



KOMISJA EUROPEJSKA

Dokument Referencyjny
dla najlepszych dostępnych technik dotyczących

Przemysłu ceramicznego
sierpień 2007

Niniejszy dokument jest jednym z serii planowanych dokumentów wyszczególnionych poniżej (w momencie pisania, nie wszystkie dokumenty zostały ukończone):

Dokument referencyjny dla najlepszych dostępnych technik ...	Kod
Duże obiekty energetycznego spalania	LCP
Rafinerie Olejów Mineralnych i Gazu	REF
Produkcja Żelaza i Stali	I&S
Przemysł Przetwórstwa Metali Żelaznych	FMP
Przemysł Metali Nieżelaznych	NFM
Kuźnie i Odlewnie	SF
Obróbka Powierzchniowa Metali i Tworzyw Sztucznych	STM
Przemysł Cementowo-wapienniczy	CL
Przemysł Szklarski	GLS
<i>Przemysł Ceramiczny</i>	CER
Przemysł Wielkotonażowych Związków Organicznych	LVOC
Produkcja Związków Organicznych Głęboko Przetworzonych	OFC
Produkcja polimerów	POL
Przemysł Chloro-alkaliczny	CAK
Przemysł Wielkotonażowych Związków Nieorganicznych - Amoniak, Kwasów i Nawozów Sztucznych	LVIC-AAF
Przemysł Wielkotonażowych Związków Nieorganicznych - Substancji Stałych i Innych	LVIC-S
Produkcja Związków Nieorganicznych Specjalnego Przeznaczenia	SIC
Systemy Utylizacji / Zarządzania Wodami i Gazami Odpadowymi w Sektorze Chemicznym	CWW
Przemysł Przetwarzania Odpadów	WT
Spalanie Odpadów	WI
Gospodarka Odpadami Przeróbczymi i Skałą Płonną Rud w Górnictwie	MTWR
Przemysł Celulozowo-papierniczy	PP
Przemysł Tekstylny	TXT
Garbarstwo Skór i Skórek	TAN
Rzeźnie i Przetwórstwo Produktów Ubocznych Pochodzenia Zwierzęcego	SA
Przemysł Spożywczy, Produkcja Napojów i Mleka	FDM
Intensywna Hodowla Drobiu i Świń	ILF
Obróbka Powierzchniowa Metali i Tworzyw Sztucznych	STS
Przemysłowe Systemy Chłodzenia	CV
Emisje z magazynowania	ESB
Dokumenty referencyjne ...	
Ogólne Zasady Monitoringu	MON
Aspekty Ekonomiczne i Oddziaływanie Między Komponentami Środowiska	ECM
Techniki Efektywnego Wykorzystania Energii	ENE

Elektroniczne wersje projektów oraz ostatecznych wersji dokumentów są publicznie dostępne i można je pobrać ze strony: <http://eippcb.jrc.es>

STRESZCZENIE

Dokument referencyjny na temat najlepszych dostępnych technik (Best Available Techniques BAT) (tzw. BREF) zatytułowany „Przemysł Ceramiczny (CER)” jest wynikiem wymiany informacji przeprowadzonej na mocy art. 16 ust. 2 dyrektywy Rady 96/61/WE (dyrektywa IPPC). Niniejsze streszczenie opisuje główne ustalenia, podsumowanie najważniejszych wniosków w sprawie najlepszych dostępnych technik i związanych z nimi poziomów zużycia i emisji. Powinno ono być przeczytane wraz z przedmową, która wyjaśnia cele niniejszego dokumentu, sposób korzystania z niego oraz warunki prawne. Może ono być odczytywane jako samodzielny dokument, jednak, jako streszczenie, nie przedstawia wszystkich złożoności tego pełnego dokumentu. Dlatego nie ma ono w zamierzeniu być substytutem tego pełnego dokumentu jako narzędzia w podejmowaniu decyzji dotyczących BAT i należy podkreślić raz jeszcze, że niniejsze podsumowanie nie może zostać poprawnie zinterpretowane, jeśli nie zostanie przeczytane wraz z rozdziałami 4 i 5.

ZAKRES NINIEJSZEGO DOKUMENTU

Niniejszy dokument dotyczy działalności przemysłowej określonej w sekcji 3.5 załącznika I do dyrektywy 96/61/WE, a mianowicie:

3.5. „Instalacji do produkcji wyrobów ceramicznych przez wypalanie, w szczególności do produkcji dachówek, cegieł, cegieł ognioodpornych, wyrobów kamionkowych i porcelany, o wydajności powyżej 75 ton dziennie, i/lub o pojemności pieca przekraczającej 4 m³, o gęstości powyżej 300 kg/m³na piec.”

Do celów niniejszego dokumentu, działalność przemysłowa wchodząca w zakres tego opisu zwana będzie „przemysłem ceramicznym”. Główne sektory, które opierają się na wyrobach ceramicznych (ceramice) są następujące:

- płytki ścienne i podłogowe
- cegły i dachówki
- zastawa stołowa i wyroby dekoracyjne (ceramiczne artykuły gospodarstwa domowego)
- wyroby ogniotrwałe
- wyroby sanitarne
- ceramika techniczna
- rury kamionkowe
- kruszywa gliniaste spulchnione
- materiały ściernie ze spoiwem nieorganicznym.

Oprócz podstawowej działalności wytwórczej, niniejszy dokument obejmuje bezpośrednio związane z nią działania, które mogłyby mieć wpływ na emisje lub zanieczyszczenia. Tak więc, niniejszy dokument obejmuje działania od przygotowania surowców do wysyłki gotowych wyrobów. Niektóre działania, takie jak urabianie surowców, nie są objęte, ponieważ nie uważa się, aby były bezpośrednio związane z podstawową działalnością.

PRZEMYSŁ CERAMICZNY

Generalnie określenie „ceramika” (wyroby ceramiczne) odnosi się do materiałów nieorganicznych (ewentualnie z pewną zawartością substancji organicznej) składających się ze związków niemetalicznych i utrwalonych za pomocą procesu wypalania. Oprócz materiałów na bazie gliny, dzisiejsza ceramika obejmuje mnóstwo wyrobów z niewielką zawartością gliny lub nie zawierających jej w ogóle. Wyroby ceramiczne mogą być szkliwione lub nieszkliwione, porowate lub zeszkłone.

Wypalanie masy ceramicznej wywołuje czasowo-temperaturową przemianę materiałów składowych zwykle w mieszaninę nowych minerałów i faz szklistych. Do charakterystycznych własności wyrobów ceramicznych należy wysoka wytrzymałość, odporność na zużycie, trwałość użytkowa, obojętność chemiczna i nietoksyczność, odporność na ciepło i ogień, (zwykle) oporność elektryczna a niekiedy również określona porowatość.

Surowce gliniaste są szeroko rozpowszechnione w całej Europie, więc wyroby ceramiczne, takie jak cegły, które są stosunkowo niedrogie (lecz które powodują wysokie koszty transportu z uwagi na swój ciężar) są wytwarzane praktycznie we wszystkich państwach członkowskich. Czynniki związane z tradycjami i dziedzictwem w dziedzinie budownictwa powodują, że w różnych krajach istnieją różnej wielkości zakłady. Bardziej specjalistyczne wyroby, które cieszą się wyższymi cenami produkowane są głównie w kilku krajach, które mają niezbędne surowce i - co równie ważne - tradycje umiejętności i wiedzy.

PODSTAWOWE ZAGADNIENIA ŚRODOWISKOWE

W zależności od konkretnych procesów produkcyjnych, instalacje produkujące wyroby ceramiczne powodują uwalnianie emisji do powietrza, wody i gruntu (odpady). Ponadto, na środowisko może oddziaływać hałas lub nieprzyjemne zapachy. Rodzaj i ilość zanieczyszczenia powietrza, odpadów i ścieków zależą od różnych parametrów. Parametrami tymi są, np. użyte surowce, zastosowane środki pomocnicze, użyte paliwa oraz metody produkcji:

- emisje do powietrza: przemysł ceramiczny może powodować emisje cząstek stałych/pyłu, sadzy oraz emisje gazowe (tlenki węgla, tlenki azotu, tlenki siarki, nieorganiczne związki fluoru i chloru, związki organiczne i metale ciężkie);
- emisje do wody: ścieki procesowe zawierają głównie składniki mineralne (cząstki nierozpuszczalnej substancji stałej), jak również dalsze substancje nieorganiczne, niewielkie ilości licznych substancji organicznych, a także niektóre metale ciężkie;
- straty/odpady procesowe: na straty procesowe powstające w wyniku produkcji wyrobów ceramicznych składa się głównie różnego rodzaju szlam, potłuczone wyroby, zużyte formy gipsowe, użyte środki sorpcyjne, pozostałości stałe (pył, popioły) oraz odpady opakowaniowe;
- zużycie energii/emisje CO₂: wszystkie sektory przemysłu ceramicznego są energochłonne, gdyż główna część procesu wiąże się z suszeniem, po którym następuje wypalanie do temperatur 800 – 2000°C. Do wypalania używany jest dziś głównie gaz ziemny, gaz płynny (propan i butan) oraz olej opałowy EL, choć ciężki olej opałowy, skroplony gaz ziemny (LNG), biogaz/biomasa, energia elektryczna i paliwa stałe (np. węgiel kamienny, koks naftowy) mogą również odgrywać rolę, jako źródła energii dla palników.

STOSOWANE PROCESY I TECHNIKI

Produkcja wyrobów ceramicznych odbywa się w różnego typu piecach przy użyciu szerokiej gamy surowców oraz z uzyskiwaniem licznych kształtów, rozmiarów i kolorów. Ogólny proces produkcji wyrobów ceramicznych jest jednak dość podobny pomimo tego, że do wytwarzania płytek ściennych i podłogowych, ceramicznych artykułów gospodarstwa domowego, ceramicznych wyrobów sanitarnych oraz ceramiki technicznej często stosuje się wieloetapowy proces wypalania.

