	10,8	7,72
	Stacje wytwórni mocy	149,40	42,71
CO ₂	787333	745620	
Chlorowodór	247,60	5,03	
Fluorowodór	12,68	-	

Rozdział 2

VOC	307,44	26,17
Metale ciężkie	20,32	0,08

Tabela 4.22: Przykłady różnych poziomów emisji w cementowniach Estonii w 2006 r. w porównaniu z dozwolonymi poziomami emisji [75, Estonia, 2006]

Drobny pył PM_{10} i $PM_{2,5}$

Przykłady drobnych frakcji pyłu PM_{10} i $PM_{2,5}$ emitowanego z irlandzkich zakładów cementowych przedstawiono w tabeli 4.23.

Źródło	PM	Stężenia			Współczynnik emisji masowej(kg/h)	
		Wyemitowane (mg/Nm ³)	Polepszone z 10 % tlenu (mg/Nm ³)	Standardowe warunki (mg/Nm ³)		
Zakład 1 ⁶⁾	Młyn surowcowy(ESP)	PM ₁₀	2,61 ¹⁾	2	0,7684	
		PM ₁₀	2,65 ¹⁾	2	0,7237	
	Ruszt chłodnicy (ESP)	PM ₁₀	7 ²⁾		1,4782	
		PM ₁₀	7 ²⁾		1,6866	
	Młyn węglowy (filtr tkaninowy)	PM ₁₀	9,33 ³⁾	9	0,2979	
		PM ₁₀	10,1 ³⁾	10	0,3085	
	Młyn cementowy (filtr tkaninowy)	PM ₁₀	107 ⁴⁾		4,38	
		PM ₁₀	73 ⁴⁾		3,00	
Separatory w młynach cementow (filtry tkaninowe)	PM ₁₀	3 ⁵⁾		0,4095		
Wentylatory wylotow Filtry tkaninowe	PM ₁₀	0 ⁵⁾	0,007 – 0,302	0		
Zakład 2 ⁷⁾	Młyn cementowy (filtr tkaninowy)	PM ₁₀		3,33		
		PM _{2,5}		<1,1		
	Młyn węglowy (filtr tkaninowy)	PM ₁₀			3,33	
		PM _{2,5}			3,33	
	Młyn surowcowy i młyn cementowy(ESP)	PM ₁₀			2,22	
		PM _{2,5}			5,56	
	Piec podajnikowy (filtr tkaninowy)	PM ₁₀			1,11	
		PM _{2,5}			2,22	
	Przenośnik klinkieru (Filtr tkaninowy)	PM ₁₀			1,11	
		PM _{2,5}			1,11	
	Filtr tkaninowy	PM ₁₀			1,11-7,78	
		PM _{2,5}			1,11-2,22	
	młyn cementowy	PM ₁₀			5,56-3,33	
		PM _{2,5}			1,11-2,22	
	Silos	PM ₁₀			1,11	
PM _{2,5}				<1,1-3,33		
Młyn węglowy	PM ₁₀			4,44		
	PM _{2,5}			3,33		
Kruszarka wtórna	PM ₁₀			1,11		
	PM _{2,5}			<1,1		

Rozdział 2

- ¹⁾ 7% tlenu, temperatura 139 ° C, średni przepływ gazu 280397 Nm³ / h, 3925558 Nm³ / dzień
²⁾ 20,9% tlenu, temperatura 216 ° C, średni przepływ gazu 225272 Nm³ / h, 2703269 Nm³/dzień
³⁾ 10% tlenu, temperatura 86 ° C, średni przepływ gazu 31241 Nm³ / h, 656063 Nm³/dzień
⁴⁾ 20,9% tlenu, temperatury 110 ° C, średni przepływ gazu 40901 Nm³ / h, 940739 Nm³/dzień
⁵⁾ 20,9% tlenu, temperatura 86 ° C, średni przepływ gazu 136940 Nm³ / h, 2191046 Nm³/dzień
⁶⁾ Pomiary od 2001 r.
⁷⁾ Pomiary od 2004 r.

Tabela 4.23: Przykłady emisji pyłów PM₁₀ i PM_{2,5} pochodzących z cementowni w Irlandii [113, Irlandia, 2007 r.], [182, TWG CLM, 2008]

Emisja do wody

W przykładowym zakładzie w Estonii prowadzącym produkcję metodą moką, użyte zostało w 2005 roku 602.000 m³ wody na kolektor osadu i oleju. Emisja do wody wynika z procesu technologicznego w produkcji ścieków i właściwości kolektora oleju. Emisje do wody i ilości zanieczyszczeń w ściekach z estońskiej cementowni przedstawiono w tabeli 4.24.

Ilość zanieczyszczeń w wodzie zużytej			
Zanieczyszczenie	Jednostka	Zbiornik na szlam lub olej	
		2004	2005
Zapotrzebowanie biologiczne na tlen	mg/l	5	7
Zawieszone ciała stałe	mg/l	8,3	11
Azot całkowity	mg/l	1,8	1,4
Fosfor całkowity	mg/l	0,08	0,057
Siarczany	mg/l		
Fenole I bazy	µg/l	0,019	<0,5
Fenole II bazy	µg/l	0,0053	<0,5
Olej	mg/l	0,03	0,01
Zapotrzebowanie chemiczne na tlen	mg/l	54	

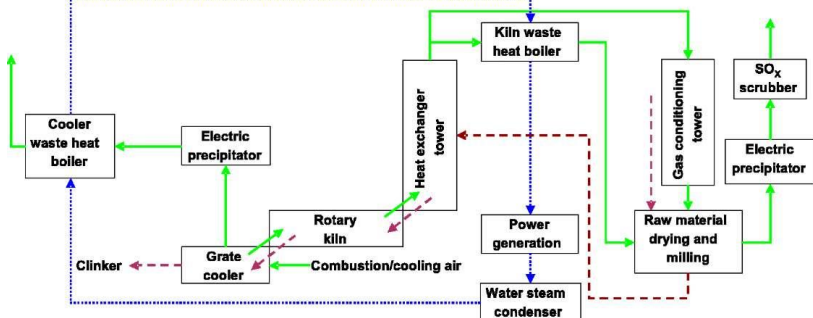
Tabela 4.24: Ilości zanieczyszczeń w ściekach w cementowni w Estonii [75, Estonia, 2006]

4.2.3 Produkcja cementu - Kogeneracja / odzysk ciepła odpadowego

4.2.3.1 Kogeneracja energii elektrycznej poprzez tradycyjne procesy obiegu pary wodnej – w cementowni w Slite w Szwecji

Cementownia w Slite (dwa piece) (wyspa Gotland / Szwecja), która początkowo była przeznaczona do produkcji klinkieru na poziomie 6000 t / d, stale zwiększała swoją produkcję, która obecnie wynosi 7000 t / d. W zawieszanej wieży cyklonowego podgrzewania wstępnego gazy wylotowe mają temperaturę ok. 440 °C. Ponadto zakład posiada dostęp do korzystnie niskich cen surowców o wilgotności materiału od 2 - 3%. Tylko część ciepła z pieca jest potrzebna do mielenia na sucho. Odzyskane ciepło wysyłane jest do istniejącej elektrowni znajdującej się na terenie przyległym do terenu cementowni, prowadzonej przez osobę trzecią, która wykorzystuje turbinę parową do wytwarzania energii elektrycznej. Para wytwarzana jest w dwuetapowym systemie boilerów odzyskujących ciepło, pierwszy etap - na chłodnicy klinkieru, a drugi w dolnym kanale pieca. Posiadając instalację, jak pokazano na rysunku 4.1, zakład jest w stanie dostarczyć parę wodną odpowiedniej jakości do:

- chłodnicy klinkieru z gazami spalinowymi jako źródłem ciepła (ok. 330 °C)
- elektrycznych odpylaczy w chłodnicy klinkieru na strumieniu gazu
- kotłów odpadów - na chłodnicy klinkieru - z obiegiem pary wodnej
- drugiego kotła ciepła odpadowego w trybie gazów wylotowych na wieży podgrzewania wstępnego jako miejsce o wysokim stężeniu pyłów
- turbin i generatorów, w których wytwarzana jest energia elektryczna
- wody morskiej działającej jako skraplacz przy ponownym schładzaniu pary wodnej.



Kocioł odzysknicowy pieca

Pluczka SO_x

Kocioł odzysknicowy chłodnika Filtr elektrostatyczny Wieża wymiennika ciepła Wieża oczyszczania gazu Filtr elektrostatyczny Piec obrotowy Generator prądu Suszenie i mielenie surowca Klinkier Chłodnik rusztu Powietrze spalania/chłodzenia Kondensator pary wodnej

Rysunek 4.1: Schemat przepływu w dwuetapowym systemie odzyskiwania ciepła na bazie wody do systemu kogeneracji energii w cementowni Slite w Szwecji

[133, CEMBUREAU / Federhen, 2007]

Na początku klinkierowe chłodnice kotłów do odpadów pozyskujących ciepło działają zgodnie z oczekiwaniami. Jednak podgrzewacze gazów wylotowych nie generują pary, jak zostały pierwotnie do tego zaprojektowane - nawet po modyfikacji. To niepowodzenie może być postrzegane jako wynik warstwy izolacyjnej drobnego pyłu na rurach wymiennika ciepła. W celu przewyższenia nieefektywności kotła, potrzebny jest bardziej skuteczny system dmuchaw do pyłów. Wewnętrzne badania wykazały, że konwencjonalne metody czyszczenia rur z parą nie są ekonomiczne. Zamiast tego, potrzebny jest kocioł produkujący ciepło

odpadowe z dużymi powierzchniami wymienników ciepła. Opcja ta, jednak, mogłaby generować znacznie większy spadek ciśnienia i wzrost popytu wewnętrznego zasilania.

W 2007 roku zakład pobrał ok. 30 MW energii cieplnej z systemu, który był początkowo zaplanowany na 9 MW i teraz po optymalizacji dostarcza około 6 MW. Koszty inwestycji, obliczone w 1999 roku, wyniosły 8 x 10⁶ EUR za bojler systemy dystrybucji pary, z czego 25% było dotowane. Jednak żadne koszty nie zostały poniesione za ponowne wykorzystanie istniejących turbin parowych, które znacząco przyczyniły się do korzyści ekonomicznych z tej instalacji. Produkcja roczna energii elektrycznej wynosi aktualnie ok. 50 GWh co równa się ¼ całkowitego zapotrzebowania zakładu na energię.

4.2.3.2 Kogeneracja w procesie organicznego cyklu Rankine'a (ORC) - cementownia w Lengfurt w Niemczech

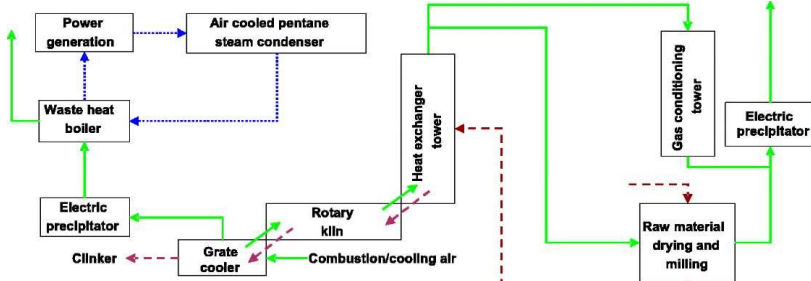
Zakład Lengfurt korzysta z procesu tzw. organicznego cyklu Rankine'a (ORC) w niskiej temperaturze. Proces ten opiera się głównie na wykorzystaniu nośników organicznych (pentan), który odparowuje w znacznie niższych temperaturach niż woda, zamiast wykorzystywania pary wodnej jako nośnika. Podstawowe zasady tej techniki były wykorzystywane z powodzeniem od długiego czasu w technologii chłodniczej. Technologia ORC służy głównie do wytwarzania energii z geotermalnych źródeł ciepła, jednak wykorzystanie tego procesu w cementowni jest tu zastosowane po raz pierwszy na świecie. Rysunek 4.2 przedstawia schemat tego procesu.

Proces ORC do wytwarzania energii w niskiej temperaturze w cementowni z Lengfurt może być postrzegany w 2007 roku, po siedmiu latach doświadczeń, za technologicznie wykonalną alternatywę dla elektrowni wykorzystujących parę wodną, a dzięki regionalnym funduszom rządowym, również jako alternatywę opłacalną dla właściciela.

Jej szczególną zaletą jest stabilne i solidne działanie, zwarta konstrukcja i stosunkowo wysoki poziom wydajności, która może być osiągnięta przy wykorzystaniu źródła ciepła poniżej 275 °C. Jednak procesy te nie są typowe dla cementowni i eksploatacja i utrzymanie ich wymaga specjalnego przeszkolenia personelu.

Elektrociepłownia wykorzystująca odpady w systemie ORC zasadniczo składa się z kilku podsystemów:

- chłodnicy klinkierowej z gazami spalinowymi jako źródłem ciepła
- systemu ESP w celu ograniczenia emisji pyłu.
- kotła opalanego odpadami z układem na pentan
- turbiny i generatora, w którym energia jest generowana
- Układu skraplającego powietrze do ponownego chłodzenia obwodu z pentanem.



Generator prądu Kondensator pary pentanowej schładzanej powietrzem
 Kocioł odzysknicowy
 Pluczka SO_x
 Filtr elektrostatyczny Wieża wymiennika ciepła Wieża oczyszczania gazu Filtr elektrostatyczny
 Filtr elektrostatyczny Piec obrotowy Suszenie i mielenie surowca Klinkier
 Chłodnik rusztu Powietrze spalania/chłodzenia

Rysunek 4.2: Schemat systemu odzyskiwania energii ze spalania odpadów z wykorzystaniem przepływu pentanu w ramach kogeneracji energii w zakładzie Lengfurt w Niemczech [133, CEMBUREAU / Federhen, 2007]

Wyniki wykazały, że 1,0 MW (net.) energii elektrycznej może być wygenerowany w danym trybie pracy. Uzyskana dostępność wyniosła 97% czasu pracy pieca cementowego. Chłodnica klinkierowa osiąga moc poprzez powietrze wylotowe chłodnicy klinkierowej na poziomie 14 MW i temperaturę spalin od 300 - 350 °C z czego średnio pobierane jest około 9 MW.

Czasami, ze względu na pewne warunki pracy pieca i rusztowej chłodnicy klinkierowej, produkcja turbiny jest niższa niż pierwotnie planowano. W 2007 roku, elektrociepłownie wykorzystujące odpady generowały aż do 9%, jednak w przyszłości, w tym zakładzie możliwe będzie pokrycie do 12% zapotrzebowania na energię elektryczną cementowni. W ten sposób poziom emisji CO₂ ze spalania odpadów związany z wytwarzaniem energii można zmniejszyć do poziomu pomiędzy ok. 3000 do 7620 t / rok.