Ogólnie biorąc, surowce miesza się i przelewa do formy, prasuje lub wyciska odpowiedni kształt. Do gruntowego wymieszania i ukształtowania regularnie używana jest woda. Woda ta zostaje odparowana w suszarkach i wyroby umieszcza się ręcznie w piecu – zwłaszcza w przypadku pieców o pracy okresowej – lub umieszcza się na wózkach, które są przemieszczane poprzez piece tunelowe lub piece rolkowe o pracy ciągłej. Do wytwarzania kruszyw gliniastych spienionych używa się pieców obrotowych.

Podczas wypalania niezbędny jest bardzo dokładny gradient temperatury w celu zapewnienia, aby wyroby zostały poddane prawidłowej obróbce. Następnie niezbędne jest kontrolowane chłodzenie, tak aby wyroby stopniowo wydzieliły ciepło i zachowały swoją ceramiczną strukturę. Potem wyroby pakuje się i magazynuje do wysyłki.

EMISJE I ZUŻYCIA

Emisje

Przetwarzanie glin i innych surowców ceramicznych nieuchronnie prowadzi do powstawania pyłu - szczególnie w przypadku suchych materiałów. Suszenie (w tym również suszenie rozpryskowe), rozdrabnianie (kruszenie, mielenie), przesiewanie, mieszanie i przenoszenie – wszystko to może powodować wydzielanie drobnego pyłu. Pewna ilość pyłu może również tworzyć się podczas dekorowania i wypalania wyrobów oraz podczas obróbki mechanicznej lub wykończeniowej wypalonych wyrobów. Emisje zanieczyszczeń powstają nie tylko z surowców, jako opisano wyżej, lecz również paliwa przyczyniają się do tych emisji do powietrza.

Gazowe związki wydzielane podczas suszenia i wypalania pochodzą głównie z surowców, lecz również paliwa przyczyniają się do wytwarzania gazowych zanieczyszczeń. W szczególności są to: SO_x, NO_x, HF, HCl, LZO (lotne związki organiczne) i metale ciężkie.

Ścieki procesowe są wytwarzane głównie wtedy, gdy materiały gliniaste są wypłukiwane i pozostają zawieszone w wodzie podczas procesu wytwarzania i czyszczenia urządzeń, lecz emisje do wody mogą również występować podczas pracy płuczek gazu odlotowego. Woda dodawana bezpośrednio do mieszanin masy ceramicznej zostaje następnie odparowana do powietrza podczas etapów suszenia i wypalania.

Straty procesowe można często zawracać do obiegu i wtórnie wykorzystywać w instalacji zależnie od specyfikacji produktu lub wymagań procesu. Materiały, których nie można wewnątrznie zawracać do obiegu opuszczają instalację i są następnie wykorzystywane w innych gałęziach przemysłu lub są wysyłane do zewnętrznych zakładów recyklingu lub utylizacji odpadów.

Zużycie energii i materiałów

Główne zużycie energii w produkcji wyrobów ceramicznych przypada na wypalanie w piecu, a w wielu procesach energochłonne jest również suszenie produktów pośrednich lub ukształtowanych wyrobów.

Woda używana jest praktycznie we wszystkich procesach ceramicznych i dobrej jakości woda jest niezbędna do przygotowania glin, mas ciekłych do szklwienia, mas gliniastych do wytłaczania, „szlamów” do formowania, przygotowania proszków suszonych rozpryskowo, kruszenia/mielenia na mokro oraz operacji mycia lub czyszczenia.

W przemyśle ceramicznym zużywany jest bardzo szeroki wachlarz surowców. Należą do nich materiały tworzące główną czerep masę ceramiczną, gdzie w grę wchodzi ilość wielotonowe, oraz różnorodne dodatki, spoiwa i nakładane na powierzchnię materiały dekoracyjne, które są używane w mniejszej skali.

TECHNIKI, KTÓRE NALEŻY WZIĄĆ POD UWAGĘ PRZY USTALANIU NAJLEPSZYCH DOSTĘPNYCH TECHNIK (BAT)

Ważnymi zagadnieniami dla wprowadzania w życie IPPC w przemyśle ceramicznym są: zmniejszenie emisji do powietrza i wody, efektywne wykorzystanie energii, surowców i wody, minimalizacja, odzysk i recykling strat/odpadów procesowych i ścieków procesowych, jak również efektywne systemy zarządzania.

Powyższe zagadnienia są uwzględnione w różnorodnych technikach zintegrowanych z procesem lub końcowych, przy wzięciu pod uwagę możliwości zastosowania w dziewięciu indywidualnych sektorach ceramicznych. W tym kontekście, w niniejszym dokumencie przedstawiono około 50 technik zapobiegania zanieczyszczeniom i ich kontroli pod następującymi siedmioma nagłówkami tematycznymi:

Zmniejszenie zużycia energii (efektywność energetyczna)

Wybór źródła energii, techniki wypalania oraz metody odzyskiwania ciepła ma kluczowe znaczenie dla projektowania pieca, a także należy do najważniejszych czynników wpływających na funkcjonowanie pod względem środowiskowym i efektywność energetyczną procesu wytwarzania.

Główne techniki zmniejszania zużycia energii, które mogą być stosowane indywidualnie lub w połączeniu, wymieniono poniżej i omówiono szczegółowo w niniejszym dokumencie:

- poprawa rozwiązywania konstrukcyjnego pieców i suszarek
- odzysk nadmiaru ciepła z pieców
- instalacje kogeneracji/skojarzonego wytwarzania ciepła i energii
- zastąpienie ciężkiego oleju opałowego i paliw stałych paliwami niskoemisyjnymi
- modyfikacja mas ceramicznych.

Emisje pyłu (zawieszone cząstki stałe)

W celu zapobieżenia rozproszonym i skanalizowanym emisjom pyłu, opisano techniki i środki, które można stosować indywidualnie lub w połączeniu. Są to:

- środki dla działań związanych z pyleniem
- środki dla magazynowania materiałów luzem
- systemy separacji/filtrowania

Związki gazowe

W celu zapobieżenia emisjom gazowych zanieczyszczeń powietrza (w szczególności SO_x, NO_x, HF, HCl, LZO), opisano główne i drugorzędne środki/techniki, które można stosować indywidualnie lub w połączeniu. Są to:

- zmniejszenie wkładu prekursorów zanieczyszczeń
- wprowadzenie dodatków bogatych w wapń
- optymalizacja procesu
- instalacje sorpcyjne (adsorbery, absorbery)
- dopalanie.

Ścieki procesowe

Cele i rozwiązania dotyczące zmniejszenia ilości ścieków procesowych (emisji i zużycia) przedstawiono w postaci środków optymalizacji procesu oraz systemów obróbki ścieków procesowych. Dla zmniejszenia emisji ścieków procesowych i mniejszego zużycia wody zwykle stosuje się połączenia tych środków.

Straty/odpady procesowe

Cele i rozwiązania dotyczące zmniejszenia ilości strat/odpadów procesowych przedstawiono w odniesieniu do szlamu powstającego przy produkcji wyrobów ceramicznych oraz stałych strat/odpadów w postaci optymalizacji procesu, recyklingu i środków/technik wtórnego wykorzystania. Dla zmniejszenia ilości strat/odpadów procesowych zwykle stosuje się połączenia tych środków/technik.

Ogólne czynniki dotyczące hałasu

Wykazano możliwości obniżenia hałasu występującego w kilku etapach podczas procesów produkcji wyrobów ceramicznych. Przedstawiono ogólne podsumowanie i przegląd dotyczący obniżenia hałasu.

Narzędzia zarządzania środowiskowego/systemy zarządzania środowiskowego (SZŚ)

Systemy zarządzania środowiskowego (SZŚ) są niezbędne dla ograniczenia oddziaływania na środowisko działalności przemysłowej ogółem, z niektórymi środkami, które są ważne szczególnie dla ceramiki. Dlatego SZŚ przedstawiono w niniejszym dokumencie jako narzędzia, których podmioty mogą używać do rozwiązywania kwestii związanych z projektowaniem, konstrukcją, utrzymaniem, eksploatacją i likwidacją w sposób systematyczny i łatwy do wykazania.

NAJLEPSZE DOSTĘPNE TECHNIKI (BAT) DLA PRODUKCJI WYROBÓW CERAMICZNYCH

Rozdział poświęcony BAT (rozdział 5) określa te techniki, które są uznane za najlepsze dostępne techniki (BAT) w ogólnym sensie, w oparciu głównie o informacje zawarte w rozdziale 4 oraz uwzględniając zawartą w art. 2 ust. 11 definicję „najlepszych dostępnych technik” a także czynniki wymienione w załączniku IV do dyrektywy. Jak opisano pełniej w przedmowie, rozdział poświęcony BAT nie ustala ani nie proponuje granicznych wartości emisji, lecz sugeruje wartości zużycia i emisji, które związane są ze stosowaniem BAT, jak również wybór BAT. Określenie odpowiednich warunków pozwolenia wymagać będzie wzięcia pod uwagę lokalnych, swoistych dla zakładu czynników, takich jak charakterystyka techniczna danej instalacji, jej położenie geograficzne oraz lokalne warunki środowiskowe. W przypadku istniejących instalacji należy także wziąć pod uwagę opłacalność ekonomiczną i możliwości techniczne ich modernizacji.

W następnych akapitach streszczono główne wnioski w sprawie BAT dla przemysłu ceramicznego, dotyczące najbardziej istotnych zagadnień środowiskowych. Wnioski dotyczące BAT przedstawiono na dwóch poziomach. W sekcji 5.1 przedstawiono ogólne wnioski dotyczące BAT, tj. te, które ogólnie stosują się do całego przemysłu ceramicznego. Sekcja 5.2 zawiera bardziej szczegółowe wnioski dotyczące BAT, tj. takie, które odnoszą się do dziewięciu głównych sektorów ceramicznych wchodzących w zakres niniejszego dokumentu. „Najlepszymi dostępnymi technikami” dla konkretnej instalacji będzie zwykle zastosowanie jednej indywidualnej techniki lub połączenia technik i środków wymienionych w odpowiednim rozdziale należącym do sekcji ogólnej lub specyficznej dla sektora.

Należy zwrócić uwagę, że w niniejszym streszczeniu wnioski dotyczące BAT wynikające z niniejszego dokumentu są podsumowane w formie krótkich opisów. Aby przeczytać właściwe pełne wnioski w sprawie BAT - patrz: odpowiednie sekcje w rozdziale 5 niniejszego dokumentu.

Ogólne BAT

Sekcja poświęcona ogólnym BAT zawiera ogólne wnioski w sprawie BAT odnoszące się do wszystkich dziewięciu sektorów wyjaśnionych i opisanych szczegółowo w niniejszym dokumencie.

Należy zwrócić uwagę, że w niniejszym streszczeniu wnioski w sprawie BAT wynikające z niniejszego dokumentu są podsumowane w formie krótkich opisów. Należy powtórnie podkreślić, że niniejsze streszczenie dotyczące BAT, jak również związane z BAT zakresy AEL (średnich poziomów emisji) wspomniane w streszczeniu, nie mogą być poprawnie zinterpretowane, jeśli nie są czytane wraz z rozdziałem 4 i właściwymi pełnymi wnioskami w sprawie BAT zawartymi w rozdziale 5 niniejszego dokumentu.

Zarządzanie środowiskowe:

Wdrożyć i stosować system zarządzania środowiskowego (SZŚ), który zawiera, stosownie do indywidualnej sytuacji, cechy wymienione w sekcji 5.1.1 niniejszego dokumentu.

Zużycie energii:

Obniżyć zużycie energii przez zastosowanie połączenia kilku technik, które są wymienione w sekcji 5.1.2 niniejszego dokumentu i które można streścić następująco:

- poprawa rozwiązania konstrukcyjnego pieców i suszarek
- odzysk nadmiaru ciepła z pieców, zwłaszcza z ich strefy chłodzenia
- zastosowanie zamiany paliwa w procesie wypalania w piecu (zastąpienie ciężkiego oleju opałowego i paliw stałych paliwami niskoemisyjnymi)
- modyfikacja mas ceramicznych.

Obniżyć podstawowe zużycie energii przez zastosowanie instalacji kogeneracji/skojarzonego wytwarzania ciepła i energii na podstawie zapotrzebowania na ciepło użyteczne, w ramach energetycznych systemów regulacyjnych, które są ekonomicznie opłacalne.

Rozproszone emisje pyłu:

Obniżyć rozproszone emisje pyłu przez zastosowanie połączenia kilku technik, które są wymienione w sekcji 5.1.3.1 niniejszego dokumentu, a które można streścić jako środki dotyczące działań związanych z wydzielaniem pyłu oraz środki dotyczące magazynów materiałów luzem.

Skanalizowane emisje pyłu z działań związanych z wydzielaniem pyłu innych niż suszenie, suszenie rozpryskowe lub wypalanie:

Obniżyć zorganizowane emisje pyłu z działań związanych z pyleniem do $1 - 10 \text{ mg/m}^3$, jako półgodzinnej średniej wartości, przez zastosowanie filtrów workowych. Zakres ten może być wyższy, w zależności od konkretnych warunków roboczych.

Emisje pyłu z procesów suszenia:

Utrzymać emisje pyłu z procesów suszenia w przedziale $1 - 20 \text{ mg/m}^3$, jako średnią wartość dzienną, przez czyszczenie suszarki, niedopuszczanie do nagromadzenia się pozostałości pyłu w suszarce oraz przez przyjęcie odpowiednich protokołów konserwacji.

Emisje pyłu z procesów wypalania w piecu:

Obniżyć emisje pyłu z gazami kominowymi z procesów wypalania w piecu do $1 - 20 \text{ mg/m}^3$, jako średniej wartości dziennej, przez zastosowanie połączenia kilku technik, które są wymienione w sekcji 5.1.3.4 niniejszego dokumentu. Techniki te można streścić jako wykorzystanie paliw o niskiej zawartości popiołu oraz ograniczenie tworzenia się pyłu powodowanego przez załadowywanie wyrobów do wypalania w piecu.

Przez zastosowanie oczyszczania gazów kominowych za pomocą filtru – najlepszą dostępną techniką (BAT) jest poziom emisji pyłu poniżej 20 mg/m^3 w oczyszczonych gazach kominowych, a przez zastosowanie adsorberów typu kaskadowego wypełnionych złożem – BAT jest poziom emisji pyłu poniżej 50 mg/m^3 w oczyszczonych gazach kominowych (odnośnie do kruszyw gliniastych spulchnionych, patrz: wnioski w sprawie BAT specyficzne dla sektora).

Związki gazowe, podstawowe środki/techniki:

Obniżyć emisje związków gazowych (tj. HF, HCl, SO_x, LZO, metali ciężkich) z gazami spalinowymi z procesów wypalania w piecu przez zastosowanie jednej lub połączenia kilku technik, które wymienione są w sekcji 5.1.4.1 niniejszego dokumentu. Techniki te można streścić jako zmniejszenie wkładu prekursorów zanieczyszczeń oraz optymalizację krzywej ogrzewania.

Utrzymać emisje NO_x w gazach spalinowych z procesów wypalania w piecu poniżej 250 mg/m^3 , jako średniej wartości dziennej wyrażonej jako NO₂, dla temperatur gazu piecowego poniżej 1300°C lub poniżej 500 mg/m^3 , jako średniej wartości dziennej wyrażonej jako NO₂, dla temperatur gazu spalinowego wynoszących 1300°C i powyżej przez zastosowanie połączenia podstawowych środków/technik wymienionych w sekcjach 4.3.1 i 4.3.3 niniejszego dokumentu (odnośnie do kruszyw gliniastych spulchnionych, patrz: wnioski dotyczące BAT szczegółowe dla sektora).

Utrzymać emisje NO_x z gazami odlotowymi z urządzeń kogeneracji poniżej 500 mg/m^3 , jako średniej wartości dziennej wyrażonej jako NO₂, przez zastosowanie środków optymalizacji procesu.

Związki gazowe, wtórne środki/techniki oraz w połączeniu z podstawowymi środkami/technikami:

Obniżyć emisje nieorganicznych związków gazowych z gazami spalinowymi z procesów wypalania w piecu przez zastosowanie jednej z kilku technik, które wymieniono w sekcji 5.1.4.2 niniejszego dokumentu i można je streścić jako zastosowanie absorberów typu kaskadowego wypełnionych złożem oraz oczyszczanie gazu kominowego za pomocą filtru.

Poniższa tabela z sekcji 5.1.4.2 przedstawia związane z BAT poziomy emisji nieorganicznych związków gazowych w gazach kominowych z procesów wypalania w piecu osiągnięte przez zastosowanie połączenia podstawowych środków/technik podanych w sekcji 5.1.4.1.a i/lub drugorzędnych środków/technik podanych w sekcji 5.1.4.2 niniejszego dokumentu.

Parametr	Jednostka, jako średnia wartość dzienna	AEL BAT ¹⁾
Fluorek wyrażony jako HF	mg/m ³	1 – 10 ²⁾
Chlorek wyrażony jako HCl	mg/m ³	1 – 30 ³⁾
SO _x wyrażone jako SO ₂ Zawartość siarki w surowcu ≤ 0,25%	mg/m ³	< 500
SO _x wyrażone jako SO ₂ Zawartość siarki w surowcu > 0,25%	mg/m ³	500 – 2000 ⁴⁾
¹⁾ Zakresy zależą od zawartości zanieczyszczenia (prekursora) w surowcach, tj. dla procesów wypalania wyrobów ceramicznych o niskiej zawartości zanieczyszczenia (prekursora) w surowcach niższe poziomy w obrębie zakresu są BAT, zaś dla procesów wypalania wyrobów ceramicznych o wysokiej zawartości zanieczyszczenia (prekursora) w surowcach wyższe poziomy w obrębie zakresu są AEL BAT.		
²⁾ Wyższy poziom BAT może być niższy, w zależności od charakterystyki surowca.		
³⁾ Wyższy poziom BAT może być niższy, w zależności od charakterystyki surowca. Ponadto, wyższy poziom AEL BAT nie powinien uniemożliwiać wtórnego wykorzystania wody odpływowej.		
⁴⁾ Wyższy poziom BAT stosuje się wyłącznie do surowca o wyjątkowo wysokiej zawartości siarki.		

Ścieki procesowe (emisje i zużycie):

Zmniejszyć zużycie wody przez zastosowanie kilku środków optymalizacji proces wymienionych w sekcji 4.4.5.1 niniejszego dokumentu, które mogą być stosowane indywidualnie lub w połączeniu.

Oczyszczać ścieki procesowe przez zastosowanie kilku systemów obróbki ścieków procesowych wymienionych w sekcji 4.4.5.2 niniejszego dokumentu, które mogą być stosowane indywidualnie lub w połączeniu zapewniając, aby woda była należycie oczyszczona w celu powtórnego wykorzystania w procesie produkcyjnym lub w celu odprowadzenia bezpośrednio do cieków wodnych bądź pośrednio do miejskiej kanalizacji.

Poniższa tabela z sekcji 5.1.5 przedstawia związane z BAT poziomy emisji zanieczyszczeń w odprowadzanych ściekach:

Parametr	Jednostka	AEL BAT (2-godzinna próbka złożona)
Zawiesina stała	mg/l	50,0
AOX	mg/l	0,1
Ołów (Pb)	mg/l	0,3
Cynk (Zn)	mg/l	2,0
Kadm (cd)	mg/l	0,07

Jeżeli więcej niż 50% wody procesowej jest powtórnie wykorzystanych w procesach wytwarzania, wyższe stężenia tych zanieczyszczeń mogą nadal być AEL BAT, pod warunkiem, że ładunek określonego zanieczyszczenia przypadający na ilość produkcji (kg przetworzonego surowca) nie jest wyższy od ładunku zanieczyszczenia wynikającego ze stopnia zawrotu wody wynoszącego poniżej 50%.