Całkowite koszty inwestycyjne wyniosły 4 mln EUR. Z tych kosztów całkowitych, 2 mln EUR zostały rozliczone przez zakład ORC z układem chłodzenia pentanem łącznie z kosztami instalacji. Reszta została wykorzystana na kocioł do spalania odpadów, instalację przekazywania ciepła, konstrukcje betonowe, elektrykę, projektowanie, uruchomienie, pozostałe urządzenia i opłaty. Z tego wynikły określone koszty kapitału ok. EUR 4000/kW (net.) lub 1300 EUR / t CO₂ rocznie. Wygenerowana energia elektryczna była na poziomie około 6000 MWh / rok, a koszty pracy wyniosły 50000 EUR rocznie. Jednakże do tych kosztów nie doliczono rezerw na remonty, które będą konieczne, gdy zakład będzie starszy [78, E. Baatz + G. Heidt, 2000], [79, Niemcy, 2001], [133, CEMBUREAU / Federhen, 2007].

4.2.4 Produkcja cementu - przykłady redukcji NO_x przy użyciu wysokowydajnej techniki SNCR

Zastosowanie techniki SNCR w piecach cementowych posiada już ponad 25-letnią tradycję. Pierwsze zastosowania operacyjne wykazały podstawowe zastosowania SNCR w obrotowych piecach cementowych, pod warunkiem zapewnienia zakresu temperatur między 900 a 1000 °C. W latach

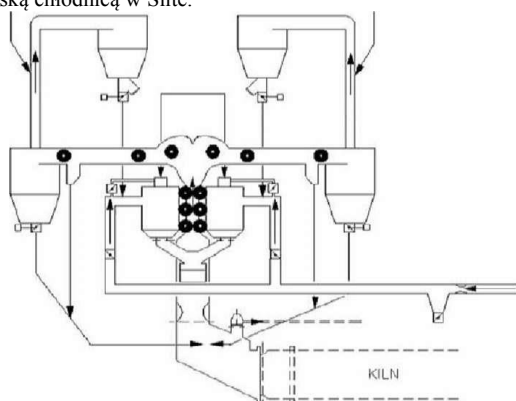
Rozdział 2

dziewięćdziesiątych badania zostały rozciągnięte na wiele pieców cementowych, w różnych krajach (Niemcy, USA, Austria, Szwecja, Szwajcaria, itp.). W większości przypadków osiągnęto poziom redukcji NO_x o ponad 50%. Teraz technologia SNCR jest używana w przemyśle cementowym do redukcji NO_x i jest z powodzeniem stosowana w wielu piecach cementowych w Europie i USA.

4.2.4.1 Przykład technologii SNCR stosowanej w Szwecji

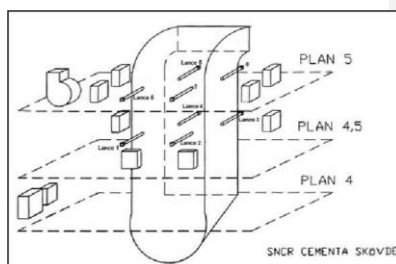
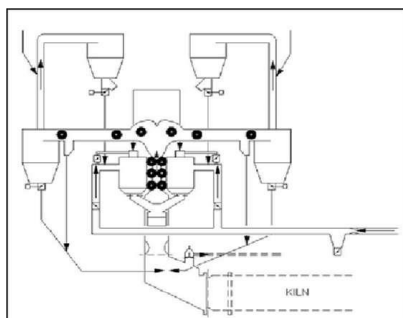
Proces

W Szwecji firma Cementa AB wykorzystywała wysoce efektywną technologię SNCR do redukcji NO_x od 1997 roku w przypadku trzech pieców cementowych o pojemności pieca 1900 t / d (pięciostopowy podgrzewacz wstępny z płaską chłodnicą) na terenie swojej cementowni Skövde o wydajności pieca 1200 oraz 5800 t / d w swojej cementowni Slite. Rysunek 4.3 przedstawia schemat pieca z podgrzewaczem i płaską chłodnicą w Slite.



Rysunek 4.3: Schemat procesu produkcji cementu w Slite (Szwecja)
[114, Szwecja, 2006]

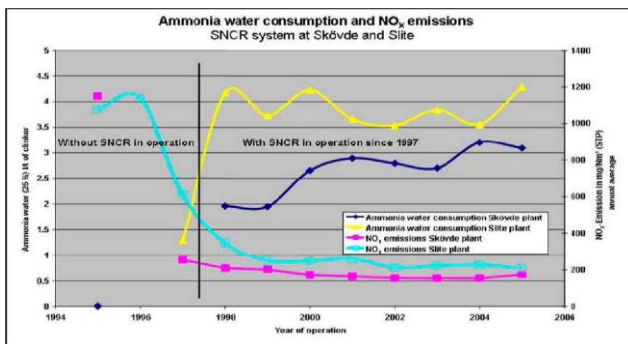
Do wprowadzenia amoniaku do strumienia gazu, używana jest różna liczba par dysz. W cementowni Slite normalnie używa się od 3 do 4 par dysz, jak pokazano na rysunku 4.4, a schematyczne rozmieszczenie dysz do podawania roztworu amoniaku w Skövde jest pokazane na rysunku 4.5.



Rysunek 4.4: Schemat podawania roztworu NH₃ w technologii SNCR w cementowni Slite w Szwecji
[114, Szwecja, 2006]

Rysunek 4.5: Schemat i plan dyszy do podawania roztworu NH₃ w technologii SNCR w cementowni w Skövde w Szwecji
[114, Szwecja, 2006]

W obu zakładach początkowy poziom NO_x wynosił od 800 do 1100 mg/Nm³, a stopa redukcji kształtowała się na poziomie 80%, jak początkowo zakładano. Od 1998 roku długoterminowa emisja NO_x, jaka została osiągnięta pozostała na poziomie około 200 mg/Nm³, a w zakładzie Skövde mniej niż 200 mg/Nm³, mierzone jako wartość średnioroczna. Od 1997 roku, około 63500 t amoniaku zostało wykorzystane w celu zmniejszenia poziomu do NO_x około 45000 t. W zakładzie Slite, zużycie wody amoniakalnej (25%) ustabilizowało się na poziomie 3,5 do 4,5 l / t klinkieru. W zakładzie Skövde poziomy te wahały się od 2,5 do 3,5 l / t. Rysunek 4.6 pokazuje zużycie wody amoniakalnej i emisji NO_x, które zostały osiągnięte w tych zakładach od 1995 do 2005 roku. Efekt wahającego się zużycia amoniaku wynika najprawdopodobniej ze zmiany warunków spiekania klinkieru i, w mniejszym stopniu, także ze zużycia dysz w systemie. Co ciekawe, nie było konieczności wymiany dysz w latach 1997 i 2005, a przestoje na trzech piecach wynosiły mniej niż 200 h.



Zużycie wody amoniakalnej i emisje NO_x

System SNCR w cementowniach w Skövde i Slite

Woda amoniakalna (25%) l / tonę klinkieru

Bez działającego systemu SNCR Z system SNCR działającym od 1997 r.

Zużycie wody amoniakalnej w zakładzie w Skövde

Zużycie wody amoniakalnej w zakładzie w Slite

Emisje NO_x w zakładzie w Skövde

Emisje NO_x w zakładzie w Slite

Emisje NO_x w mg/Nm³ (STP) średnia roczna

Rok działania

Rysunek 4.6: Emisja NO_x a zużycie wody amoniakalnej w cementowni w Slite i Skövde w Szwecji od 1995 do 2005 r.

Stosunek molowy

W 2001 roku, początkowy stosunek molowy wynosił 1 - 1,2 (mol NH₃ do obecnego mola NO_x) w zakładzie Skövde. Ze średnim współczynnikiem skuteczności usuwania na poziomie 80%, obliczane są one na poziomie 1,2 do 1,4 dla usuniętego NO_x. W zakładzie Slite, stosunek amoniaku, jak

Rozdział 2

początkowo zakładano po raz kolejny kształtował się na poziomie 1,2-1,4 mola / mol (obecny NO_x do wstrzykniętego NH₃) lub 1,5-1,8 (zredukowany NO_x do wstrzykniętego NH₃).

Amoniak

Od 1994 do 1996 roku, testy dotyczące amoniaku i jego emisji wykazały, że oba zakłady miały normalny poziom emisji amoniaku uwzględniając surowiec i kształtowały się na poziomie od 10 do 30 mg/Nm³ w zakładzie Skövde i od 15 do 20 mg/Nm³ w zakładzie Slite.

W zakładzie Skövde, poziom amoniaku, po zastosowaniu operacyjnej technologii SNCR wynosił 5-10 mg/Nm³. W Slite, poziom amoniaku na szczycie naturalnych emisji wynosił ok.. 5 do 20 mg/Nm³.

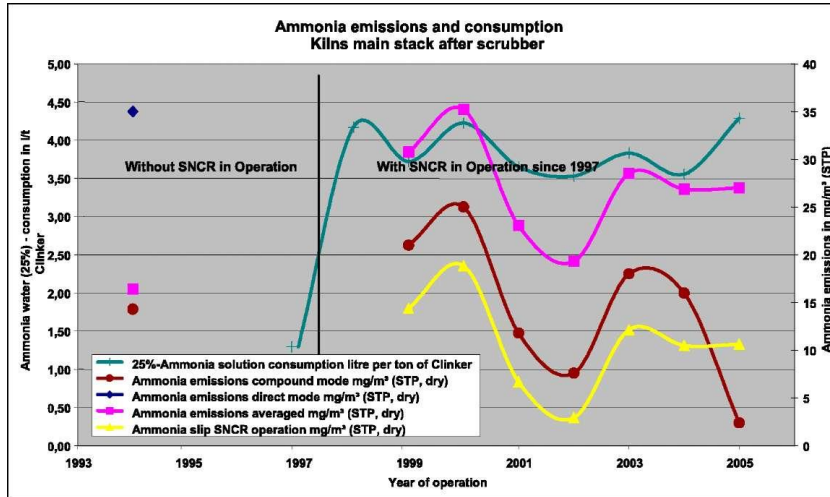
W 2003 roku w zakładzie Skövde, powtarzane pomiary wykazały mniej niż 5 mg/Nm³ amoniak bez SNCR i 20 mg/Nm³ przy użyciu SNCR.

Istotne dla obu zakładów jest to, że używane były młyny surowców. Amoniak był zbierany w ramach tych systemów frezowania. W Skövde systemy mielenia (młyny surowców i węgla) były używane przez ponad 98% czasu pracy. W związku z tym emisja amoniaku odczytana w trybie operacyjnym (młyn pracujący / młyn wyłączony) reprezentowała poziom danych średnich.

Przeciwnie, w cementowni w Slite stosowane są płuczki SO_x, gdzie amoniak jest buforowany w roztworze, więc to wyrównuje jego wahania. Wraz z gipsem, tylko niewielka część amoniaku jest przenoszona do urządzeń do mielenia cementu (3 kg / h). Młynki cementowe działają w niskich temperaturach w obiegu zamkniętym i bardzo rzadko zapach amoniaku był wykrywalny w cemencie. Ponadto od 1998 roku, ciągłe pomiary emisji amoniaku przeprowadzono u ujścia płuczki. Dane pomiarowe emisji amoniaku, w stosunku do zużycia wody amoniakalnej w zakładzie Slite są pokazane na rysunku 4.7.

W okresie pracy bez płuczki SO₂, emisja amoniaku wynosiła od 15 do 35 mg/Nm³.

Od momentu, gdy płuczka była w eksploatacji, krótkotrwałe piki poziomów mogą być wyższe, nawet do 125 mg/Nm³. To dlatego, że roztwór w płuczce zwiększa swoją temperaturę z 53 do 59 °C, co przesuwają równowagę roztworu i część zgromadzonego amoniaku jest uwalniana. Dzięki zastosowaniu płuczki w zakładzie Slite, średni poziom amoniaku wynosi 20 - 35 mg/Nm³ i jest zgodny z obserwowaną tendencją w przypadku wody amoniakalnej. Efekt ten pokazuje, że powinien być położony nacisk - mimo wysokiej wydajności systemu SNCR - także na pierwotną kontrolę emisji NO_x przez optymalizację warunków procesu spalania.



Emisje i zużycie amoniaku Główny komin pieca po zastosowaniu płuczki

Woda amoniakalna (25%) zużycie w l / tonę klinkieru

Bez działającego systemu SNCR Z system SNCR działającym od 1997 r.

Zużycie roztworu amoniaku 25% l/t klinkieru

Złożony tryb emisji amoniaku mg/m³ (STP, suchy)

Bezpośredni tryb emisji amoniaku mg/m³ (STP, suchy)

Uśredniony tryb emisji amoniaku mg/m³ (STP, suchy)

Emisje amoniaku przy działającym systemie SNCR mg/m³ (STP, suchy)

Emisje amoniaku w mg/m³ (STP)

Rok działania

Rysunek 4.7: Emisja NH₃ i zużycie wody amoniakalnej dla dwóch pieców cementowych w cementowni Slite w Szwecji od 1994 do 2005 r.

[114, Szwecja, 2006]

W szwedzkich cementowniach został zastosowany specjalny sprzęt. Za pomocą tego urządzenia i działania przy niskich poziomach emisji NO_x, dodatkowe emisje amoniaku kształtowały się na poziomie na poziomie 5 - 20 mg/Nm³. Jednak poziom amoniaku podlega wahaniom w zależności od charakteru procesu produkcji cementu.

Koszty eksploatacji

Koszt eksploatacji systemu SNCR jest zależny od zużycia wody amoniakalnej. Potrzebna jest niewielka ilość energii do pompowania, a spalanie amoniaku w strefie redukcji w temp. 900-1100 °C kompensuje ciepło potrzebne do odparowania wody (nośnik amoniaku).

Z kosztami na poziomie ok. 100 EUR za tonę 25% wody amoniakalnej w 1996 r. i 130 EUR za tonę w roku 2006 r., redukcja kosztów na tonę wyprodukowanego klinkieru wzrosła w Skövde nieznacznie od początkowych 0,30 EUR do 0,35 EUR. Łączne koszty wynosiły tu wówczas 0,40 EUR do 0,45 EUR za tonę klinkieru.

W Slite, ponieważ koszty transportu na wyspę Gotland są wyższe niż na kontynencie (w 2007 r. koszt wynosił 140 euro za tonę), koszt oscylował w granicach 0,40 EUR do 0,50 EUR za tonę klinkieru. Koszty produkcji, energia elektryczna, konserwacja i amortyzacja kumulują się do dodatkowych 0,10 EUR za tonę klinkieru. Jak pierwotnie wyliczono, całkowity koszt na tonę klinkieru pozostawał na

Rozdział 2

poziomie około 0,50 EUR do 0,60 EUR.

W okresie od 1997 do 2005 roku redukcja kosztów wyniosła łącznie ok. 11 mln EUR. W tym samym czasie, około 45000 t NO_x zostało wyemitowane. Łączne koszty z amortyzacji, koszty inwestycyjne, koszty energii i koszty związane z amoniakiem NO_x zmniejszyły się do 250 EUR za tonę emisji NO_x.