Szlam:

Zawrócić do obiegu/powtórnie wykorzystać szlam przez zastosowanie systemów recyklingu szlamu i/lub powtórne wykorzystanie szlamu w innych produktach.

Stale straty procesowe/stale odpady:

Zmniejszyć stałe straty procesowe/odpady stałe przez zastosowanie połączenia kilku technik, które są wymienione w sekcji 5.1.7 niniejszego dokumentu i które można streścić następująco:

- zwrot niezmiyszanych surowców
- zwrot stłuczonych wyrobów do procesu produkcyjnego
- wykorzystanie stałych strat procesowych w innych dziedzinach przemysłu
- elektroniczne sterowanie wypalaniem
- zastosowanie zoptymalizowanego nastawiania.

Hałas:

Obniżyć hałas przez zastosowanie połączenia kilku technik, które są wymienione w sekcji 5.1.8 niniejszego dokumentu i które można streścić następująco:

- obudowa urządzeń
- wibroizolacja urządzeń
- użycie tłumików dźwięku oraz wolnoobrotowych wentylatorów
- usytuowanie okien, bram i hałaśliwych urządzeń z dala od sąsiadów
- izolacja dźwiękowa okien i ścian
- zamykanie okien i bram
- przeprowadzanie hałaśliwych czynności (na zewnątrz budynku) tylko w ciągu dnia
- dobre utrzymanie zakładu.

BAT specyficzne dla sektora

Sekcja poświęcona BAT specyficznym dla sektora zawiera szczegółowe wnioski w sprawie BAT odnoszące się do każdego spośród dziewięciu sektorów wyjaśnionych i opisanych w niniejszym dokumencie. Należy powtórnie podkreślić, że niniejsze streszczenie dotyczące BAT, jak również związane z BAT zakresy AEL wspomniane w streszczeniu, nie mogą być poprawnie zinterpretowane, jeśli nie są czytane w połączeniu z rozdziałem 4 i właściwymi pełnymi wnioskami w sprawie BAT zawartymi w rozdziale 5 niniejszego dokumentu.

Zorganizowane emisje pyłu:

Płytki ściennie i podłogowe, ceramiczne artykuły gospodarstwa domowego, sanitarne wyroby ceramiczne, ceramika techniczna, rury kamionkowe:

Obniżyć zorganizowane emisje pyłu z procesów szkliwienia natryskowego do 1 – 10 mg/m³, jako średniej wartości półgodzinnej, przez zastosowanie filtrów workowych lub filtrów płytkowych spiekanych.

Płytki ściennie i podłogowe, ceramiczne artykuły gospodarstwa domowego, ceramika techniczna:

Obniżyć zorganizowane emisje pyłu z procesów suszenia rozpryskowego do 1 – 30 mg/m³, jako średniej wartości półgodzinnej, przez zastosowanie filtrów workowych lub do 1 – 50 mg/m³ przez zastosowanie cyklonów w połączeniu z mokrymi oddzielaczami pyłu w przypadku istniejących instalacji, jeżeli woda płuczająca może być powtórnie wykorzystywana.

Kruszywa gliniaste spulchnione (Keramzyt):

Obniżyć zorganizowane emisje pyłu z gorącymi gazami odlotowymi do 5 – 50 mg/m³, jako średniej wartości dziennej, przez zastosowanie elektrofiltrów lub mokrych oddzielaczy pyłu.

Emisje pyłu z procesów wypalania w piecu:Płytki ścienne i podłogowe:

Obniżyć emisje pyłu z gazami kominowymi z procesów wypalania w piecu do 1 – 5 mg/m³, jako średniej wartości dziennej, przez zastosowanie oczyszczania gazów kominowych na sucho za pomocą filtru workowego.

Związki gazowe/podstawowe środki/techniki:Cegły i dachówki:

Obniżyć emisje związków gazowych (tj. HF, HCl, SO_x) z gazami kominowymi z procesów wypalania w piecu przez wprowadzenie dodatków bogatych w wapń.

Kruszywa gliniaste spulchnione:

Utrzymać emisje NO_x z gazami kominowymi z procesów wypalania w piecu obrotowym poniżej 500 mg/m³, jako średniej wartości dziennej wyrażonej jako NO₂, przez zastosowanie połączenia podstawowych środków/technik.

Związki gazowe/drugorzędne środki/techniki:Płytki ścienne i podłogowe, ceramiczne artykuły gospodarstwa domowego, ceramiczne wyroby sanitarne, ceramika techniczna:

Obniżyć emisje nieorganicznych związków gazowych z gazami kominowymi z procesów wypalania w piecu przez zastosowanie absorberów modułowych, zwłaszcza dla niższych natężeń przepływu gazów kominowych (poniżej 18000 m³/h) i gdy stężenia związków nieorganicznych innych niż HF (SO₂, SO₃, HCl) i pyłu w surowym gazie są niskie.

Płytki ścienne i podłogowe:

Obniżyć emisje HF z gazami kominowymi z procesów wypalania w piecu do 1 – 5 mg/m³, jako średniej wartości dziennej, przez zastosowanie np. oczyszczania gazów kominowych na sucho za pomocą filtru workowego.

Lotne związki organiczne:Cegły i dachówki, wyroby ogniotrwałe, ceramika techniczna, materiały ściernie wiązane spoiwem nieorganicznym:

Obniżyć emisje lotnych substancji organicznych z gazami kominowymi z procesów wypalania – przy stężeniach w surowym gazie ponad 100 - 150 mg/m³, w zależności od charakterystyki surowego gazu, np. składu, temperatury – do 5 – 20 mg/m³, jako średniej wartości dziennej wyrażonej jako całkowity C, przez zastosowanie dopalania termicznego w termoreaktorze jedno- lub trójkomorowym.

Wyroby ogniotrwałe preparowane związkami organicznymi:

Obniżyć emisje lotnych związków organicznych w małych objętościach gazów odlotowych z preparowania związkami organicznymi przez zastosowanie filtrów z węglem aktywnym. W przypadku dużych objętości gazów odlotowych, BAT ma obniżyć emisje lotnych związków organicznych pochodzących z preparowania związkami organicznymi przez zastosowanie dopalania termicznego do 5 – 20 mg/m³.

Powtórne wykorzystanie ścieków procesowych:Płytki ścienne i podłogowe, ceramiczne artykuły gospodarstwa domowego, ceramiczne wyroby sanitarne:

Powtórnie wykorzystać ścieki procesowe w procesie wytwarzania przy stosunkach zawrotu ścieków procesowych wynoszących 50 – 100 % (w przypadku płytek ściennych i podłogowych, w zależności od typu wytwarzanej płytki) lub 30 – 50 % (w przypadku ceramicznych artykułów gospodarstwa domowego i ceramicznych wyrobów sanitarnych) przez zastosowanie połączenia środków optymalizacji procesu i systemów obróbki ścieków.

Powtórne wykorzystanie szlamu:

Płytki ścienne i podłogowe:

Powtórnie wykorzystać szlam powstający w wyniku procesów obróbki ścieków w procesie przygotowania masy ceramicznej w stosunku wagowym 0,4 - 1,5 % dodanego suchego szlamu do masy ceramicznej, przez zastosowanie systemu recyklingu szlamu, gdy znajduje zastosowanie.

Stale straty procesowe/stale odpady:

Ceramiczne artykuły gospodarstwa domowego, ceramiczne wyroby sanitarne, ceramika techniczna, wyroby ogniotrwałe:

Obniżyć wielkość stałych strat procesowych/stałych odpadów w postaci zużytych form gipsowych z kształtowania przez zastosowanie jednego indywidualnego lub połączenia następujących środków:

- zastąpienie form gipsowych formami polimerowymi
- zastąpienie form gipsowych formami metalowymi
- zastosowanie próżniowych mieszalników gipsu
- powtórne wykorzystanie form gipsowych w innych dziedzinach przemysłu.

POJAWIAJĄCE SIĘ TECHNIKI

Niektóre nowe techniki dotyczące ograniczenia oddziaływania na środowisko są w trakcie opracowywania lub ograniczonego stosowania i są uznane za pojawiające się techniki. Pięć z nich omówiono w rozdziale 6:

- palniki z rurami promieniującymi
- wypalanie wspomagane mikrofalowo i suszarki mikrofalowe
- nowy typ systemu suszenia dla wyrobów ogniotrwałych
- zaawansowane gospodarowanie ściekami procesowymi z zintegrowanym odzyskiem polewy
- bezołowiowa polewa porcelany stołowej wysokiej jakości.

UWAGI KOŃCOWE

Rozdział „Uwagi końcowe” zawiera informacje o głównych etapach opracowywania niniejszego dokumentu, stopniu osiągniętego konsensusu w sprawie wniosków dotyczących BAT dla przemysłu ceramicznego oraz lukach informacyjnych, które wciąż istnieją, zwłaszcza w odniesieniu do danych, które nie zostały dostarczone w okresie wymiany informacji i dlatego nie mogły zostać wzięte pod uwagę. Podano zalecenia dotyczące dalszych badań i zbierania informacji oraz, na koniec, zalecenia dla aktualizacji dokumentu referencyjnego BREF dotyczącego produkcji wyrobów ceramicznych.

WE inicjuje i wspiera w ramach swoich programów w dziedzinie badań naukowych i rozwoju technologicznego szereg projektów z zakresu czystych technologii, nowych technologii obróbki ścieków, recyklingu oraz strategii zarządzania. Najprawdopodobniej projekty te wniosą pozytywny wkład w prace nad przyszłymi przeglądami dokumentów referencyjnych. Z tego względu Czytelnicy są proszeni o informowanie Europejskiego Biura IPPC o wszelkich, mających znaczenie dla niniejszego dokumentu wynikach badań (zob. także przedmowa do niniejszego dokumentu).

PRZEMOWA

1. Status niniejszego dokumentu

O ile wyraźnie nie stwierdzono inaczej, „Dyrektywa” w niniejszym dokumencie oznacza Dyrektywę Rady 96/61/WE w sprawie zintegrowanego zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń. Dokument ten, podobnie jak dyrektywa bez strzeżeń ma zastosowanie do wszystkich przepisów prawa wspólnotowego dotyczących ochrony zdrowia i bezpieczeństwa w miejscu pracy.

Dokument ten stanowi element serii prezentującej wyniki wymiany informacji pomiędzy państwami członkowskimi UE i przemysłem w sprawie najlepszych dostępnych technik (BAT), a także ich monitoringu i rozwoju. Został opublikowany przez Komisję Europejską na mocy artykułu 16(2) Dyrektywy, a zatem, podczas określania „najlepszych dostępnych technik”, musi być brany pod uwagę łącznie z Załącznikiem IV tej Dyrektywy.

2. Istotne zobowiązania prawne Dyrektywy IPPC oraz definicja BAT

Aby pomóc czytelnikowi w zrozumieniu kontekstu prawnego, w jakim dokument ten został opracowany, niektóre z najważniejszych przepisów zawartych w Dyrektywie IPPC, w tym także definicja pojęcia „najlepszych dostępnych technik”, zostały zamieszczone w niniejszej przedmowie. Opis jest oczywiście niekompletny i został zamieszczony wyłącznie w celach informacyjnych. Nie ma on żadnej wartości prawnej i nie zamienia ani nie ogranicza w żaden sposób obowiązujących przepisów zawartych w Dyrektywie.

Celem Dyrektywy jest osiągnięcie zintegrowanego zapobiegania i kontroli zanieczyszczeń związanych z czynnościami wymienionymi w Załączniku I do tej Dyrektywy, a także doprowadzenie do osiągnięcia wysokiego poziomu ochrony środowiska naturalnego jako całości. Podstawy prawne Dyrektywy związane są z ochroną środowiska. Proces jej wdrażania powinien jednocześnie uwzględniać cele takie jak konkurencyjność przemysłu wspólnotowego, przyczyniając się tym samym do zagwarantowania zrównoważonego rozwoju.

W szczególności, przewiduje ona stworzenie systemu pozwoleń dla określonych kategorii instalacji przemysłowych wymagających zarówno od osób prowadzących je, jak i od osób odpowiedzialnych za regulacje prawne zintegrowanego, całościowego spojrzenia potencjalne zanieczyszczenia oraz zużycie związane z takimi instalacjami. Ogólnym celem takiego zintegrowanego podejścia musi być poprawa systemu zarządzania i kontroli procesów przemysłowych, tak by zagwarantować wysoki poziom ochrony całego środowiska naturalnego. Kluczowa dla tego podejścia jest ogólna zasada sformułowana w artykule 3, mówiąca, że osoby prowadzące taką działalność powinny podjąć wszelkie możliwe działania zapobiegające zanieczyszczeniom, a w szczególności stosować najlepsze dostępne techniki dające im możliwość poprawy w zakresie ochrony środowiska.

Pojęcie „najlepsze dostępne techniki” zostało zdefiniowane w artykule 2(11) Dyrektywy jako „najbardziej efektywne i zaawansowane w rozwoju działania i metody pracy, które wskazują na praktyczną przydatność konkretnych technik przede wszystkim w zapewnieniu podstaw dla wartości poziomów emisji stworzonych, by zapobiegać oraz, gdy nie jest to możliwe, w sposób zasadniczy zmniejszać emisje i oddziaływanie na środowisko jako całość.” Artykuł 2(11) wyjaśnia dalej tę definicję w następujący sposób: „techniki” to zarówno technologia wykorzystywana, jak i sposób, w jaki instalacje zostały zaprojektowane, zbudowane, a następnie są utrzymywane, eksploatowane i wycofywane z eksploatacji;

„dostępne” techniki to takie, które zostały rozwinięte na skalę, która umożliwia ich wdrożenie w konkretnym sektorze przemysłu, na podstawie istotnych danych ekonomicznych i technicznych, przy uwzględnieniu przewagi kosztowej, niezależnie od tego, czy techniki takie są wykorzystywane lub stworzone w danym państwie członkowskim, tak długo jak są one dostępne dla operatora na rozsądnych warunkach;

„najlepsze” czyli najbardziej efektywne w osiągnięciu wysokiego ogólnego poziomu ochrony całego środowiska.

Ponadto, Załącznik IV Dyrektywy zawiera wykaz „okoliczności, które powinny być brane pod uwagę zawsze lub w szczególnych warunkach przy ustalaniu najlepszych dostępnych technik ... przy uwzględnieniu potencjalnych kosztów i korzyści płynących z zastosowania danego działania oraz zasady ostrożności i zapobiegania”. Wśród okoliczności tych znalazły się informacje opublikowane przez Komisję zgodnie z postanowieniami artykułu 16(2).

Właściwe organy odpowiedzialne za wydawanie zezwoleń, przy określaniu warunków zawartych w pozwoleniu, są zobowiązane do wzięcia pod uwagę ogólnej zasady określonej w artykule 3. Warunki te muszą zawierać określenie limitu emisji, uzupełnione lub zastąpione w razie potrzeby równoważnymi parametrami lub środkami technicznymi. Zgodnie z artykułem 9(4) Dyrektywy, te limity emisji, równoważne parametry lub środki techniczne muszą, bez uszczerbku dla zgodności ze standardami ochrony środowiska, opierać się na najlepszych dostępnych technikach, bez wskazywania konkretnej techniki lub technologii, ale z uwzględnieniem charakterystyk technicznych danej instalacji, jej położenia geograficznego, a także lokalnych warunków środowiskowych. We wszystkich tych przypadkach, warunki określone w pozwoleniu muszą zawierać postanowienia w sprawie ograniczenia długoterminowych lub trans-granicznych zanieczyszczeń, a także zapewniać wysoki poziom ochrony całego środowiska naturalnego.

Na państwa członkowskie, zgodnie z artykułem 11 Dyrektywy, nałożony został obowiązek zapewnienia, że odpowiednie organy będą śledzić lub zostaną poinformowane o rozwoju najlepszych dostępnych technik.

3. Cele niniejszego dokumentu

Artykuł 16(2) Dyrektywy nakłada na Komisję obowiązek zorganizowania „wymiany informacji pomiędzy państwami członkowskimi i przedstawicielami przemysłu zainteresowanymi najlepszymi dostępnymi technikami, związanymi z ich monitorowaniem i rozwojem”, a także publikowania wyników tej wymiany.

Cel tej wymiany informacji został określony w motywie 25 Dyrektywy, w którym określono, że „rozwój i wymiana informacji dotyczących najlepszych dostępnych technik na poziomie wspólnotowym pomoże przywrócić równowagę technologiczną we Wspólnocie, będzie wspierać ogólnoświatowe upowszechnienie wartości limitów oraz technik stosowanych we Wspólnocie, a także pomoże państwom członkowskim w skutecznym wdrażaniu tej Dyrektywy.”

Komisja (Environment DG) ustanowiła wymianę informacji na forum (IEF), aby wspierać prace toczące się na podstawie artykułu 16(2), a szereg technicznych grup roboczych zostało utworzonych pod patronatem IEF. W IEF, jak i w technicznych grupach roboczych zarówno państwa członkowskie, jak i przemysł mają swoich przedstawicieli, zgodnie z wymaganiami artykułu 16(2).

Celem tej serii dokumentów jest wierne przedstawienie wymiany informacji, która miała miejsce na mocy artykułu 16(2), a także dostarczenie organom wydającym zezwolenia informacji odniesienia, które mogłyby uwzględniać podczas określania warunków tych pozwoleń. Dostarczając niezbędnych informacji dotyczących najlepszych dostępnych technik, dokumenty te powinny być traktowane jako wartościowe narzędzia wpływania na środowisko.

4. Źródła informacji

Niniejszy dokument stanowi podsumowanie informacji zebranych z szeregu różnych źródeł, w tym w szczególności ekspertyz sporządzonych przez grupy utworzone w celu wspierania Komisji w jej pracach, a także dokonywania weryfikacji działań Komisji. Wyrażamy wdzięczność wszystkim, którzy przyczynili się do jego powstania.

5. W jaki sposób należy rozumieć i stosować niniejszy dokument

Informacje zawarte w tym dokumencie w zamierzeniu powinny posłużyć jako podstawa dla określenia BAT w konkretnych przypadkach. Podczas określania BAT oraz określania opartych na BAT warunków pozwoleń, zawsze należy brać pod uwagę całościowy cel, którym jest osiągnięcie wysokiego poziomu ochrony całego środowiska naturalnego.

Rozdziały 1 oraz 2 zawierają ogólne informacje dotyczące sektora produkcji wyrobów ceramicznych, a także procesów przemysłowych wykorzystywanych w tym sektorze. Rozdział 3 dostarcza danych oraz informacji na temat aktualnych poziomów emisji i zużycia, odzwierciedlających sytuację istniejących instalacji w momencie opracowywania niniejszego dokumentu.

Rozdział 4 opisuje w bardziej szczegółowy sposób redukcję emisji i inne techniki, które uważane są za najistotniejsze z punktu widzenia określania BAT i warunków wydawania pozwoleń w oparciu o BAT. Informacje te zawierają dane o poziomach emisji i zużycia, które są możliwe do osiągnięcia przy użyciu tych technik, pewne informacje dotyczące kosztów i krzyżowych kwestii związanych z konkretną techniką, a także zakres, w jakim technika ta może być stosowana w szeregu instalacji wymagających zezwoleń IPPC, na przykład nowych, istniejących, dużych lub małych instalacji. Techniki, które zasadniczo są postrzegane jako przestarzałe nie zostały uwzględnione w tym rozdziale.