4.2.4.2 Przykład technologii SNCR stosowanej w Niemczech

W przykładowej cementowni w Niemczech, używającej nowoczesnego systemu pieców suchego systemu, technologia SNCR była używana od wielu lat. Zakład ten używa pieca obrotowego o średnicy 5,5 m i długości 89 m, z czteroetapowym i dwu ciągowym podgrzewaczem i płaską chłodnicą. Jego zdolność przerobowa to około 3000 t / d klinkieru. Piec może być opalany w 100% paliwami odpadowymi. Odpowiedni zakres temperatur jest podany dla obszaru przewodu wznoszącego, aby miał zastosowanie w odniesieniu do procesu SNCR. Początkowo poziom emisji NO_x jest dość niski i wynosi około 400 - 600 mg/Nm³, każdego dnia. Jednak może też sięgać do 1200 mg/Nm³ i więcej.

Woda amoniakalna (25% roztwór amoniaku) jest przechowywana w zbiorniku o pojemności 100 m³. Stamtąd woda amoniakalna jest pompowana do mniejszego pojemnika, a wtrysk wody amoniakalnej, kontrolowany przez odpowiednie urządzenie, odbywa się przez system osmiu lanc jak to pokazano na rysunku 4.8. Układ lanc jest określony przez profil temperatury w kanale pionowym.



Rysunek 4.8: Wysokowydajna technologia SNCR i miejsce wstrzykiwania wody amoniakalnej przez lance w punktach nr 21 do 26

[76, Niemcy, 2006]

Dzięki zastosowaniu wysokowydajnej technologii SNCR, poziom emisji 500 mg NO₂/Nm³ może stale być utrzymywany bez znacznego spadku amoniaku. Przeprowadzono próby w celu optymalizacji procesu SNCR w celu osiągnięcia emisji NO_x poniżej wartości 500 mg/Nm³. W 2007 roku, ostatnie wyniki z sześciomiesięcznych testów wydajności wykazały, że wartości emisji NO_x z 350 mg/Nm³ (dziennie wartości średnie) uzyskano poprzez zastosowanie NH₃: NO w stosunku molarnym 0,7 (bezpośrednie działanie / młyn włączony) - 0,8 (bezpośrednie działanie / młyn wyłączony). Ponadto, wartości emisji NO_x na poziomie 200 mg/Nm³ (dziennie wartości średnie) uzyskano poprzez zastosowanie NH₃: NO w stosunku molarnym 1,4 (bezpośrednie działanie / młyn włączony) -1,5 (bezpośrednie działanie / młyn wyłączony). Jednakże, w przypadku zastosowania wyższych

Rozdział 2

stosunków molarnych NH_3 : NO , poziom emisji amoniaku musi być wzięty pod uwagę. Podczas testów wydajnościowych, poziom emisji NH_3 był mierzony w sposób ciągły. Wyniki pomiarów NH_3 doprowadziły jednak do znacznego spadku amoniaku przy utrzymywaniu poziomu $200 \text{ NO}_x \text{ mg/Nm}^3$, szczególnie w trybie pracy przy wyłączonym młynie (max. $50 - 200 \text{ mg/Nm}^3$). W sumie spadek amoniaku był dwa razy wyższy, aby osiągnąć poziom emisji 200 mg/Nm^3 (NH_3 : trzymiesięczna średnia wartość 11 mg/Nm^3) w porównaniu do poziomu 350 mg/Nm^3 (NH_3 : trzymiesięczna średnia wartość 21 mg/Nm^3). Stosunek pracy przy wyłączonym młynie wynosił w tym przypadku około 10 - 20%. Podczas testów wydajności nie można było zaobserwować istotnego wzbogacenia w amoniak mączki surowcowej i pyłu ESP. Badania wykazały, że emisje amoniaku powinny być szczegółowo brane pod uwagę. Spadki amoniaku, które występują, ze względu na powyższe procesy, wyznaczają granice stechiometrycznych dodatków substancji redukujących [76, Niemcy, 2006], [168, TWG CLM, 2007], [173, Niemcy, 2007], [182, TWG CLM, 2008],

4.2.5 Produkcja cementu- przykład redukcji NO_x przy użyciu technologii SCR

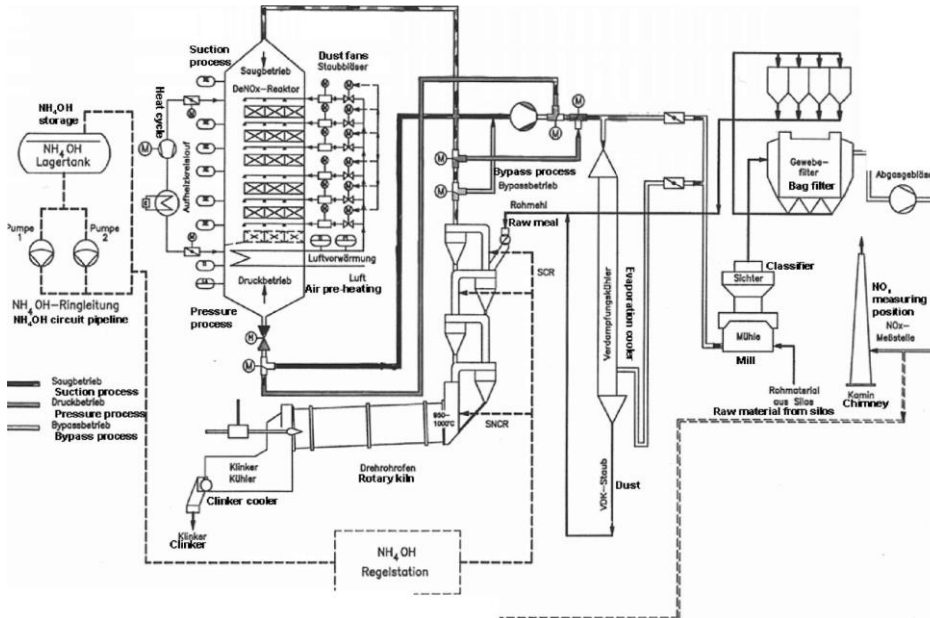
Opis

Pierwszy zakład demonstracyjny SCR w pełnym zakresie został zbudowany w Niemczech z funduszy publicznych. Zakład ten (Solnhofen Portland-Zementwerke) prowadzi działalność od 2001 roku. Solnhofen Portland-Zementwerke zdecydował się na wdrożenie wysoko pyłowego systemu SCR, z następujących powodów:

- zmniejszenie zużycia NH_3 w porównaniu do SNCR, co powoduje obniżenie kosztów operacyjnych
- na wyjściu z czteroetapowego podgrzewacza gaz wylotowy ma temperaturę $320 - 350 \text{ }^\circ\text{C}$, która jest odpowiednia dla SCR i nie wymaga podgrzewania (jak w przypadku konfiguracji pomiędzy filtrem tkaninowym i kominem), zmniejszając tym samym koszty energii i spadek ciśnienia.

Reaktor SCR w Solnhofen umożliwia instalację sześciu warstw katalitycznych elementów, ale tylko trzy z tych warstw są w użyciu. Każda warstwa składa się z sześciu modułów, każdy z 72 elementów katalitycznych. Katalityczne elementy mają rozmiar $15 \times 15 \times 90 \text{ cm}$, grzebieniastą strukturę i specjalną kompozycję opartą na TiO_2 i V_2O_5 . Wysokość 13 mm (ale 10 mm w środkowej warstwie) została wybrana w celu uniknięcia zatykania. Zintegrowany system odpylania wykorzystuje podgrzewane powietrze pod wysokim ciśnieniem do usuwania kurzu nagromadzonego na powierzchniach katalizatora. Dysze powietrza są przesuwane w sposób ciągły przez każdą warstwę katalizatora, co jest niezbędne, by usunąć kurz z katalizatora, bez konieczności przerywania procesu. Poprzez optymalizację systemu odpylania, zużycie wysoko sprężonego powietrza zostało obniżone z początkowych 100 do 18 m^3 na tonę klinkieru cementowego, w wyniku czego koszty energii do działania katalizatora w wysokości około $0,098$ za tonę klinkieru [76, Niemcy, 2006].

Proces SCR z przykładowego zakładu SCR Solnhofen pokazany jest na rysunku 4.9.



Proces zasysania Wentylatory pyłowe
 Przechowywanie NH₄OH Cykl ogrzewania Proces bypass Filtr workowy
 Obieg NH₄OH Proces ciśnieniowy Podgrzewanie powietrza Surowiec Klasyfikacja
 Chłodnik pary Pozycja pomiaru NO_x
 Proces zasysania Proces ciśnieniowy Proces bypass Surowiec z silosu Komin
 Chłodnik klinkieru Piec obrotowy Pył
 Klinkier

Rysunek 4.9: Schemat przykładowego zakładu SCR w Niemczech (Solnhofen Portland Zementwerke) [76, Niemcy, 2006]

W celu zapewnienia maksymalnego okresu funkcjonowania reaktora SCR, został on zaprojektowany w celu ułatwienia działania zarówno od dołu, jak i od góry, co pokazano na rysunku 4.9. W związku z tym, zintegrowany system odpylania jest w stanie zdmuchnąć nagromadzony pył zarówno z górnej, jak i dolnej powierzchni każdej warstwy katalizatora. Jako że długoletnie doświadczenie w Solnhofen nie udowodniło oczekiwanych korzyści z działań od góry, nie było potrzeby przełączania kierunku przepływu gazu. W związku z tym przyszłe wdrożenia wysoko pyłowego systemu SCR będą uwzględniały tylko działania dolne, zmniejszając tym samym koszty inwestycji.

Czynnik redukujący, 25% wodny roztwór NH₃, dodaje się do gazów wylotowych w górnych obszarach podgrzewacza w stosunku molowym od 0,8 do 0,9 do stechiometrycznego zapotrzebowania, w zależności od przepływu gazów wylotowych, początkowego stężenia NO_x i wartości docelowej.

Pierwszy zestaw katalizatorów był aktywny przez 40000 h bez nadmiernego zużycia lub utraty aktywności. Późniejsze próby z zastosowaniem płytowych katalizatorów wykazały wyższe mechaniczne zużycie i nieoczekiwane straty aktywności. W celu zapewnienia zgodności w pełnym wymiarze czasu pracy z dopuszczalnymi wartościami emisji (ELV), zakład Solnhofen został wyposażony w 2006 roku w system SNCR do działań wspierających.

Osiągnięte korzyści dla środowiska i dane operacyjne

Rozdział 2

Efektywność redukcji emisji NOx z instalacji SCR w Solnhofen plasuje zwykle w zakresie od 59 do 67%. W nietypowych warunkach pracy ze stężeniem gazów na poziomie 3000 mg/Nm³ i wyższym, odnotowano zmniejszenie wydajności redukcji NOx o ponad 80%. W normalnych warunkach, SCR redukuje emisję NOx z surowego stężenia gazów z 1000 - 1600 mg/Nm³ do około 400 - 550 mg/Nm³. Należy zauważyć, że zakład Solnhofen został zaprojektowany tak, by utrzymywać dopuszczalne poziomy NOx w zakresie 500 mg/Nm³ i że był on odpowiednio eksploatowany, ale czasami graniczna wartość emisji 500 mg/Nm³ była przekraczana.

Przy stosunku molowym 0,8 do 0,9, zużycie NH₃ jest znacznie niższe niż przy zastosowaniu SNCR. Należy zauważyć, że NH₃ z surowców działa również jako czynnik redukcji w reaktorze, a tym samym poziom emisji pozostałych NH₃ jest bardzo niski. W zakładzie Solnhofen, SCR zwykle prowadzi do NH₃ emisji poniżej 1 mg/Nm³.

W jednym cyklu poziom NH₃ został zwiększony w zależności od docelowego poziomu emisji NOx do 200 mg/Nm³. W tym cyklu został osiągnięty poziom emisji około 300 mg/Nm³. Wyniki te mogą wskazywać na potencjał tej technologii, tym bardziej że zostały one osiągnięte przy zastosowaniu katalizatorów składających się tylko z trzech warstw, a poziom emisji pozostałości NH₃ kształtował się dalej na poziomie około 1 mg/Nm³.

Oddziaływanie na procesy i środowisko

Jedynym negatywnym oddziaływaniem na procesy i środowisko jest niewielki wzrost popytu na energię elektryczną ze względu na wewnętrzny system odpylania reaktora SCR i dodatkowe straty ciśnienia.

Zastosowanie

Aż do 2008 r., technologia SCR była testowana tylko w podgrzewaczach w systemach pieców z zastosowaniem metody pół-suchej (Lepol), ale może ona być stosowana również do innych systemów pieców.

Kwestie ekonomiczne

Całkowity koszt inwestycji projektu SCR w Solnhofen to około 3,5 mln EUR, w tym dodatkowe wydatki na rozwój, takie jak możliwości wykorzystania sześciu warstw katalizatora i zdolność do pracy zarówno w trybie od góry jak i od dołu. Koszty inwestycji w nowy zakład w oparciu o doświadczenia Solnhofen szacowane są na około 2,2 mln EUR w przypadku reaktora SCR, w tym ok. 250000 EUR na katalizatory, które muszą być obliczone z uwzględnieniem kosztów wymiany co 5-6 lat. Kwota ta nie obejmuje kosztów magazynowania amoniaku i instalacji, ponieważ różnią się one znacznie w zależności od miejsca. Koszty redukcji NOx przez zastosowanie techniki SCR lub SNCR szacowane są przez niemiecką Federalną Agencję Ochrony Środowiska (UBA) dla pojemności pieca 1500 t / dzień i redukcji emisji NOx z 1000 do 500 mg/Nm³, w oparciu o doświadczenia z zakładu Solnhofen. Jak pokazano w dwóch ostatnich kolumnach tabeli 4.26, szacunki kosztów są ekstrapolowane na redukcję emisji NOx do 200 mg/Nm³.