Rozdział 5 prezentuje techniki, a także poziomy emisji i zużycia, które zostały uznane, w ogólnym sensie, za zgodne z BAT. Zatem jako cel postawiono tu dostarczenie ogólnych wskazówek w odniesieniu do poziomów emisji i zużycia, które mogą być traktowane jako odpowiedni punkt odniesienia, pomocny podczas określania warunków w oparciu na BAT pozwoleniach lub podczas ustalania ogólnych, wiążących reguł zgodnych z artykułem 9(8). Należy jednak podkreślić, że niniejszy dokument nie zawiera propozycji konkretnych wartości dla poziomów emisji. Określenie odpowiednich warunków zezwolenia będzie musiało łączyć się z uwzględnieniem lokalnych, specyficznych dla danego miejsca czynników, takich jak charakterystyki techniczne konkretnej instalacji, jej położenie geograficzne, a także lokalne warunki środowiskowe. W przypadku istniejących instalacji, ekonomiczna i techniczna opłacalność ich modernizacji także musi zostać wzięta pod uwagę. Nawet szczególny cel, jakim jest zapewnienie wysokiego poziomu ochrony całego środowiska, będzie często zmuszał do podejmowania różnego rodzaju kompromisowych wyborów pomiędzy różnego rodzaju oddziaływaniami środowiskowymi, a na wybory te wpływ często mogą mieć lokalne uwarunkowania.

Mimo iż podjęto próbę rozwiązania niektórych spośród tych problemów, nie jest możliwe ich pełne omówienie w tym dokumencie. Techniki i poziomy, które powinny zostać uwzględnione i zaprezentowane w rozdziale (rozdziałach) poświęconym BAT nie muszą konieczne być właściwe dla wszystkich typów instalacji. Z drugiej strony, obowiązek zapewnienia wysokiego poziomu ochrony środowiska obejmujący także minimalizację długoterminowych lub trans-granicznych zanieczyszczeń, implikuje, że warunki zawarte w pozwoleniach nie mogą być zostać określone wyłącznie w oparciu o warunki lokalne. Jest zatem niezwykle ważne, by informacje zawarte w niniejszym dokumencie zostały w pełni uwzględnione przez organy wydające te zezwolenia.

Ponieważ najlepsze dostępne techniki zmieniają się wraz z upływem czasu, niniejszy dokument zostanie poddany przeglądowi i zmodyfikowany w odpowiedni sposób. Wszystkie uwagi i sugestie powinny być przesyłane do Europejskiego Biura IPPC w Instytucie Perspektywicznych Studiów Technologicznych (IPTS), na następujący adres:

Edificio Expo, c/Inca Garcilaso, s/n, E-41092 Sewilla, Hiszpania

Tel.: +34 95 4488 284

Fax: +34 95 4488 426

e-mail: jrc-ipts-eippcb@ec.europa.eu

Internet: <http://eippcb.jrc.es>

Dokument Referencyjny dla najlepszych dostępnych technik dotyczących

STRESZCZENIE		I
PRZEDMOWA		XI
ZAKRES		XXV
1.	Ogólne informacje na temat produkcji ceramiki	1
1.1	Początki historyczne	1
1.2	Charakterystyka ceramiki	1
1.3	Rozkład geograficzny i ogólne uwagi ekonomiczne	3
1.4	Podstawowe zagadnienia środowiskowe	4
1.5	Sektory przemysłu ceramicznego	5
1.5.1	Cegły i dachówki	6
1.5.2	Rury kamionkowe	7
1.5.3	Produkty ogniotrwałe	8
1.5.4	Keramzyt	9
1.5.5	Płytki ścienne i podłogowe	9
1.5.6	Zastawa stołowa i dekoracje (ceramika domowa)	11
1.5.7	Ceramika sanitarna	11
1.5.8	Ceramika techniczna	12
1.5.9	Ścieniwa nieorganiczne	12
2	PROCESY I TECHNIKI STOSOWANE DO PRODUKCJI WYROBÓW CERAMICZNYCH	13
2.1	Surowce	13
2.2	Ogólny opis procesu produkcyjnego	14
2.2.1	Przechowywanie i transport surowców	15
2.2.2	Przygotowanie surowców	15
2.2.2.1	Wstępne suszenie	15
2.2.2.2	Wstępne mieszanie	15
2.2.2.3	Wietrzenie/zakwaszanie	15
2.2.2.4	Wstępne i wtórne kruszenie, mieszanie i przesiewanie	16
2.2.2.5	Suche lub mokre mielenie (szlifowanie)	16
2.2.2.6	Suchy przesiew/klasyfikacja powietrzna	16
2.2.2.7	Suszenie rozpyłowe	17
2.2.2.8	Kalcynowanie	17
2.2.2.9	Materiały syntetyczne	17
2.2.2.10	Fryty i glazury, przygotowanie glazury	17
2.2.3	Mieszanie składników	18
2.2.3.1	Informacje ogólne	18
2.2.3.2	Mieszalniki	18
2.2.3.3	Mieszalniki wsadowe	18
2.2.4	Formowanie/nadawanie kształtu wyrobom	19
2.2.4.1	Informacje ogólne	19
2.2.4.2	Prasowanie	19
2.2.4.2.1	Prasowanie mechaniczne	19
2.2.4.2.2	Prasowanie hydrauliczne	19
2.2.4.2.3	Prasowanie udarowe	19
2.2.4.2.4	Prasowanie frykcyjne	19
2.2.4.2.5	Prasowanie izostatyczne	20
2.2.4.3	Wytłaczanie	20
2.2.4.4	Formowanie	20
2.2.4.5	Odewanie	20
2.2.4.6	Topienie masy	21
2.2.5	Suszenie wyrobów ceramicznych	21
2.2.5.1	Informacje ogólne	21
2.2.5.2	Suszarnie gorącopodłogowe	21
2.2.5.3	Suszarki komorowe (okresowe)	21
2.2.5.4	Suszarki tunelowe (stałe)	22
2.2.5.5	Pionowe suszarki „koszowe”	22
2.2.5.6	Poziome, wielopoziomowe suszarki rolkowe	22

2.2.5.7	Suszarki usuwające wilgoć	22
2.2.5.8	Suszarki mikrofalowe i na podczerwień	23
2.2.6	Obróbka powierzchniowa i dekorowanie wyrobów ceramicznych	23
2.2.6.1	Teksturowanie wyrobów glinianych	23
2.2.6.2	Stosowane powłoki	23
2.2.6.3	Glazurowanie, angobowanie i inne techniki dekoracyjne	23
2.2.7	Wypalanie	24
2.2.7.1	Cele wypalania	24
2.2.7.2	Fizykochemiczne przemiany podczas procesu wypalania	24
2.2.7.3	Cykliczne (okresowe) piece	25
2.2.7.4	Piece stałe	26
2.2.7.4.1	Piece komorowe (Hoffmanna)	26
2.2.7.4.2	Piece tunelowe	26
2.2.7.4.3	Piece rolkowe	27
2.2.7.4.4	Piece przesuwowe	28
2.2.7.5	Wypalanie kopcowe	28
2.2.7.6	Piece obrotowe	28
2.2.7.7	Złoża fluidalne	29
2.2.7.8	Schładzanie, odzyskiwanie ciepła	29
2.2.8	Obróbka końcowa (wykańczanie wyrobów)	29
2.2.8.1	Obróbka (szlifowanie, wiercenie, cięcie)	29
2.2.8.1.1	Szlifowanie na mokro	29
2.2.8.1.2	Szlifowanie na sucho	29
2.2.8.1.3	Wiercenie	29
2.2.8.1.4	Cięcie	30
2.2.8.1.5	Polerowanie	30
2.2.8.3	Wzbogacanie węgla (produkty ogniotrwałe)	30
2.2.8.4	Bębnowanie cegieł elewacyjnych	30
2.2.9	Dodatek materiałów pomocniczych	31
2.2.9.1	Materiały uszczelniające (rury)	31
2.2.9.2	Silikony/impregnaty	31
2.2.9.3	Materiały izolacyjne	31
2.2.9.4	Kratowanie i platerowanie (cegły ogniotrwałe)	31
2.2.9.5	Kleje	31
2.2.9.6	Montaż końcowy	31
2.2.10	Sortowanie, pakowanie i przechowywanie	31
2.2.11	Dostawy i instalacje utylizacyjne (oczyszczanie spalin i ścieków procesowych)	32
2.2.12	Recykling w przemyśle ceramicznym	32
2.2.13	Ogólny schemat przebiegu procesu wraz z różnymi ścieżkami przetwarzania	33
2.3	Opis technik produkcji wyrobów ceramicznych w poszczególnych sektorach	34
2.3.1	Cegły i dachówki	34
2.3.1.1	Surowce	35
2.3.1.2	Przygotowanie surowców	39
2.3.1.3	Formowanie	40
2.3.1.4	Suszenie, glazurowanie, angobowanie	41
2.3.1.5	Wypalanie	41
2.3.1.6	Obróbka końcowa	43
2.3.1.7	Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji cegieł i dachówek	43
2.3.2	Rury kamionkowe	44
2.3.2.1	Surowce	45
2.3.2.2	Przygotowanie surowców	47
2.3.2.3	Formowanie	47
2.3.2.4	Suszenie i glazurowanie	47
2.3.2.5	Wypalanie	47
2.3.2.6	Obróbka końcowa	48
2.3.2.7	Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji rur kamionkowych	48
2.3.3	Produkty ogniotrwałe	49
2.3.3.1	Surowce	50
2.3.3.2	Przygotowanie surowców	51
2.3.3.3	Formowanie	51
2.3.3.4	Suszenie	52
2.3.3.5	Wypalanie	52
2.3.3.6	Obróbka końcowa	53