Jak wskazują wycenienia niemieckiej agencji UBA, koszty operacyjne technologii SNCR i SCR - w tym koszty wymiany katalizatorów - są mniej więcej takie same dla docelowej redukcji poziomu emisji NOx do 500 mg/Nm³, podczas gdy całkowite koszty dla SCR są około 50% wyższe niż w przypadku SNCR. W przypadku docelowego poziomu emisji NOx 200 mg/Nm³, SCR wydaje się być bardziej efektywne w zakresie kosztów operacyjnych, ale całkowite koszty są wciąż na tym samym poziomie, co dla SNCR. Porównując te dane, należy zauważyć, że wieloletnie doświadczenie dotyczące redukcji poziomu emisji NOx do 200 mg/Nm³ nie jest jeszcze dostępne dla SCR, ani dla SNCR. W przypadku SNCR, wyższe emisje NH₃ również muszą być brane pod uwagę [76, Niemcy, 2006]

Podstawowy parametr	Jednostka	Czynnik
Współczynnik produkcji	t/rok	480000

klinkieru		
Współczynnik produkcji klinkieru	t/d	1500
Czas operacji	h/rok	7680
Przepływ gazów wylotowych	Nm ³ /t	2300
Początkowy poziom NO _x	mg/Nm ³	1000
Początkowy poziom NO _x	kg/t	2,3
Koszty NH ₃ (25 % roztwór)	EUR/t	90,00
Koszty katalizatorów	EUR/Nm ³	7500
Czas użycia katalizatorów	h	40000
Czas funkcjonowania inwestycji	rok	20
Współczynnik inflacji	%	3,0

Tabela 4.25: Podstawowe założenia na podstawie instalacji SCR w Niemczech [76, Niemcy, 2006]

Porównanie kosztów SNCR i SCR					
Parametr	Jednostka	SNCR	SCR	SNCR	SCR
Docelowa wartości NO _x	mg/Nm ³	500	500	200	200
ekwiwalent NH ₃	kg/t	0,44	0,44	0,71	0,71
Czynnik stechiometryczny		1,7	0,8	2,5	1,0
Zużycie NH ₃ (25 %)	kg/t	3,02	1,42	7,11	2,84
Zużycie NH ₃ (25 %)	kg/d	4,550	2,150	10,650	4,250
Liczba warstw katalizacyjnych			3		4
Koszty operacyjne					
Zużycie NH ₃	EUR/t	0,27	0,13	0,64	0,26
Zużycie energii elektrycznej	EUR/t	0,03	0,10	0,06	0,11
Koszt wymiany katalizatorów	EUR/t		0,10		0,13
RAZEM	EUR/t	0,30	0,33	0,70	0,50
Koszty inwestycyjne					
System z amoniakiem	EUR	600000	250000	1000000	350000
Reaktory SCR (z wyjątkiem katalizatorów)	EUR		1950000		2350000
RAZEM	EUR	600000	2200000	1000000	2700000
Koszty określonych inwestycji ¹⁾	EUR/t	0,08	0,30	0,14	0,37
Całkowite określone koszty ²⁾	EUR/t	0,38	0,62	0,83	0,87
Koszty redukcji emisji NO _x	EUR/t NO _x	330,00	540,00	450,00	470,00

¹⁾ Określone inwestycje
²⁾ Całkowite koszty operacyjne i koszty określonych inwestycji

Tabela 4.26: Porównanie kosztów technik redukcji NO_x metodami SNCR i SCR według niemieckiej agencji UBA dla niemieckich zakładów [76, Niemcy, 2006]

Kalkulacja kosztów niemieckiego przemysłu cementowego prowadzona przez Stowarzyszenie Inżynierów Niemieckich (VDZ) zawiera szczegółowe podejście dotyczące kosztów techniki SCR. Oprócz kosztów inwestycji, badanie to uwzględni również całość kosztów operacyjnych, w tym kosztów wody amoniakalnej, zużycia energii na sprężenie powietrza do czyszczenia katalizatorów i spadek ciśnienia ze względu na sam katalizator, jak również innych typowych wartości ekonomicznych oceny cementowni. Pokazano tutaj że koszty SNCR są zawsze niższe niż w przypadku SCR, jeżeli europejskie ceny energii i NH₃ przyjmowane są jako podstawa. Teoretycznie, technologia SCR może stać się mniej kosztowna niż SNCR w przypadku bardzo dużych redukcji poziomów, jeśli ceny NH₃ wzrosłyby znacząco, a ceny energii spadły. Sytuacja ta jednak wydaje się nie mieć zastosowania dla regionu UE, ponieważ amoniak i koszty energii nie są rozbieżne, ponieważ wydają się wzrastać i spadać równolegle. Może się również okazać, że wysiłki zmierzające do zmniejszenia emisji NO_x przez pierwotne środki / techniki (~800 mg/m³ –wartość średnia w Niemczech w 2007 r.) przyniosły lepsze wyniki ekonomiczne dla SNCR, ponieważ koszty te są w

Rozdział 2

dużej mierze zależne od kosztów amoniaku.

Wyniki SCR wykazały poziom kosztów w wysokości od 1,25 do 2,00 EUR za tonę, w zależności od wielkości wymaganej instalacji i skuteczności usuwania NOx. W przeciwieństwie do SNCR, technologia SCR jest zdominowana przez koszty inwestycji, które są 4 do 9 razy wyższe niż dla systemu SNCR. Ponadto, zużycie energii jest głównie wynikiem spadku ciśnienia i oczyszczania katalizatora przy użyciu powietrza. Najnowsze szczegółowe dane dotyczące systemu SCR odzwierciedlają rozwój tej techniki. Jak stwierdzono we wcześniejszych badaniach VDZ, 3 EUR za tonę klinkieru stanowiło szczegółowy koszt metody SCR, chociaż wartość ta spadła do około 1,75 EUR za tonę w 2006 r. [76, Niemcy, 2006]. Koszty obliczone przez VDZ dla instalacji w pełnym rozmiarze dla pieca o pojemności 1500 t klinkieru / dzień, z początkowym poziomem emisji 1200 mg/Nm³ i ostatecznym poziomem 200, 500 i 800 mg/Nm³, przedstawiono w tabeli 4.27.

Technologia	Zastosowane systemy piecowe	Wydajność redukcji	Raportowane koszty	
			Koszty inwestycyjne	Koszty operacyjne (EUR)
SCR	Możliwie wszystkie	85 - 95 %	3,2-4,2	0,54-0,94

Tabela 4.27: Kalkulacja kosztów ograniczania emisji NOx przy użyciu SCR dla niemieckiej cementowni o pojemności 1500 t / dzień [76, Niemcy, 2006]

4.2.6 Produkcja cementu - wytyczne w zakresie kontroli pików CO

W większości przypadków w suchym procesie produkcji cementu, gorące spaliny dostarczają ciepła do młyna surowców (działanie złożone). Jeśli młyn surowca nie działa (działanie bezpośrednie), gazy są zwykle schładzane przez rozpylanie wody w wieży klimatyzacyjnej przed przejściem przez odpylacz, zarówno w celu ograniczenia objętości gazu, jak i poprawy charakterystyki odpadów, w przypadku gdy to ostatnie jest szczególnie ważne dla elektrofiltrów.

Gazy spalinowe z pieca / młyna surowca składają się z różnych składników, takich jak CO₂, N₂, para wodna i tlen. W znacznie mniejszym stopniu, zawiera NO i SO_x oraz CO. CO można znaleźć w spalinach w stężeniach do 0,1% z dodatkowymi CO pochodzącymi z węgla zawartego w surowcach. Termin "piki CO" odnosi się do systemu ESP i w pewnym stopniu, do filtrów hybrydowych, bo ze względów bezpieczeństwa musiałyby one być wyłączone w momencie pojawienia się podwyższonego stężenia CO w spalinach gazowych. Takie wyłączenie z kolei, powoduje wzrost emisji pyłów, który pojawia się następnie w ciągu kilku sekund do kilku minut. Automatyczne urządzenie monitorujące poziom CO musi monitorować gazy wylotowe w sposób ciągły. Gdy urządzenie to jest zoptymalizowane pod kątem czasu reakcji, jak również procedury zamykania systemu, i jest utrzymywane we właściwy sposób, system ESP będzie funkcjonował zgodnie z jego przeznaczeniem. Przy zastosowaniu w piecach wtórnego spalania, dodatkowa niezawodność filtrów może być zabezpieczona poprzez sekwencyjne zamykanie systemu podczas spalania i powstania pików CO.

4.2.6.1 Założenia dotyczące zmniejszenia przerw operacyjnych - pików CO

Tlenek węgla pochodzący z treści organicznych zawartych w surowcach będzie emitowany z gazami piecowymi. Jednak, oprócz poziomu tła CO, pojawiają się dodatkowe piky CO, gdy wsad paliwowy i / lub kontrola składu powietrza do spalania jest niewystarczająca. Piki CO mogą wystąpić w ciągu kilku minut lub nawet sekund, szybko osiągając poziom operacyjny przerywania procesów (patrz punkt 1.3.4.1.1).

Głównym celem jest zatem, aby aktywnie minimalizować zakłócenia w pracy - ostatecznie wykluczyć eksplozje ESP - przez metody zarządcze. W związku z tym kontrola poziomu CO w piecu cementowym jest ważna, zwłaszcza tam, gdzie ESP jest stosowany do redukcji cząstek stałych. Jeśli piki CO nie mogą być ograniczone, wszystkie źródła zapłonu, a w szczególności wysokociśnieniowy sprzęt stosowany w ESP, wymagają szczególnej uwagi. Automatyczne wyłączenie sprzętu wysokociśnieniowego jest zjawiskiem niepożądanym i jako takie jest ostatecznością. Innymi potencjalnymi źródłami zapłonu mogą być statyczne obciążenia spowodowane przez tarcie ciała stałe / ciała stałe, możliwe w przypadku każdego systemu odpylania.

Ogólnie rzecz biorąc, krytyczny limit wynosi > 8% CO lub - CH₄ - w obecności > 6% O₂. W rzeczywistości, CO przemieszcza się przez strumień gazu szybko i dociera do obszarów krytycznych dla źródeł zapłonu, zanim system analizujący jest w stanie wykazać alarm. Dlatego też operacyjny poziom działania systemu alarmowego musi być znacznie niższy od poziomu teoretycznego, i dodatkowo uzależniony od stężeń CH₄ i H₂, zwłaszcza gdy jako paliwo stosowany jest gaz ziemny. W niektórych przypadkach, ESP zadziała znacznie poniżej wartości krytycznych, podczas gdy w innych, systemach ESP może być niewłaściwie chronione.

Poziom zaburzeń w przypadku wysokociśnieniowego wyposażenia zależy od czasu „martwego”. Ten z kolei zależy od lokalizacji, rodzaju i rozmieszczenia urządzeń do analizy. Im wolniejszy jest czas reakcji urządzenia analizującego i im krótszy czas podtrzymania w punkcie analizy źródła zapłonu, tym niższy musi być poziom podejmowanych działań.

Badania pokazują, że zakłócenia głównie pojawiają się w początkowej fazie działania. Dlatego, dla bezpiecznego działania, ważne jest, aby analizatory gazów dla ochrony ESP funkcjonowały w trybie

Rozdział 2

on-line w czasie wszystkich faz operacyjnych, nie tylko podczas normalnej pracy. W celu zmniejszenia przestojów zakładów, przydatne może być również posiadanie operacyjnego systemu wspierającego.

4.2.6.2 Strategia uzyskiwania minimalizacji poziomu CO

W celu zmniejszenia przestojów systemu ESP, potrzebne jest systematyczne i stopniowe podejście, jak opisano poniżej:

- określenie celów i ocena sytuacji w odniesieniu do głównych czynników wpływających na ucieczkę CO, takich jak przyczyny pików CO ze względu na wsad paliwowy lub ubożego spalania
- porównanie i ocena obecnej i optymalnej sytuacji, identyfikacja potencjału optymalizacyjnego i ustalenie priorytetów - analiza rozbieżności
- optymalizacja procesu, analiza systemu, zapewnienie optymalizacji dostępności, niezawodności i szybkości, reakcji działań / technik.

W fazie oceny potrzebna jest lokalizacja, niezawodność, dostępność i dynamiczne funkcjonowanie sprzętu analizującego, niezależnie od statystyk rozwojowych CO, wraz z informacjami dotyczącymi paliw i przetwarzania informacji. Mogą one być skorelowane w celu zidentyfikowania przyczyn i odpowiedniego skierowania środków / technik pomiarowych.

Piki CO mogą być spowodowane niestabilnym działaniem systemu spalania. Może to nastąpić w przypadku zastosowania dowolnego paliwa, ale w szczególności przy paliwach stałych. Dlatego systemy podawania paliw muszą być zaprojektowane tak, aby zapobiec przepływowi paliwa do systemu pieca w dowolnym momencie. Właściwości przenoszenia paliw stałych są czynnikami szczególnie krytycznymi w tym zakresie i muszą one być szczegółowo kontrolowane, aby zapobiec zatrzymaniu lub zatorom w systemach przygotowania i podawania paliw. Jednak równie ważna jest konieczność utrzymania normalnego poziomu emisji CO na jak najniższym poziomie, zwiększając tym samym dystans do poziomu działania i zapewniając więcej czasu na reakcję. Odbywa się to poprzez poprawę spalania, dzięki optymalizacji procesów i jakości nadawanego paliwa, właściwościom i konfiguracji palnika, projektowi pieca, temperaturom spalania i czasowi przebywania paliwa w palenisku.

4.2.6.3 System monitorowania CO

Idealny system monitorowania CO ma krótki czas reakcji i powinien być usytuowany w pobliżu źródła CO, takiego jak wylot wieży podgrzewacza lub wlot do pieca w przypadku podawania do pieca paliwa na mokro. Tym niemniej przeprowadzona musi być analiza czasu martwego całego systemu - w tym czasie wstrzymania z powodu objętości kanału. Idealnie taki czas martwy dla próbki CO przemieszczającej się z punktu zasysania do analizatora wynosił będzie około 20 - 30 sekund (analiza czasu opóźnienia). Dodanie dodatkowych 10-30 sekund opóźnienia, jako czasu potrzebnego na analizę reakcji, powinno wskazać całkowity maksymalny czas martwy zanim około 85% wartości maksymalnej zostanie osiągnięte. Całkowity czas martwy określa moment, kiedy muszą być podjęte działania - nie za wcześnie i nie za późno. Jeśli prowadzona jest bardziej szczegółowa analiza spadków CO, mogą być wykonane bardziej precyzyjne przewidywania, w którym momencie wysokociśnieniowy system ESP musi zostać zamknięty i kiedy można go przywrócić do pełnej funkcjonalności po raz kolejny - tym samym licząc, że pik CO opuścił obszar krytyczny.

Czas opóźnienia w monitorowaniu CO można zmniejszyć poprzez zwiększenie przepływu próbki, skrócenie odległości od punktu pobierania próbek do analizatora, zmniejszenie objętości analizowanego systemu i szybki system elektronicznego raportowania. Dostępne są na rynku szybkie systemy *in situ* z czasem reakcji <3 sekundy, ale posiadają one pewne ograniczenia dotyczące gazów wysoko zapyłonych. Ogólnie rzecz biorąc, podstawowe znaczenie ma konserwacja i kalibracja systemu. Jednak, zakreślenie analizatora oraz części składowe muszą uwzględniać limity stężeń

krytycznych, odpowiednio do 5% dla CO i 3% dla CH₄.

4.2.6.4 Działania, które należy podjąć w przypadku wystąpienia pików CO

Przykłady podstawowych środków / technik, które mogą być wykorzystane do zapobiegania powstawaniu pików CO w ESP są opisane w tabeli 4.28. Standardowe działania etapowo mogą najpierw obejmować zmniejszenie podawania paliwa i wysoki poziom ciśnienia. Potem może być stosowane całkowite odcięcie podawania paliwa i automatyczne wyzwolenie wysokiego napięcia transformatorów. Następnie system musi zostać oczyszczony, przez utrzymanie pracujących filtrów. Czas niezbędny do oczyszczenia systemu można określić w ten sam sposób jak czas opóźnienia.

Pierwotne działania/techniki zapobiegające pikom CO		
Punkt pomiaru	Poziom CO (%)	Działanie
W wieży podgrzewacza	0,5	Alarm, zamknięcie prekalcytora/ wlotu systemu spalania pieca
	1,2	Zamknięcie głównego systemu spalania
	2,5	Zamknięcie wysoko napięciowego filtra elektrostatycznego
Za wieżą podgrzewacza	0,5	Alarm, zamknięcie prekalcytora/ wlotu systemu spalania pieca
	0,8	Zamknięcie głównego systemu spalania
	1,5	Zamknięcie wysokonapięciowego filtra elektrostatycznego
	0,5	Ponowne uruchomienie urządzeń systemu ESP

Tabela 4.28: Przykłady pierwotnych działań / technik zapobiegających powstawaniu pików CO z ESP [60, VDI 2094 Germany, 2003], [83, CEMBUREAU, 2006]

4.2.6.5 CO i CH₄ w filtrach tkaninowych

W przypadku filtrów tkaninowy eksploatowanych w niekorzystnych atmosferach mogą również pojawić się problemy. Dlatego poziom operacyjny CO powinien być utrzymywany na jak najniższym możliwym poziomie. Tak jak w ESP, dodatkowe palne składniki gazowe, takie jak CH₄ i H₂, obniżają poziom krytyczny, np. jeśli stężenie wodoru wyniesie około 2% to poziom krytyczny jest obniżony do około 5%.

Szczegółowymi potencjalnymi źródłami zapłonu w przypadku filtrów tkaninowych mogą być obciążenia statyczne spowodowane przez tarcie włókien chemicznych lub - w przypadku filtrów hybrydowych (połączenie ESP z filtrem tkaninowym) - łączne obciążenie statyczne na torbach. Aby uniknąć przerw, szczególnie w przypadku młynów węglowych, torby wyposażane są w siatkę ze stali nierdzewnej lub siatki włókninowej lub powierzchnię przewodzącą i są oparte na płycie komórkowej filtrów workowych. Podobnie w przypadku hybrydowych odpylaczy, zalecane jest uziemienie siatki filtra workowego.

Tak jak w przypadku systemu ESP, CO musi być oczyszczony. Oczyszczanie młynów węglowych jest wykonywane preferencyjnie przy użyciu gazów obojętnych, takich jak gaz pieca, lub CO₂ lub N₂ [83, CEMBUREAU, 2006].

4.3 Załącznik - produkcja wapna

4.3.1 Produkcja wapna - rozkład stężeń metali w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27

Na poniższych rysunkach (rys. 4.10 do rys. 4.25) pokazano odpowiedni rozkład różnych stężeń metali w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27 (patrz również sekcja 2.3.3.9) [56, EULA, 2006].

WYKRESY - 8 STRON – nie można wkleić wykresów, gdyż oryginał jest zabezpieczony

Dystrybucja stężeń arsenu (As) (mg/Nm^3 przy 11% O_2) w gazach spalinowych z pieców do produkcji wapna
Arsen (As) (EULA - 298 pomiarów)

Rysunek 4.10: Rozkład stężeń arsenu w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27
[56, EULA, 2006]

Dystrybucja stężeń kadmu (Cd) (mg/Nm^3 przy 11% O_2) w gazach spalinowych z pieców do produkcji wapna
Kadm (Cd) (EULA - 329 pomiarów)

Rysunek 4.11: Rozkład stężeń kadmu w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27
[56, EULA, 2006]

Dystrybucja stężeń kobaltu (Co) (mg/Nm^3 przy 11% O_2) w gazach spalinowych z pieców do produkcji wapna
Kobalt (Co) (EULA - 268 pomiarów)

Rysunek 4.12: Rozkład stężeń kobaltu w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27 [56, EULA, 2006]

Dystrybucja stężeń chromu (Cr) (mg/Nm^3 przy 11% O_2) w gazach spalinowych z pieców do produkcji wapna
Chrom (Cr) (EULA - 304 pomiary)

Rysunek 4.13: Rozkład stężeń chromu w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27 [56, EULA, 2006]

Dystrybucja stężeń miedzi (Cu) (mg/Nm^3 przy 11% O_2) w gazach spalinowych z pieców do produkcji wapna
Miedź (Cu) (EULA - 302 pomiarów)

Rysunek 4.14: Rozkład stężeń miedzi w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27 [56, EULA, 2006]

Dystrybucja stężeń rtęci (Hg) (mg/Nm^3 przy 11% O_2) w gazach spalinowych z pieców do produkcji wapna
Rtęć (Hg) (EULA - 286 pomiarów)

Rysunek 4.15: Rozkład stężeń rtęci w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27 [56, EULA, 2006]

Dystrybucja stężeń manganu (Mn) (mg/Nm^3 przy 11% O_2) w gazach spalinowych z pieców do produkcji wapna

Mangan (Mn) (EULA - 275 pomiarów)

Rysunek 4.16: Rozkład stężeń manganu w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27 [56, EULA, 2006]

Dystrybucja stężeń niklu (Ni) (mg/Nm³ przy 11% O₂) w gazach spalinowych z pieców do produkcji wapna
Nikiel (Ni) (EULA - 313 pomiarów)

Rysunek 4.17: Rozkład stężeń niklu w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27 [56, EULA, 2006]

Dystrybucja stężeń ołowiu (Pb) (mg/Nm³ przy 11% O₂) w gazach spalinowych z pieców do produkcji wapna
Ołów (Pb) (EULA - 330 pomiarów)

Rysunek 4.18: Rozkład stężeń ołowiu w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27 [56, EULA, 2006]

Dystrybucja stężeń antymonu (Sb) (mg/Nm^3 przy 11% O_2) w gazach spalinowych z pieców do produkcji wapna
Antymon (Sb) (EULA - 262 pomiary)

Rysunek 4.19: Rozkład stężeń antymonu w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27 [56, EULA, 2006]

Dystrybucja stężeń selenu (Se) (mg/Nm^3 przy 11% O_2) w gazach spalinowych z pieców do produkcji wapna
Selen (Se) (EULA - 148 pomiarów)

Rysunek 4.20: Rozkład stężeń selenu w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27 [56, EULA, 2006]

Dystrybucja stężeń cyny (Sn) (mg/Nm³ przy 11% O₂) w gazach spalinowych z pieców do produkcji wapna
Cyna (Sn) (EULA - 207 pomiarów)

Rysunek 4.21: Rozkład stężeń cyny w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27 [56, EULA, 2006]

Dystrybucja stężeń telluru (Te) (mg/Nm³ przy 11% O₂) w gazach spalinowych z pieców do produkcji wapna
Tellur (Te) (EULA - 133 pomiary)

Rysunek 4.22: Rozkład stężeń telluru w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27 [56, EULA, 2006]

Dystrybucja stężeń talu (Tl) (mg/Nm^3 przy 11% O_2) w gazach spalinowych z pieców do produkcji wapna
Talu (Tl) (EULA - 230 pomiarów)

Rysunek 4.23: Rozkład stężeń talu w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27 [56, EULA, 2006]

Dystrybucja stężeń wanadu (V) (mg/Nm^3 przy 11% O_2) w gazach spalinowych z pieców do produkcji wapna
Wanadu (V) (EULA - 244 pomiary)

Rysunek 4.24: Rozkład stężeń wanadu w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27 [56, EULA, 2006]

Dystrybucja stężeń cynku (Zn) (mg/Nm^3 przy 11% O_2) w gazach spalinowych z pieców do produkcji wapna
Cynk (Zn) (EULA - 230 pomiarów)

Rysunek 4.25: Rozkład stężeń cynku w spalinach z pieców do produkcji wapna w krajach UE-27 [56, EULA, 2006]

4.3.2 Produkcja wapna – szczegółowe dane zakładów

4.3.2.1 Przykłady właściwości surowców

Przykład składu surowców wapienia stosowanego w węgierskim zakładzie przedstawiono w tabeli 4.29.

Parametr	Jednostka	Wartość
SiO_2	%	0,30
Fe_2O_3	%	0,09
Al_2O_3	%	0,27

-
Rozdział 2

TiO ₂	%	0,01
CaO	%	54,94
MgO	%	0,91
K ₂ O	%	0,01
Na ₂ O	%	0,01
SO ₃	%	0,10
CO ₂	%	43,05
Cl	%	<0,01
Straty po prażeniu	%	43,11

Tabela 4.29: Przykład składu surowcowego używanego w węgierskim zakładzie produkcji wapna [70, Węgry 2006]

4.3.2.2 Stosowanie odpadów jako paliwa - przykłady dopuszczalnych zawartości zanieczyszczeń w odpadach

Przykłady niemieckich wartości parametrów i zawartości zanieczyszczeń, które są dopuszczalne w różnych rodzajach odpadów tj. olejach odpadowych, rozpuszczalnikach, tłuszczach zwierzęcych i mączkach zwierzęcych (mączka z tuszy) przedstawiono w tabeli 4.30. Ponadto przykłady kryteriów zezwolenia dla substancji wraz z wartościami kalorycznymi dla różnych odpadów paliwowych wykorzystywanych w niemieckich zakładach produkcji wapna przedstawiono w tabeli 4.31.

Parametr	Jednostka	Oleje odpadowe i rozpuszczalniki		Tłuszcz zwierzęcy	Mączka zwierzęca (mączka z tuszy) ²⁾
		Zawartość zanieczyszczeń		Zawartość zanieczyszczeń	Zawartość zanieczyszczeń
		Średnia	min - maks	min - maks	min - maks
Zawartość wody	% masowy	5	3-9		3,0-5,7
Pozostałości koksu		1	0,6-1,4		
Węgiel					1,0-59,0
Zawartość popiołu		0,8	0,4-1,2		3,2-38,5
Siarka		0,8	0,5-1,2	<0,01-0,03	
Chlor		0,2	0,05-0,4	25-32	0,18-0,37
Fluor					0,02-0,10
Azot	% masowy			460 - 590	
Kadm	mg/kg	0,1	<1	<0,001 – 0,05	
Tal	mg/kg	<0,5	<1	<0,001-0,1	0,1 -10,0
Rtęć	mg/kg	<0,1	<0,5	<0,01 – 0,8	0,05-1,0
Antymon	mg/kg	<1	<5		0,4-10,0
Arsen	mg/kg	<0,1	<1		
Ołów	mg/kg	51	<100		0,7-10,0
Chrom	mg/kg	3	<10		3,0 – 63,0
Kobalt	mg/kg	1	<5		0,1-9,0
Miedź	mg/kg	120	<250		5,2 – 50,0
Mangan	mg/kg	5	<10		5,6-45,0
Nikiel	mg/kg	2	<10		1,0-39,0
Wanad	mg/kg	<1	<1		1,1-20,0
Cyna	mg/kg	<4	<4		0,3-7,2
Arsen	mg/kg				0,6-11,0
Kadm	mg/kg				0,1-1,0
Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn	mg/kg	<188	<400	<0,1-0,9	
ΣNi,V	mg/kg			<0,2	
Razem PCB ³⁾		10	25		

¹⁾ Zgodnie z DIN EN 12 766, część 2, proces B
²⁾ paliwa odpadowe: mączka mięsno-kostna (mączka z tuszy),
Wartość kaloryczna:
• min=14 MJ/kg
• max=21,5 MJ/kg

Tabela 4.30: Typowe zawartości zanieczyszczeń przyjęte dla olejów odpadowych rozpuszczalników, tłuszczów zwierzęcych i mączek zwierzęcych (mączki z tuszy) używanych w niemieckich zakładach wapienniczych [155, Niemcy, 2007]

Parametr	Paliwo odpadowe 1		Paliwo odpadowe 2		Paliwo odpadowe 3		Paliwo odpadowe 4	
	Wartość średkowa	Maksymalna wartość	Wartość średkowa	Maksymalna wartość	Wartość średkowa	Maksymalna wartość	Wartość średkowa	Maksymalna wartość
(mg/kg)								
Hg	0,4	1,0	0,4	1,0	0,4	1,0	0,6	1,2
Cd	4,0	15,0	4,0	15,0	4,0	10,0	4,0	9,0
Tl	1,0	5,0	1,0	5,0	1,0	5,0	1,0	2,0
As	5,9	10,0	5,0	10,0	5,0	15,0	5,0	13,0
Co	5,0	10,0	5,0	10,0	5,0	10,0	6,0	12,0
Ni	20,0	100,0	20,0	100,0	20,0	100,0	25,0	50,0
Sb	40,0	100,0	40,0	100,0	25,0	60,0	25,0	60,0
Pb	40,0	100,0	40,0	100,0	40,0	100,0	70,0	200,0
Cr	40,0	100,0	40,0	100,0	40,0	100,0	40,0	120,0
Cu	100,0	250,0	90,0	250,0	90,0	500,0	120,0	300,0
Mn	50,0	100,0	50,0	100,0	50,0	100,0	50,0	100,0
V	10,0	20,0	10,0	20,0	10,0	20,0	10,0	25,0
Sn	15,0	50,0	15,0	50,0	15,0	75,0	30,0	70,0
Razem Cl	7000,0	10000,0	7000,0	10000,0	7000,0	10000,0	7000,0	10000,0
Razem F	250,0	500,0	250,0	500,0	250,0	1000,0	250,0	1000,0
Be	0,5	5,0	0,5	5,0	0,5	5,0	0,5	2,0
Zn	400,0	500,0	400,0	500,0	400,0	1000,0	400,0	1000,0
PCB		<3		<1		<1		<1
(% w/w)								
Wilgotność	8,0	<10,0	11,0	<12,5	18,0	<20,0	18,0	<20,0
Zawartość Popiołu	6,0	<7,0	8,0	<9,0	11,0	<15,0	11,0	<15,0
Razem S	0,3	<0,5	0,3	<0,5	0,2	<0,3	0,2	<0,3
(MJ/kg)								
Wartość	25 - 31		23 - 29		20 - 24		18 - 22	
Wartość średkowa: 50 procent wartości, w oparciu o doświadczenie praktyczne biorąc pod uwagę różnice w składzie odpadów paliwowych								
Maksymalna wartość: 100 procent wartości								
1) Min - max								

Tabela 4.31: Przykłady kryteriów zezwolenia (wartość średkowa i maksymalna) dla substancji z różnych paliw odpadowych używanych w niemieckich zakładach wapienniczych [SO, Niemcy, 2006]

4.3.2.3 Przykłady danych dotyczących zużycia i emisji

Zużycie energii

Tabela 4.32 przedstawia dane operacyjne i konkretne zapotrzebowanie na energię austriackich pieców do produkcji wapna z 2004 roku. Te różne rodzaje pieców wykorzystują jako paliwo gaz ziemny, ciężki olej opałowy i / lub koks.