2.3.3.7	Procedury specjalne	53
2.3.3.8	Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji produktów ogniotrwałych	54
2.3.4	Keramzyt	54
2.3.4.1	Surowce, dodatki i środki pomocnicze	56
2.3.4.2	Ogólny system i proces technologiczne	57
2.3.4.2.1	Nadawanie kształtu	57
2.3.4.2.2	Technologia procesu termicznego	57
2.3.4.2.3	Reakcje chemiczne podczas rozszerzania się	58
2.3.4.2.4	Końcowe przesiewanie i kruszenie	58
2.3.4.3	Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji keramzytów	58
2.3.5	Płytki ścienne i dachowe	59
2.3.5.1	Surowce	60
2.3.5.2	Przygotowanie surowców	61
2.3.5.3	Formowanie	61
2.3.5.4	Suszenie	62
2.3.5.5	Wypalanie	62
2.3.5.6	Obróbka końcowa	63
2.3.5.7	Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji płytek ściennych i dachowych	63
2.3.6	Zastawa stołowa i dekoracje (ceramika domowa)	64
2.3.6.1	Surowce	65
2.3.6.2	Przygotowanie surowców	65
2.3.6.3	Formowanie	66
2.3.6.4	Suszenie	67
2.3.6.5	Wypalanie	67
2.3.6.6	Obróbka końcowa	70
2.3.6.7	Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji ceramiki domowej	70
2.3.7	Ceramika sanitarna	71
2.3.7.1	Surowce	71
2.3.7.2	Przygotowanie surowców	72
2.3.7.3	Formowanie	72
2.3.7.4	Suszenie	72
2.3.7.5	Wypalanie	73
2.3.7.6	Obróbka końcowa	74
2.3.7.7	Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji ceramiki sanitarnej	74
2.3.8	Ceramika techniczna	75
2.3.8.1	Surowce	77
2.3.8.2	Przygotowanie surowców	78
2.3.8.3	Formowanie	79
2.3.8.4	Obróbka	80
2.3.8.5	Glazurowanie, angobowanie i metalizacja	81
2.3.8.6	Suszenie, wypalanie i wypalanie wstępne	82
2.3.8.7	Wypalanie/spiekanie	83
2.3.8.8	Obróbka końcowa	84
2.3.8.9	Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji ceramiki technicznej	84
2.3.9	Ścierniwa nieorganiczne	85
2.3.9.1	Surowce	85
2.3.9.2	Przygotowanie surowców	85
2.3.9.3	Formowanie	86
2.3.9.4	Suszenie	86
2.3.9.5	Wypalanie	86
2.3.9.6	Obróbka końcowa	86
2.3.9.7	Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji ścierniw nieorganicznych	86
3	AKTUALNE POZIOMY EMISJI I ZUŻYCIA	89
3.1	Emisje – informacje ogólne	89
3.1.1	Emisje do powietrza	89
3.1.1.1	Pył (cząstki stałe)	89
3.1.1.2	Emisje gazowe	89
3.1.1.2.1	Dwutlenek siarki i inne związki siarki	89
3.1.1.2.2	Tlenki azotu i inne związki azotu	89
3.1.1.2.3	Tlenek i dwutlenek węgla	90
3.1.1.2.4	Lotne związki organiczne (LZO)	90
3.1.1.2.5	Metale i ich związki	90

3.1.1.2.6	Chlor i jego związki	90
3.1.1.2.7	Fluor i jego związki	91
3.1.2	Emisje do wody	91
3.1.3	Straty procesowe/odpady	92
3.1.4	Emisja hałasu	92
3.1.5	Możliwe źródła i ścieżki emisji	93
3.2	Zużycie – informacje ogólne	94
3.2.1	Zużycie energii	94
3.2.2	Zużycie wody	94
3.2.3	Zużycie surowców	94
3.3	Prezentacja danych na temat emisji i zużycia	95
3.3.1	Cegły i dachówki	95
3.3.1.1	Dane na temat emisji	95
3.3.1.2	Dane na temat zużycia	104
3.3.2	Rury kamionkowe	106
3.3.2.1	Dane na temat emisji	106
3.3.2.2	Dane na temat zużycia	108
3.3.3	Produkty ogniotrwałe	109
3.3.3.1	Dane na temat emisji	109
3.3.3.2	Dane na temat zużycia	111
3.3.4	Keramzyt	113
3.3.4.1	Dane na temat emisji	113
3.3.4.2	Dane na temat zużycia	115
3.3.5	Płytki ścienne i dachowe	116
3.3.5.1	Dane na temat emisji	116
3.3.5.2	Dane na temat zużycia	120
3.3.6	Zastawa stołowa i dekoracje (ceramika domowa)	121
3.3.6.1	Dane na temat emisji	121
3.3.6.2	Dane na temat zużycia	125
3.3.7	Ceramika sanitarna	126
3.3.7.1	Dane na temat emisji	126
3.3.7.2	Dane na temat zużycia	129
3.3.8	Ceramika techniczna	130
3.3.8.1	Dane na temat emisji	130
3.3.8.2	Dane na temat zużycia	133
3.3.9	Ścierniwa nieorganiczne	134
3.3.9.1	Dane na temat emisji	134
3.3.9.2	Dane na temat zużycia	136
4	TECHNIKI ROZWAŻANE PODCZAS USTALANIA BAT DLA PRODUKCJI WYROBÓW CERAMICZNYCH	137
4.1	Ograniczenie zużycia energii (wydajność energetyczna)	138
4.1.1	Usprawnienia konstrukcji pieców i suszarek	138
4.1.2	Odzyskiwanie nadmiaru ciepła z pieca	140
4.1.3	Kogeneracja/elektrociepłownie	141
4.1.4	Zamiana ciężkiego oleju opałowego i paliw stałych na paliwa niskoemisyjne	143
4.1.5	Modyfikacja czerepów ceramicznych	144
4.2	Emisje pyłu (cząstek stałych)	146
4.2.1	Działania związane z czynnościami generującymi pył	146
4.2.2	Działania związane z miejscami przechowywania produktów sypkich	147
4.2.3	Systemy separatorów/filtrów	148
4.2.3.1	Separatory wirnikowe	148
4.2.3.2	Filtry workowe	148
4.2.3.3	Spiekane filtry lamelowe	151
4.2.3.4	Mokre separatory pyłu	152
4.2.3.5	Elektrofiltry (ESP)	153
4.3	Związki lotne	155
4.3.1	Redukcji zawartości prekursorów zanieczyszczeń	155
4.3.2	Dodatki bogate w wapń	157
4.3.3	Optymalizacja procesu	159
4.3.3.1	Optymalizacja krzywej cieplnej	159
4.3.3.2	Ograniczenie zawartości pary wodnej w spalinach z pieca	160
4.3.3.3	Wewnętrzne spalanie gazów karbinizacyjnych	161

4.3.3.4	Palniki o niskiej emisji NO _x	162
4.3.4	Instalacje sorpcyjne (adsorbery, absorbery)	163
4.3.4.1	Adsorbery kaskadowe ze stałym złożem	163
4.3.4.2	Modułowe systemy adsorberów	167
4.3.4.3	Suche oczyszczanie spalin za pomocą filtrów (workowych lub elektrofiltrów)	168
4.3.4.4	Mokre oczyszczanie spalin	171
4.3.4.5	Filtry z aktywnego węgla	173
4.3.4.6	Pluczki biologiczne	173
4.3.5	Dopalenie	174
4.3.5.1	Dopalenie termiczne	174
4.3.5.2	Dopalenie katalityczne	176
4.3.6	Przykładowe dane operacyjne, wydajność, zużycie oraz koszty dla różnych technik oczyszczania spalin	178
4.4	Ścieki procesowe	182
4.4.1	Woda zużyta jako surowiec	182
4.4.2	Woda zużyta jako środek służący do wymiany ciepła	182
4.4.3	Woda stosowana jako czynnik płuczący	182
4.4.4	Woda stosowana jako czynnik czyszczący	182
4.4.5	Cele i rozwiązania służące do ograniczania ilości ścieków procesowych	182
4.4.5.1	Optymalizacja procesu	183
4.4.5.2	Systemy oczyszczania ścieków procesowych	184
4.5	Straty procesowe/odpady	186
4.5.1	Osady powstające podczas produkcji wyrobów ceramicznych	186
4.5.1.1	Systemy recyklingu osadów	186
4.5.1.2	Ponowne wykorzystanie osadów w innych produktach	188
4.5.2	Stałe straty procesowe/odpady	189
4.5.2.1	Ogólne rozważania na temat ponownego wykorzystania stałych strat procesowych jako surowców	189
4.5.2.2	Ogólne rozważania na temat form gipsowych, elementów wspomagających wypalanie oraz potłuczonych produktów – unikanie/wymiana/redukcja	190
4.6	Ogólne rozważania dotyczące hałasu	191
4.7	Narzędzia zarządzania środowiskowego	192
5	NAJLEPSZE DOSTĘPNE TECHNIKI DLA PRODUKCJI CERAMIKI	201
5.1	Ogólne najlepsze dostępne techniki	203
5.1.1	Zarządzanie środowiskowe	203
5.1.2	Zużycie energii	204
5.1.3	Emisje pyłu	205
5.1.3.1	Rozproszone emisje pyłu	205
5.1.3.2	Skanalizowane emisje pyłu z operacji generujących pył	205
5.1.3.3	Emisje pyłu z procesu suszenia	205
5.1.3.4	Emisje pyłu z procesu wypalania w piecu	205
5.1.4	Lotne związki	206
5.1.4.1	Pierwotne metody/techniki	206
5.1.4.2	Wtórne metody/techniki oraz ich połączenie z metodami/technikami pierwotnymi	206
5.1.5	Ścieki procesowe (emisja i zużycie)	207
5.1.6	Osady	208
5.1.7	Stałe straty procesowe/odpady	208
5.1.8	Hałas	208
5.2	Specyficzne najlepsze dostępne techniki	209
5.2.1	Cegły i dachówki	209
5.2.1.1	Związki lotne/pierwotne techniki i metody	209
5.2.1.2	Lotne związki organiczne	209
5.2.2	Rury kamionkowe	209
5.2.2.1	Skanalizowane emisje pyłu	209
5.2.3	Produkty ogniotrwałe	209
5.2.3.1	Lotne związki organiczne	209
5.2.3.2	Stałe straty procesowe/odpady	210
5.2.4	Keramzyt	210
5.2.4.1	Skanalizowane emisje pyłu	210
5.2.4.2	Lotne związki/pierwotne techniki/metody	210