Parametr	Jednostka	Piece współprądowe regeneracyjne	Pierścieniowe piece szybowe	Inne piece szybowe
Zdolności przerobowe pojedynczego pieca	t/dzień	150-390	140-220	100-200
Określone zapotrzebowanie	MJ/w czasie	3500-3800	4200-4700	3800-5100
Zużyte paliwa		Gaz ziemny, Ciężki olej opałowy	Gaz ziemny, Ciężki olej opałowy	Gaz ziemny, koks
Roczne ilości zużytego	milion Nm ³	46	12	13
	Gaz ziemny			

Rozdział 2

paliwa (wech)	Ciężki olej opałowy	t	4000	4500	
	Koks	t			1000

Tabela 4.32: Dane eksploatacyjne i szczegółowe zapotrzebowanie na energię austriackich pieców w 2004 roku [66, Austria, 2006]

Średnie zapotrzebowanie na energię elektryczną w przypadku wapna palonego w Austrii wynosi około 3760 MJ / t wapna. Korelacja pomiędzy wielkością pieca i zapotrzebowaniem na energię nie jest tak istotna jak w przypadku produkcji cementu, ponieważ straty ciepła są niższe. Jednym z czynników wpływających na zapotrzebowanie na energię jest zawartość pozostałości CO₂ w produktach, zależy to od reaktywności wapna. Zapotrzebowanie na energię jest wyższe w przypadku ciężkiego wapna palonego niż w przypadku miękkiego wapna palonego. Zapotrzebowanie na energię zależy również od pozostałości CO₂. Niższe zapotrzebowanie na energię w przypadku pieców współprądowo-regeneracyjnych, a częściowo w przypadku innych pieców, zależy od zawartości pozostałości CO₂ (> 5%) w produktach. W przypadku produkcji wapna o niskiej zawartości pozostałości CO₂, występuje wzrost zapotrzebowania na energię [66, Austria, 2006], [168, TWG CLM, 2007].

Przykłady zużycia energii w produkcji wapna w Hiszpanii przedstawione w tabeli 4.33 są wartościami średnimi. Średnia ważona wartość obliczona dla hiszpańskich pieców wapienniczych wynosi 3,984 GJ / tonę wapna. Wartość 3,681 GJ / tonę wapna ma zastosowanie na lata 2008-2012 [55, Hiszpania, 2006].

Typ pieca	Liczba	Procent %	Uaktualnione zużycie energii GJ/tonę wapna		
			Minimalna	Średnia	Maksymalna
Długie piece obrotowe (LRK)	4	7		6,6 ¹⁾	
Piece obrotowe z podgrzewaczem (PRK)	1	2	5,4		
Piece współprądowo-regeneracyjne	35	61	3,534	3,752	3,889
Pierścieniowe piece szybowe (ASK)	2	4	3,958	4,156	4,355
Mieszane piece szybowe (MFSK)					
Inne piece (OK) ²⁾	15	26	4,085	4,150	4,268

¹⁾ Firmy spoza Hiszpanii. Wartość zużycia energii jest uwzględniana na poziomie około 6,6 GJ/tonę wapna
²⁾ Inne piece szybowe

Tabela 4.33: Zużycie energii przez różne rodzaje pieców wapienniczych w Hiszpanii [55, Hiszpania, 2006]

Rozdział 2

Kompilacja emisji obserwowana w poszczególnych państwach członkowskich UE

Przykłady typowych poziomów emisji pochodzących z różnych typów pieców wapienniczych w Niemczech przedstawiono w tabeli 4.34.

Typ pieca	Stężenie emisji ³⁾				
	NO _x (mg/Nm ³) ¹⁾	CO (mg/Nm ³)	PCDD/F (ng I-TEQ/Nm ³)	HCl ⁵⁾ (mg/Nm)	HF (mg/Nm ³)
Wapno palone (miękkie i twarde)					
Długie piece rotacyjne (LRK)	<500	<1000	<0,1	<50	<1
Piece rotacyjne z podgrzewaczem (PRK) ²⁾	<1500	<1000	<0,1	<20	<1
Piece współprądowo-regeneracyjne (PFRK)	<100-<400	<1000	0,001-<0,1	<10	<1
pierscieniowe piece szybowe (ASK)	<100-<500	1000-<3000	0,003-<0,1	<40	<2
Mieszane piece szybowe (MFSK)	<100-<500	6000-42000	0,01-<0,1 ⁴⁾	<20	<1
Inne piece (OK):			Brak danych	Brak danych	Brak danych
- wielokomorowe piece szybowe	<500 300-<500	<2000 <2000	0,001-<0,1	<10	<1
- dwuskośne piece szybowe					
Dolomit (miękki palony i kalcynowany)					
Długie piece rotacyjne (LRK)	-	-	-	<150	<1
Piece rotacyjne z podgrzewaczem (PRK)	-	-	-	<30	<1
Mieszane piece szybowe (MFSK)	-	-	-	<20	<1
Użycie odpadów				10 ⁶⁾	1 ⁶⁾
				60 ⁷⁾	4 ⁷⁾

¹⁾ monotlenek azotu i dwutlenek azotu, wykazany jako dwutlenek azotu
²⁾ Piec obrotowy z podgrzewaczem rusztowym
³⁾ Stężenia emisji są mierzone jako sześciogodzinne wartości średnie dotyczące 10 % O₂ aby umożliwić porównywanie wartości
⁴⁾ W jednym przypadku wartość 0,26 ng I-TEQ/Nm³ została określona na poziomie mieszanego pieca szybowego pasz. ek zakończył pracę pod koniec 2006 roku.
⁵⁾ W zależności od zawartości chloru w wapieniu (50 - 100 ppm)
⁶⁾ Średnia wartość dzienna
⁷⁾ Średnia wartość półgodzinna

Tabela 4.34: Typowe przykłady emisji z pieców wapienniczych w Niemczech [46, Niemcy, 2006]

Rozdział 2

Przykłady emisji zaobserwowanych w zakładach wapienniczych w kilku państwach członkowskich UE, przy użyciu różnych pieców i paliw pokazano w tabeli 4.35.

Kraj Członkowski UE	Emisja pyłów (mg/Nm ³)	Emisja NO _x (mg/Nm ³)	Emisja SO _x (mg/Nm ³)	Emisja CO (mg/Nm ³)	Emisja TOC (mg/Nm ³)	Używany piec	Użyte paliwo
Niemcy	-	100-150 ¹⁾	<100 ²⁾	-	-	Wielokomorowy piec szybowy	-
	-	<500	-	-	-	RK	-
	-	-	-	-	<5->5 ⁷⁾	MFSK	-
	-	-	-	-	5 - <50 ⁸⁾	ASK	-
Szczególny przypadek z Niemiec	-	-	-	-	995 14,6(Benzen)	ASK	-
Finlandia ⁶⁾	2 ³⁾	65	15	-	-	PFRK	Ciężki olej opałowy ⁴⁾
Węgry ⁶⁾	1,4	32,2	4,8	3,9	-	-	Gaz ziemny
Czechy ⁵⁾	-	400 t/rok	130 t/rok	-	-	-	-

¹⁾ 10 % O₂

²⁾ Jeżeli więcej niż 60% znamionowej mocy cieplnej pochodzi z odpadów (ponad 40% w przypadku odpadów niebezpiecznych), wartość 50 mg/Nm³ jest ustawiona jako codzienna wartość średnia, związana z 10% tlenu

³⁾ filtr tkaninowy

⁴⁾ niska zawartość siarki 0,6%, i surowce również zawierają niski poziom siarki

⁵⁾ 2006

⁶⁾ pomiary

⁷⁾ W zależności od warunków procesu, MFSK nienadające się do wykorzystania odpadów; brak danych dla dwuskośnego pieca szybowego i wielokomorowego pieca szybowego

⁸⁾ Piece tego typu, które używały takich odpadów jak rozpuszczalniki lub oleje odpadowe nie osiągały wyższych emisji TOC

Tabela 4.35: Przykłady emisji NO_x obserwowane w państwach członkowskich UE [45, Schorch, 2006] [46, Niemcy, 2006], [64, Czechy, 2006], [71, Węgry, 2006]

Wartości emisji dotyczące emisji różnych substancji z austriackich pieców wapienniczych przedstawiono w tabeli 4.36. W 2006 roku nie były stosowane środki / techniki umożliwiające redukcję emisji NO_x. Emisje CO zgłaszane były na poziomach od 0,007 do 0,22 g/Nm³ związane z wysoką zawartością pozostałości CO₂ i do 5 g/Nm³ związane z niską zawartością pozostałości CO₂. W pierścieniowych piecach szybowych, zakres emisji CO wynosił od 0,1 do 3 g/Nm³, a w innych piecach szybowych od 0,01 do 5 g/Nm³.

Parametr	Jednostka	Stężenie ¹⁾²⁾		
		Piecie współprądowo ³⁾	Pierścieniowe piece szybowe ³⁾	Inne piece szybowe ³⁾
Objętość gazów wylotowych	Nm ³ /h	15000-45000	11000-20000	7500-22000
Zawartość tlenu	vol-%	8-12	6-15	6-17,5
Pył	mg/Nm ³	<20		

HCl	mg/Nm ³	0,6 – 3,6		
HF	mg/Nm ³	0,01 - 0,14		
NO _x jako NO ₂		<150	<250	<250
SO _x jako SO ₂		<100	<10	<20
CO	g/Nm ³	0,007 – 0,22 (wysoka zawartość pozostałości CO ₂ do 5 (mała pozostałości CO ₂))	0,1-3	0,01-5
Razem C	mg/Nm ³	<100	<10	<10
Σ (Cd, Tl) ⁴⁾		0,0001-0,002		
Hg	mg/Nm ³	0,0001-0,003		
Σ (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Sn) ⁴⁾		0,0001 – 0,0052		
PCDD/F ⁴⁾		<0,05	<0,03	<0,03
Benzen	mg/Nm ³	<0,04		
		<0,0003		

¹⁾ Stężenia to pojedyncze pomiary/techniki w odstępach 30 minutowych jednego dnia
²⁾ Dotyczy 10 % tlenu w gazach wylotowych
³⁾ używane są filtry tkaninowe
⁴⁾ niższa wartość określa poziom wykrywalności

Tabela 4.36: Emisje z austriackich pieców wapienniczych [66, Austria, 2006]

Przykłady danych dotyczących emisji uzyskanych z kilku fińskich zakładów wapienniczych z wykorzystaniem różnych typów pieców przedstawiono w tabeli 4.37. Dane dotyczące emisji z tabeli 4.37 zbierano od 1998 do 2006 roku. Jako paliwo wykorzystywany był węgiel i koks, ciężki lub lekki olej opałowy, gaz koksowniczy lub torf, ale nie były wykorzystywane paliwa odpadowe. W 2005 r. dane dotyczące emisji pyłów poniżej 5 mg/Nm³ mogły być osiągnięte za pomocą ESP w piecu obrotowym, a emisja wahała się pomiędzy 1,7 i 2,2 mg/Nm³ przy użyciu filtrów tkaninowych w pierścieniowym piecu szybowym. Tabela 4.38 przedstawia przykłady emisji metali z fińskiego zakładu wapienniczego przy użyciu regenerowanego oleju opałowego jako paliwa.

Rozdział 2

Emisje (mg/Nm ³)	Zakład Nr.	Piec	Filtr	Paliwo	1998	o ₂ ⁶ %	1999	o ₂ ⁶ %	2000	o ₂ ⁶ %	2001	o ₂ ⁶ %	2002	o ₂ ⁶ %	2003	o ₂ ⁶ %	2004	o ₂ ⁶ %	2005	o ₂ ⁶ %	2006	o ₂ ⁶ %		
Pył	Zakład 1	LRK ¹⁾	ESP ⁴⁾	Węgiel, koks 05	<10	6	32 - 18	7	<5 i 13	6,7	5	6,4	<5	6,1	<5	9,3	<5 ⁷⁾	12,5	<5	6				
		LRK ¹⁾	ESP ⁴⁾	Węgiel, koks 05	156 - 113	10			192 i 9	10,7	14 ⁷⁾	11	<5 ⁷⁾	11	<5	10,9	34 - 41 ⁷⁾	11,6	<5 ⁷⁾	11				
	Zakład 2	LRK ¹⁾	ESP ⁴⁾	Węgiel							26 - 40	7			63 - 48	7,2 - 10								
	Zakład 3	LRK ¹⁾	ESP ⁴⁾	Węgiel					1 - 243 ⁸⁾	4,5								38 - 54	5,2					
		ASK ²⁾	worko wy ⁵⁾	Ciężki olej opałowy / lekki olej opałowy					12 ⁷⁾	11,9								0,7 - 1,1	4,3	2,2	1,7	5		
	Zakład 4	LRK ¹⁾	ESP ⁴⁾	Węgiel, koks 05			2468	6,5						130 - 149	7,2			255 - 335 ⁷⁾	12,6	14 - 22 ⁹⁾	8			
	Zakład 5	PFRK ³⁾	worko wy ⁵⁾	Gaz koksowy	62									5				6	9,6					
		PFRK ³⁾	worko wy ⁵⁾	Gaz koksowy	38									5				79	9,6					
Zakład 6	PFRK ³⁾	worko wy ⁵⁾	Regenerowany olej opałowy																1,8 ⁹⁾					
NOx	Zakład 1	LRK ¹⁾	ESP ⁴⁾	Węgiel, koks 05	868	6	620		771 +/- 120, 910	6,7		6,4	898 +/- 135	6,1	45 +/- 100		9,3	85 +/- 100 ⁷⁾	12,5	800 +/- 160	6			
		LRK ¹⁾	ESP ⁴⁾	Węgiel, koks 05	722	10			810	10,7	610 ⁷⁾	11	63 +/- 110 ⁷⁾	11	30 +/- 140		10,9	90 +/- 110 ⁷⁾	11,6	70 +/- 200 ⁷⁾	11			
	Zakład 2	LRK ¹⁾	ESP ⁴⁾	Węgiel							280	7				522 - 399	7,2 - 10					393 ⁹⁾	6,6	
		ASK ²⁾	Worko wy ⁵⁾	Ciężki olej opałowy / lekki olej opałowy					167 - 101 ⁷⁾	11,9								243	4,3					
	Zakład 4	LRK ¹⁾	ESP ⁴⁾	Węgiel, koks 05			338 ¹⁰⁾	6,5					590 - 440	7,2			616 ⁷⁾	12,6	411 - 479 ¹¹⁾	8				
	Zakład 5	PFRK ³⁾	Worko wy ⁵⁾	Gaz koksowy																				
		PFRK ³⁾	Worko wy ⁵⁾	Gaz koksowy																				
	Zakład 6	PFRK ³⁾	Worko wy ⁵⁾	Regenerowany olej opałowy																67 ⁹⁾ 10)				

Rozdział 2

SO ₂	Zakład 1	LRK ¹⁾	ESP ⁴⁾	Węgiel, koks 05	475	6	110	7	258+/40	6,7		6,43 +/- 34	6,1240 +/- 35	9,3950 +/- 90 ⁷⁾ 214	12,5	241 +/- 50	6			
		LRK ¹⁾	ESP ⁴⁾	Węgiel, koks 05	390	10				350	10,7	330 ⁷⁾	11 210 +/- 40 ⁷⁾	11 340 +/- 50	10,9 410 +/- 60 ⁷⁾	11,68 +/- 28 ⁷⁾	11			
	Zakład 2	LRK ¹⁾	ESP ⁴⁾	Węgiel							<10	7		165 - 126	7,2 - 10			2 - 350	6,6	
	Zakład 3	LRK ¹⁾	ESP ⁴⁾	Węgiel							4,5									
		ASK ²⁾	Workowyy ⁵⁾	Ciężki olej opałowy, lekki olej opałowy							11,9					11	4,3			
	Zakład 4	LRK ¹⁾	ESP ⁴⁾	Węgiel, koks 05			143	6,5					66 - 142		851 ⁷⁾					
	Zakład 5	PFRK ³⁾	Workowyy ⁵⁾	Gaz koksowy																

Załączniki

Emisje (mg/Nm ³)	Zakład Nr.	Piec	Filtr	Paliwo	1998	O ₂ ⁹ %	1999	O ₂ ⁹ %	2000	O ₂ ⁹ %	2001	O ₂ ⁹ %	2002	O ₂ ⁹ %	2003	O ₂ ⁹ %	2004	O ₂ ⁹ %	2005	O ₂ ⁹ %	2006	O ₂ ⁹ %		
		PFRK ³⁾	worko wy ⁵⁾	Gaz koksowy																				
	Zakład 6	PFRK ³⁾	worko wy ⁵⁾	Regenerowany olej opałowy															15 ⁹⁾					
CO ₂	Zakład 1	LRK ¹⁾	ESP ⁴⁾	Węgiel, koks 05	476	6	430	7	467 ±72, 453	6,7		6,4	432 ±70	6,1	360 ±55	9,3	260 ±60 ⁷⁾	12,5	475 ±70	6				
		LRK ¹⁾	ESP ⁴⁾	Węgiel, koks 05	320	10			310	10,7	300 ⁷⁾	11	303 + /-16)	11	340 +/- 45	10,9	280 + 60 ⁷⁾	11,6	285 + 43 ⁷⁾	11				
	Zakład 2	LRK ¹⁾	ESP ⁴⁾	Węgiel								7			424- 324	7,2- 10)	6,6	
		LRK ¹⁾	ESP ⁴⁾	Węgiel					290	4,5									5,2					
	Zakład 3	ASK ²⁾	worko wy ⁵⁾	Ciężki olej opałowy / lekki olej opałowy					292 ⁷⁾	11,9									4,3					
		LRK ¹⁾	ESP ⁴⁾	Węgiel, koks 05			490	6,5						7,2							8			
	Zakład 5	PFRK ³⁾	worko wy ⁵⁾	Gaz koksowy																				
		PFRK ³⁾	worko wy ⁵⁾	Gaz koksowy																				
Zakład 6	PFRK ³⁾	worko wy ⁵⁾	Regenerowany olej opałowy																					
CO	Zakład 1	LRK ¹⁾	ESP ⁴⁾	Węgiel, koks 05	67	6	4	7	31	6,7		6,4	1	6,1	4	9,3	11 ⁷⁾	12,5		6				
		LRK ¹⁾	ESP ⁴⁾	Węgiel, koks 05	68	10			65	10,7	42 ⁹⁾	11	80 ⁷⁾	11	160	10,9	80 + 60 ⁷⁾	11,6	22 ⁷⁾	11				
	Zakład 2	LRK ¹⁾	ESP ⁴⁾	Węgiel							120	7			14	7,2- 10						25,7- 27	6,6	
		LRK ¹⁾	ESP ⁴⁾	Węgiel						4,5									5,2					
	Zakład 3	ASK ²⁾	worko wy ⁵⁾	Ciężki olej opałowy, lekki olej opałowy						11,9									4,3					
Zakład 4	LRK ¹⁾	ESP ⁴⁾	Węgiel, koks 05			56	6,5						94	7,2			3,8 ⁷⁾	12,6	336	8				

Zakład 5	PFRK ³⁾	worko wy ⁵⁾	Gaz koksowy																
	PFRK ³⁾	worko wy ⁵⁾	Gaz koksowy																
Zakład 6	PFRK ³⁾	worko wy ⁵⁾	Regenerowany olej opałowy														65 ⁶⁾		
¹⁾ Długi piec obrotowy ²⁾ Pierścieniowy piec szybowy ^{2) 3)} Piec współprądowo-regeneracyjny ⁴⁾ elektrofiltr ⁵⁾ filtr tkaninowy ⁶⁾ O ₂ stężenie standardowe										⁷⁾ O ₂ >11 % ⁸⁾ wyłączony filtr ⁹⁾ spalony produkt: 310 t/d ¹⁰⁾ NO ₂ ¹¹⁾ NO									

Tabela 4.37: Emisje pyłu, NO_x, SO_x, CO oraz CO₂ z kilku fińskich zakładów wapienniczych wykorzystujących różne typy pieców wapienniczych od lat 1998 - 2006

Emisja metali		
Metal	Jednostka	Emisje (powstawanie cząstek/gazów)
Cd	µg/Nm ³	0,05/0,08
Ti	µg/Nm ³	0,30/<1,6
Hg	µg/Nm ³	0,001/0,026
Sb	µg/Nm ³	0,5/<1,6
As	µg/Nm ³	<0,2/1,9
Pb	µg/Nm ³	5,2/6,0
Cr	µg/Nm ³	0,7/15
Co	µg/Nm ³	0,14/1,3
Cu	µg/Nm ³	0,32/7,2
Mn	µg/Nm ³	3,6/6,0
Ni	µg/Nm ³	3,0/6,0
V	µg/Nm ³	<0,1/37

Tabela 4.38: Emisje metali z fińskiego zakładu wapienniczego [65, Finlandia 2006]

4.3.3 Produkcja wapna - przykład dotyczący transportu olejów odpadowych w piecu szybowym (OK)

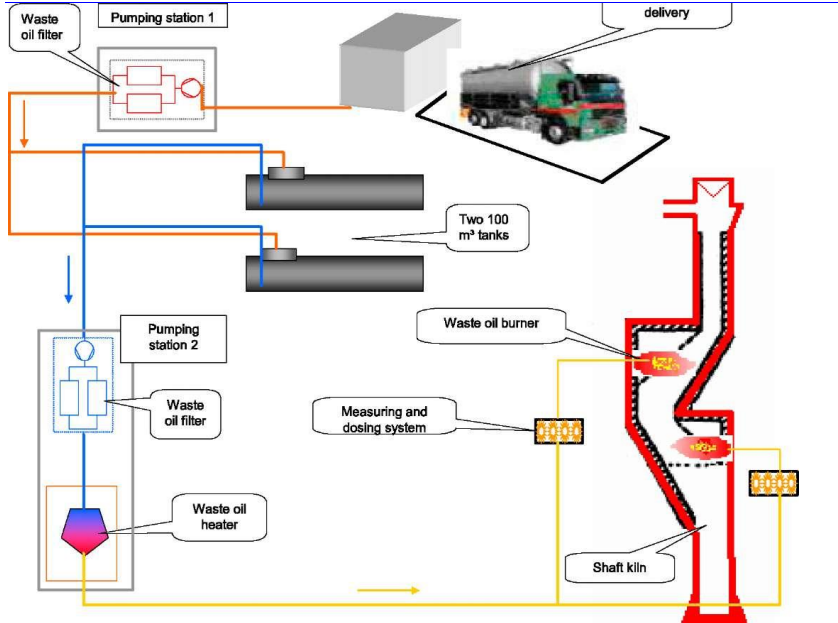
W celu konwersji / zamiany gazowego pieca szybowego (OK) w piec opalany olejem odpadowym, konieczna była modyfikacja palników i dobudowa infrastruktury przeznaczonej do rozładunku i magazynowania olejów odpadowych.

Jak pokazano na rysunku 4.26, w tym konkretnym przypadku olej odpadowy jest dostarczany do zakładu produkcji wapna koleją lub transportem drogowym, np. w cysternach. Powstały dwa zbiorniki o podwójnych ściankach o pojemności 100 m³ każdy. Olej odpadowy jest przekazywany z wagonów lub samochodów ciężarowych do zbiorników magazynowych, które znajdują się w specjalnie zaprojektowanym do tego celu miejscu, aby zapobiegać ewentualnym wyciekom. Wody powierzchniowe (wody opadowe) są odprowadzane do separatora oleju. Ponieważ obszar odpływowy spełnia wszystkie stosowne wymogi prawne, jest on także używany do czyszczenia i tankowania wszystkich rodzajów pojazdów drogowych i kolejowych. Podczas rozładunku wagonów lub samochodów ciężarowych, olej odpadowy jest przepompowywany połączeniem węzowym, a następnie przez rury stalowe do pierwszej przepompowni i stacji filtrowania. Stamtąd jest on pompowany przez podziemną instalację rur o podwójnych ściankach do dwóch zbiorników o pojemności 100 m³. Przy wydajności pieca od 250 do 300 t wapna / d, taka pojemność magazynowa odpowiada w przybliżeniu jednotygodniowemu zużyciu.

Ze zbiorników, olej przepływa do drugiej stacji pomp, jak pokazano na rysunku 4.27, która znajduje się w bezpośrednim sąsiedztwie pieca. Pompa zasilająca przekazuje oleju na inny filtr i do elektrycznego układu grzewczego, który podgrzewa olej do 60 - 80 °C. Ta temperatura jest niezbędna, aby zmniejszyć lepkość oleju co poprawia jego atomizację w palenisku i optymalizuje jego spalanie. Rury wstępujące prowadzą rozgrzany olej do stacji dozowania i pomiarów, jak pokazano na rysunku 4.28, skąd jest on rozprowadzany do poszczególnych palników. W palnikach paliwo jest mieszane z powietrzem i ta mieszanina jest bezpośrednio wtryskiwana do pieca.

Podczas spalania filtrowanego oleju nie są wytwarzane żadne odpady. Odpady są produkowane tylko w trakcie procesu filtrowania oleju. Filtry są czyszczone, a wszelkie odpady są zbierane w przeznaczonych do tego pojemnikach i bezpiecznie usuwane [50, Niemcy, 2006], [51, EULA, 2006].

Załączniki



Filtr oleju odpadowego Pompa 1 Dostawa Dwa kontenery o poj. 100 m³
 Pompa 2 Palnik oleju odpadowego Filtr oleju odpadowego System pomiaru i dozowania Podgrzewacz oleju odpadowego Piec szybowy

Rysunek 4.26: Schemat obiegu oleju odpadowego - począwszy od dostawy do pieca szybowego (OK)
 [50, Niemcy, 2006], [51, EULA, 2006]



Rysunek 4.27: Stacja pomp z filtrami i pojemnikami na odpady z czyszczenia filtra
 [50, Niemcy, 2006], [51, EULA, 2006]

Rysunek 4.28: Stacja pomiarów i dozowania numer 2 z zaworami pneumatycznymi
 [50, Niemcy, 2006], [51, EULA, 2006]

4.3.4 Produkcja wapna – przykład kontroli jakości paliw odpadowych stałych spalanych w piecach obrotowych

Przykład z niemieckiej fabryki wapna przedstawia typowe wymagania dla odpadów stałych używanych w piecach obrotowych o czterech podgrzewaczach. Te piece obrotowe wyposażone są cyklony i ESP w celu zmniejszenia emisji pyłów. Co więcej, technologia SNCR jest używana do redukcji emisji NO_x (patrz punkt 4.3.5). W piecu obrotowym, typowe temperatury kształtują się w zakresie od 1000 do 1400 °C.

Wykorzystywane paliwa to sproszkowany węgiel brunatny, gaz ziemny i stałe odpady. Odpady stałe są dostarczane przez wyspecjalizowane firmy gromadzenia i rozdrabniania odpadów. Zezwolenie dopuszcza zastąpienie maksymalnie 60% mocy cieplnej przez odpady. W roku 2006 stopa substytucji przez odpady stałe wyniosła 10%. Przed podaniem tych paliw ze stałych odpadów do paleniska, części metalowe są odprowadzane przez separator magnetyczny.

Wybór rodzajów odpadów do stosowania jako paliwa w zakładach wapienniczych zależy od wymogów technicznych procesu spalania i jakości produktu. W tym przykładzie, paliwa odpadowe stałe składają się z odpadowego paliwa (RDF) pozyskanego z odpadów o niskiej zawartości zanieczyszczeń (głównie tworzyw sztucznych) oraz o ściśle określonych wartościach kalorycznych. Ich pochodzenie i klasyfikacja zgodnie z Europejskim Katalogiem Odpadów (2000/532/WE) są dokładnie określone [98, Komisja Europejska, 2000]. Tabela 4.39 pokazuje rodzaje odpadów, które mogą być stosowane w piecach obrotowych [50, Niemcy, 2006], [51, EULA, 2006]:

Kod odpadu	Ogólny opis
02 01 04	Odpady z tworzyw sztucznych (z wyłączeniem opakowań)
02 01 07	Odpady z gospodarki leśnej
03 01 01	Odpady z kory i drewna
03 01 05	Trociny, wióry, ścinki, drewno, płyty pilśniowe i fornir inne niż wymienione w 03 01 04
03 03 02	Zielony płyn ściekowy (z odzysku płynów do gotowania)
03 03 07	Mechanicznie wydzielone odrzuty z przeróbki makulatury i tektury
03 03 08	Odpady z sortowania papieru i tektury przeznaczone do recyklingu
04 02 09	Odpady materiałów złożonych (np. tkaniny impregnowane, elastomery, plastomery)
04 02 21	Odpady z nieprzetworzonych włókien tekstylnych
04 02 22	Odpady z przetworzonych włókien tekstylnych
07 02 13	Odpady z tworzyw sztucznych
08 01 02	Odpady farb i lakierów z wyjątkiem wymienionych w 08 01 11
08 02 01	Odpady proszków powlekających
09 01 07	Filmy fotograficzne i papier fotograficzny zawierające srebro lub związki srebra
12 01 05	Plastikowe wióry z toczenia
15 01 01 - 03	Papier i tektura, tworzywa sztuczne, opakowania drewniane
15 01 05 - 06	Opakowania złożone i mieszane
15 02 03	Sorbenty, materiały filtracyjne, tkaniny do wycierania i odzież ochronna, z wyjątkiem wymienionych w 15 02 02
16 01 03	Zużyte opony
17 02 01	Drewno

Załączniki

17 02 03	Plastik
19 05 01	Nieprzekompostowane frakcje odpadów komunalnych i podobnych
19 12 01	Papier i tektura
19 12 04	Tworzywa sztuczne i kauczuk
19 12 07	Drewno inne niż wymienione w 19 02 06
19 12 08	Tekstylia
19 12 10	Odpady palne (paliwo)

Tabela 4.39: Lista odpadów, które mogą być stosowane w niemieckich zakładach wapienniczych [50, Niemcy, 2006], [51, EULA, 2006], [98, Komisja Europejska, 2000]

Wymagania jakościowe dla odpadów stałych są określone przez organ zezwalający. Dla każdej dostawy, dostawcy paliwa muszą potwierdzić, że gotowe do użycia paliwa zawierają tylko odpady wymienione w tabeli 4.39.

Na potrzeby kontroli jakości tych paliw, paliwa odpadowe są podzielone na cztery kategorie, które określają zakres wartości kalorycznych i składu chemicznego.

Dwa parametry statystyczne przedstawione w tabeli 4.40 są używane do kontroli materiałów na wejściu do pieca:

- wartość środkowa (= percentyl 50%) zwana także "praktyczną" wartością. Jest ona oparta o praktyczne doświadczenia i uwzględnia ewentualne zmiany w składzie paliw
- wartość maksymalna (= percentyl 100%).

Zanieczyszczenie	Odpady paliwowe 1		Odpady paliwowe 2		Odpady paliwowe 3		Odpady paliwowe 4	
	Średkowa (mg/kg)	Maksymalna (mg/kg)	Średkowa (mg/kg)	Maksymalna (mg/kg)	Średkowa (mg/kg)	Maksymalna (mg/kg)	Średkowa (mg/kg)	Maksymalna (mg/kg)
Rtęć Hg	0,4	1,0	0,4	1,0	0,4	1,0	0,6	1,2
Kadm Cd	4,0	15,0	4,0	15,0	4,0	10,0	4,0	9,0
Tal Tl	1,0	5,0	1,0	5,0	1,0	5,0	1,0	2,0
Arsen As	5,0	10,0	5,0	10,0	5,0	15,0	5,0	13,0
Kobalt Co	5,0	10,0	5,0	10,0	5,0	10,0	6,0	12,0
Nikiel Ni	20,0	100,0	20,0	100,0	20,0	100,0	25,0	50,0
Antymon Sb	40,0	100,0	40,0	100,0	25,0	60,0	25,0	60,0
Ołów Pb	40,0	100,0	40,0	100,0	40,0	100,0	70,0	200,0
Chrom Cr	40,0	100,0	40,0	100,0	40,0	100,0	40,0	120,0
Miedź Cu	100,0	250,0	90,0	250,0	90,0	500,0	120,0	300,0
Mangan Mn	50,0	100,0	50,0	100,0	50,0	100,0	50,0	100,0
Wanad V	10,0	20,0	10,0	20,0	10,0	20,0	10,0	25,0
Cyna Sn	15,0	50,0	15,0	50,0	15,0	75,0	30,0	70,0
Razem chlor	7000,0	10000,0	7000,0	10000,0	7000,0	10000,0	7000,0	10000,0
Razem fluor	250,0	500,0	250,0	500,0	250,0	1000,0	250,0	1000,0
Beryl Be	0,5	5,0	0,5	5,0	0,5	5,0	0,5	2,0
Cynk Zn	400,0	500,0	400,0	500,0	400,0	1000,0	400,0	1000,0
	% w/w ¹⁾	% w/w ¹⁾	% w/w ¹⁾	% w/w ¹⁾	% w/w ¹⁾	% w/w ¹⁾	% w/w ¹⁾	w/w ¹⁾ %
Wilgotność	8,0	<10,0	11,0	<12,5	18,0	<20,0	18,0	<20,0
Zawartość popiołu	6,0	<7,0	8,0	<9,0	11,0	<15,0	11,0	<15,0
Razem siarka	0,3	<0,5	0,3	<0,5	0,2	<0,3	0,2	<0,3

Załączniki

PCB		<3		<1		<1		<1
Procent wagowy								

Tabela 4.40: Średnie i maksymalne stężenie metali dla każdego rodzaju paliwa odpadowego [50, Niemcy, 2006], [51, EULA, 2006]

W tym przykładzie, zakresy zostały określone dla wartości kalorycznych netto z każdej kategorii paliw, jak pokazano w tabeli 4.41:

Wartość Kaloryczna Netto (MJ/kg)	Odpady paliwowe 1		Odpady paliwowe 2		Odpady paliwowe 3		Odpady paliwowe 4	
	Minimalna	Maksymalna	Minimalna	Maksymalna	Minimalna	Maksymalna	Minimalna	Maksymalna
	25	31	23	29	20	24	18	22

Tabela 4.41: Minimalne i maksymalne wartości kaloryczne dla każdego rodzaju paliwa odpadowego [50, Niemcy, 2006], [51, EULA, 2006]

Regularnie prowadzone jest pobieranie próbek paliw odpadowych. Poszczególne próbki są podzielone na mniejsze próbki, które są później łączone ponownie w próbkę zbiorczą. W określonych odstępach czasu, mieszane próbki są badane w celu sprawdzenia, czy spełniają one wymagania jakościowe wskazane w tabeli 4.40.

Przy wykorzystaniu odpadów jako paliwa, zapewnienie jakości i gwarancji jest jedną z najważniejszych kwestii. Tabela 4.42 przedstawia przykłady środków/technik zapewnienia jakości.

Krok procesu	Działania/techniki	Dodatkowe działania /techniki
Zródło odpadów (wytwórca odpadów, zakład sortujący, przetwarzanie mechaniczno-biologiczne odpadów)	<ul style="list-style-type: none"> lista odpadów unikanie zanieczyszczeń postanowienia o dopuszczalnej jakości poszczególnych rodzajów odpadów analiza deklaracji dokumentacja usuniętych ilości poszczególnych rodzajów odpadów 	<ul style="list-style-type: none"> wydanie instrukcji dla wytwórcy odpadów przez kierownika d/s odpadów regularne kontrole zakładu wytwarzającego odpady przez kierownika d/s odpadów
Zakład przetwarzania odpadów	<ul style="list-style-type: none"> (regularne) pobieranie próbek i analizy zachowanie próbki dokumentacja przyjmowanych i przetwarzanych odpadów 	<ul style="list-style-type: none"> regularne pobieranie próbek i analizy przyjmowanych odpadów przez ekspertów zewnętrznych
Zakład przetwarzania odpadów	<ul style="list-style-type: none"> (regularne) pobieranie próbek i analizy zachowanie próbki dokumentacja przyjmowanych i przetwarzanych odpadów 	
Zakład produkcji wapna	<ul style="list-style-type: none"> (regularne) pobieranie próbek i analizy zachowanie próbki dokumentacja przyjmowanych i przetwarzanych odpadów 	

Tabela 4.42: Przykłady środków / technik do zapewnienia jakości odpadów [156, Niemcy, 2007]

4.3.5 Produkcja wapna - przykład stosowania DeNOx za pomocą technologii SNCR w piecach obrotowych z podgrzewaczem (PRK)

W zakładzie Flandersbach (Niemcy), były kolejno wdrażane pierwotne i wtórne środki / techniki w przypadku pieców obrotowych z czterema podgrzewaczami. Zainstalowany został nowy palnik w jednym z pieców, ale jego wpływ na emisję NOx był dość ograniczony. Praktyka pokazuje, że ogólne stężenie tlenu w strefie spalania miało o wiele większy wpływ na te emisje. Tym niemniej atmosfera pieca została dostosowana tak, by obniżyć stężenie tlenu. Okazało się jednak, że środek ten nie był wystarczający, aby zapewnić emisję NOx zawsze poniżej 500 mg/Nm³. Zwłaszcza przy produkcji twardego wapna palonego, emisja NOx zwykle przekraczała 1000 mg/Nm³ (w stabilnych warunkach pieca), a czasami 2000 mg/Nm³, np. kiedy potrzebna była większa ilość powietrza chłodzącego, aby uniknąć przegrzania chłodnicy wapiennej.

Ze względu na zakres temperatur poniżej rusztu Lepol, możliwe jest ograniczenie emisji NOx przez wtrysk środków redukujących w tym obszarze. Dlatego też przeprowadzono wstępne badania z różnymi cieciami, miejscami wtrysku i współczynnikami wtrysku w celu optymalizacji konstrukcji przemysłowych instalacji SNCR, opisanych poniżej:

Ogólna koncepcja

Płynne środki redukujące są dostarczane przez samochody ciężarowe i przechowywane w dwóch zbiornikach. Ciekły czynnik jest pompowany na wysokości rusztu Lepol, gdzie jest rozpylany w gorącej komorze za pomocą sprężonego powietrza do rozpylania i mieszany z gazami kominowymi. Obiekt jest przystosowany do obsługi wody amoniakalnej o stężeniu do 25%, i musi działać zgodnie z regulacjami dotyczącymi materiałów niebezpiecznych.

Napełnianie zbiorników

Cysterna jest rozładowywana za pomocą pompy przez sprawdzony pod względem szczelności wąż o podwójnych ściankach i podwójny filtr powstrzymujący zanieczyszczenia. Kierowca dostaje nakaz rozładunku po rejestracji w dyspozytorni. Procedura napełniania nie rozpocznie się do momentu, gdy zbiornik cysterny zostanie uziemiony. Napełnienie jest automatycznie zatrzymane, gdy zbiornik jest pełny lub gdy z systemu monitorowania ciśnienia różnicowego uzyskany jest sygnał maksymalnego zapełnienia filtrów. Nowe ustalenia są wymagane dla kierowcy ciężarówki po podłączeniu do innego zbiornika lub do drugiego filtra.

Przechowywanie

Dwa zbiorniki, każdy o pojemności 80 m³, wyposażone są w urządzenia bezpieczeństwa i kontroli, jak również pompy obiegowe. Aby uniknąć nadciśnienia lub próżni, na zbiornikach zainstalowane są zawory ciśnieniowe, a ciśnienie w zbiornikach jest monitorowane.

Dozowanie

Dla każdego rusztu Lepol, zainstalowana jest jedna pompa kontrolowana przez przemiennik częstotliwości. Każda pompa dozująca może pracować alternatywnie z każdym z dwóch zbiorników. Pompy są wyposażone w ciśnieniowy zawór bezpieczeństwa, aby zapobiec wzrostowi ciśnienia w zablokowanym systemie. Jedna pompa w stanie gotowości jest zainstalowana, by w przypadku awarii jednej z pomp dozujących, mogła być włączona do odpowiednich wtrysków.

Dodatkowe porty zasilania pozwalają na płukanie rur i filtrów przy użyciu wody przemysłowej w celu opróżnienia tych elementów, np. przed konserwacją.

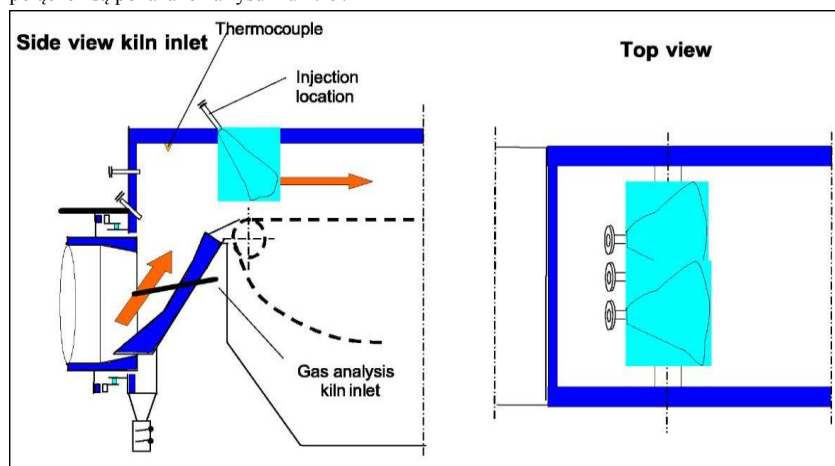
Załączniki

Dysze rozpylające muszą być sterowane w ramach wyznaczonych dla nich przepływów. Aby zachować optymalne warunki wtrysku przy dyszach rozpylających, musi być kontrolowane natężenie przepływów. Jeśli przepływy spadną poniżej wcześniej ustalonej wartości, np. jeżeli zapotrzebowanie na środek redukujący jest niskie, do systemu dodawana jest woda przemysłowa w celu zwiększenia tej wartości. Opcja ta zapewnia również możliwość przechowywania wysoko skoncentrowanych środków i rozcieńczania czynników, aby uzyskać dobry rozkład w strumieniu spalin i w związku z tym zoptymalizować wydajność. Kiedy niezbędny przepływ czynnika redukującego podnosi się, np. gdy stężenie azotu w cieczy jest niskie, a potrzebne działanie redukcyjne jest wysokie, drugie lance są aktywowane w miejscu wtryskiwania. W systemie kontroli, możliwe jest odróżnienie niskiej i wysokiej koncentracji w zbiornikach i wdrażane są różne tryby operacyjne dozowania.

Wszystkie rury są izolowane i wyposażone w ogrzewanie by uniknąć zamarzania zimą i krystalizacji w przypadku stosowania ciekłego mocznika.

Miejsce wtrysku

Położenie punktów wtrysku zostało ustalone podczas testów w zakładzie Flandersbach. Wybrane porty umożliwiają dobrą penetrację i mieszanie środka z gazami spalinowymi w miejscu, z niewielką tendencją do tworzenia powłok, które mogą zakłócić wtrysk. Punkty połączeń są pokazane na rysunku 4.29.



Widok punktu wtrysku z boku

Termopara Punkt wtrysku

Wtrysk gazu podlegającego analizie

Widok z góry

Rysunek 4.29: Położenie punktów wtrysku i punktów połączeń dla SNCR w zakładzie produkcji wapna Flandersbach w Niemczech

[93, EULA, 2006]

Działanie

Instalacja obiektu została zakończona w lipcu 2006 r., a faza początkowa zakończyła się pod koniec sierpnia 2006 roku. Od tego czasu instalacja działa już bez większych kłopotów. Wdrożone też zostały niezbędne poprawki wynikające z doświadczenia zdobytego podczas rozruchu i pracy.

Załączniki

Redukcja efektywności

Spadek efektywności o 50-60% wydaje się być możliwy, jednak umożliwia w ten sposób utrzymanie emisji NO_x na poziomie poniżej 500 mg NO_x/Nm³ jako średnia dobową. Wyższe wskaźniki redukcji są w zasadzie możliwe, ale mogą one od razu doprowadzić do masowych wycieków amoniaku. Pomiary przeprowadzone w ramach różnych procesów i warunków wtrysku wykazały, że emisja podtlenku azotu (N₂O) zawsze pozostawała poniżej 10 mg/Nm³.

Koszty

Koszty inwestycji są podobne do tych wymienionych w przypadku przemysłu cementowego, tj. między 0,5 mln EUR a 1,2 mln EUR. Ponieważ urządzenia działają tylko przez krótki okres czasu (kilka tygodni), trudno jest ocenić dokładnie koszty operacyjne. Z finansowych szacunków na podstawie wstępnych badań wynika, że koszty pracy mogą być podobne do zgłaszanych przez przemysł cementowy, tj. 0,1 do 1,7 EUR za tonę wapna odnoszące się do wydajności pieca 1000 t / dobę i początkowej emisji do 1500 mg NO_x / Nm³.