5.2.5	Płytki ściennie i podłogowe	210
5.2.5.1	Skanalizowane emisje pyłu	210
5.2.5.2	Emisje pyłu z procesu wypalania w piecu	210
5.2.5.3	Związki lotne/wtórne metody/techniki	211
5.2.5.4	Ponowne wykorzystanie ścieków procesowych	211
5.2.5.5	Ponowne wykorzystanie osadów	211
5.2.6	Zastawa stołowa i dekoracje (ceramika domowa)	211
5.2.6.1	Skanalizowane emisje pyłu	211
5.2.6.2	Związki lotne/wtórne metody/techniki	211
5.2.6.3	Ponowne wykorzystanie ścieków procesowych	211
5.2.6.4	Stałe straty procesowe/odpady	212
5.2.7	Ceramika sanitarna	212
5.2.7.1	Skanalizowane emisje pyłu	212
5.2.7.2	Związki lotne/wtórne metody/techniki	212
5.2.7.3	Ponowne wykorzystanie ścieków procesowych	212
5.2.7.4	Stałe straty procesowe/odpady	212
5.2.8	Ceramika techniczna	212
5.2.8.1	Skanalizowane emisje pyłu	212
5.2.8.2	Związki lotne/wtórne metody/techniki	213
5.2.8.3	Lotne związki organiczne	213
5.2.8.4	Stałe straty procesowe/odpady	213
5.2.9	Nieorganiczne ścierniwa spoiste	213
5.2.9.1	Lotne związki organiczne	213
6	NOWE TECHNIKI DLA PRODUKCJI CERAMIKI	215
6.1	Palniki z promiennikiem rurowym	215
6.2	Wypalanie z użyciem mikrofal i oraz suszarki mikrofalowe	215
6.3	Nowe rodzaje systemów suszących dla wyrobów ogniotrwałych	216
6.4	Zaawansowane zarządzanie ściekami procesowymi ze zintegrowanym odzyskiem glazury	218
6.5	Glazura bezołowiowa dla porcelany stołowej wysokiej jakości	219
7	UWAGI KOŃCOWE	221
8	BIBLIOGRAFIA	225
9	SŁOWNIK	227

Spis rysunków

Rysunek 1.1	Etapy procesu produkcji wyrobów ceramicznych	2
Rysunek 2.1	Zakresy przemysłowych temperatur dojrzewania dla różnych grup produktowych	25
Rysunek 2.2	Przekrój pieca wahadłowego	26
Rysunek 2.3	Schemat pieca tunelowego	27
Rysunek 2.4	Przekrój pieca tunelowego z wózkiem	27
Rysunek 2.5	Przekrój pieca rolkowego	28
Rysunek 2.6	Ogólny schemat przebiegu procesu wraz z różnymi ścieżkami przetwarzania	33
Rysunek 2.7	Schemat produkcji prasowanych dachówek	34
Rysunek 2.8	Schemat procesu przygotowanie tłoczonych cegieł w zakładzie wyrabiającym cegły murarskie	35
Rysunek 2.9	Rozkład zawartości fluoru we włoskich glinach	37
Rysunek 2.10	Rozkład zawartości chloru we włoskich glinach	38
Rysunek 2.11	Rozkład zawartości siarki we włoskich glinach	38
Rysunek 2.12	Zawartość siarki w glinach	39
Rysunek 2.13	Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji cegieł i dachówek	44
Rysunek 2.14	Schemat produkcji rur kamionkowych	45
Rysunek 2.15	Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji rur kamionkowych	49
Rysunek 2.16	Schemat produkcji podstawowych cegieł ogniotrwałych zawierających rudę chromu	50
Rysunek 2.17	Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji wyrobów ogniotrwałych	54
Rysunek 2.18	Schemat produkcji keramzytów	55
Rysunek 2.19	Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji keramzytów	59
Rysunek 2.20	Schemat produkcji płytek ściennych i podłogowych	60
Rysunek 2.21	Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji płytek ściennych i podłogowych	63
Rysunek 2.22	Schemat produkcji porcelany stołowej	64
Rysunek 2.23	Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji ceramiki domowej	70
Rysunek 2.24	Schemat produkcji ceramiki sanitarnej	71
Rysunek 2.25	Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji ceramiki sanitarnej	74
Rysunek 2.26	Schemat produkcji izolatorów elektrycznych	76
Rysunek 2.27	Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji katalizatorów ceramicznych	77
Rysunek 2.28	Etapy obróbki w procesie produkcji ceramiki technicznej	81
Rysunek 2.29	Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji ceramiki technicznej	84
Rysunek 2.30	Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji ściemniw nieorganicznych	87
Rysunek 3.1	Dystrybucja uwolnionego fluoru we włoskim przemyśle wytwarzającym cegły i dachówki	97
Rysunek 3.2	Dystrybucja uwolnionego chloru we włoskim przemyśle wytwarzającym cegły i dachówki	97
Rysunek 3.3	Emisje SO _x w Niemczech, Belgii i Wielkiej Brytanii	98
Rysunek 3.4	Przykład przepływu mas w produkcji cegieł murarskich	106
Rysunek 3.5	Przykład przepływu mas w produkcji rur kamionkowych	109
Rysunek 3.6	Przykład przepływu mas w produkcji cegieł peryklazowo-chromitowych	112
Rysunek 3.7	Przykład przepływu mas w produkcji zastawy stołowej	126
Rysunek 3.8	Przykład przepływu mas w produkcji ceramiki sanitarnej	130
Rysunek 4.1	Schemat połączonego systemu odzyskiwania ciepła	140
Rysunek 4.2	Schemat generacji ciepłego powietrza za pomocą kogeneracyjnej turbiny gazowej	142
Rysunek 4.3	Schemat filtra workowego z regeneracją pulsacyjno-ciśnieniową	149
Rysunek 4.4	Przykładowe koszty inwestycyjne jako część kosztów rocznych dla instalacji korzystających z filtrów z wyłączeniem instalacji oraz filtra workowego	150
Rysunek 4.5	Schemat sztywnego spieczonego filtra lamelowego	151
Rysunek 4.6	Zakresy temperatury krzywej temperaturowej dla uwalniania zanieczyszczeń podczas wypalania cegieł	159
Rysunek 4.7	Schemat wewnętrznego spalania gazów karbonizacyjnych	161
Rysunek 4.8	Przykład krzyżowego adsorbentu kaskadowego	164
Rysunek 4.9	Schemat procesu kaskadowego adsorbentu ze stałym złożem i bębniem ścierającym	165
Rysunek 4.10	Schemat systemu sorpcji z zastosowaniem modułów w kształcie plastra miodu	167
Rysunek 4.11	Schemat suchego oczyszczania spalin wraz z filtrem workowym	168
Rysunek 4.12	Schemat suchego oczyszczania spalin wraz z elektrofiltrem	169
Rysunek 4.13	Ilustracja mokrej instalacji oczyszczania spalin	171
Rysunek 4.14	Schemat systemu dopalania termicznego w termoreaktorze (system trójkomorowy)	175
Rysunek 4.15	Przepływ spalin w zewnętrznym systemie dopalania termicznego	175
Rysunek 4.16	Diagram przepływów oczyszczalni ścieków procesowych	185
Rysunek 4.17	Schemat instalacji służącej do recyklingu osadów	187

Spis tabel

Tabela 1.1	Dane na temat produkcji i sprzedaży ceramiki oraz zatrudnienia w sektorze	3
Tabela 1.2	Szczegółowe dane na temat zużycia energii w przemyśle ceramicznym w Europie	4
Tabela 1.3	Udział stosowanych w Niemczech paliw z podziałem na sektory w roku 1998	5
Tabela 1.4	Przemysł produkujący rury kamionkowe w Europie	7
Tabela 1.5	Produkcja wyrobów ogniotrwałych w UE-15 w latach 2001-2002	8
Tabela 1.6	Uproszczona klasyfikacja płytek ceramicznych	10
Tabela 1.7	Zużycie energii w poszczególnych państwach członkowskich (specyficzne zużycie energii w TJ na 1000 ton produkcji)	10
Tabela 1.8	Produkcja zastawy stołowej i elementów dekoracyjnych	11
Tabela 2.1	Zakresy zawartości związków chemicznych i mineralnych w surowcach ilastych stosowanych w przemyśle produkującym cegły i dachówki w różnych państwach europejskich	36
Tabela 2.2	Robocze dane na temat pieców tunelowych	42
Tabela 2.3	Porównanie klasycznych pieców tunelowych i metody szybkiego wypalania (dachówki)	42
Tabela 2.4	Dane robocze na temat szybkowypalających pieców tunelowych	42
Tabela 2.5	Skład mineralny gliny w procesie produkcji rur kamionkowych	46
Tabela 2.6	Chemiczny skład gliny stosowanej w procesie produkcji rur kamionkowych	46
Tabela 2.7	Zakresy danych roboczych dla pieców tunelowych	48
Tabela 2.8	Tlenki najczęściej stosowane do topienia/odlewania	51
Tabela 2.9	Dane robocze na temat okresowo działających suszarek (suszarki komorowe)	52
Tabela 2.10	Dane robocze na temat dwóch suszarek komorowych i suszarki z kontrolowaną atmosferą	52
Tabela 2.11	Dane operacyjne na temat pieców tunelowych stosowanych w przemyśle wytwarzającym produkty ogniotrwałe	53
Tabela 2.12	Dane operacyjne na temat pieców wahadłowych	56
Tabela 2.13	Przykłady dodatków wspomagających rozszerzanie i środki pomocnicze	62
Tabela 2.14	Dane operacyjne na temat pieców tunelowych i pieców z paleniskiem rolkowym	65
Tabela 2.15	Typowe zakresy mineralnego składu surowców stosowanych przy produkcji ceramiki domowej	65
Tabela 2.16	Typowe zakresy składu chemicznego surowców stosowanych przy produkcji ceramiki domowej	68
Tabela 2.17	Dane operacyjne na temat pieców wahadłowych	68
Tabela 2.18	Dane operacyjne na temat pieców tunelowych	68
Tabela 2.19	Dane operacyjne na temat dekoracji nanoszonych na glazurę	69
Tabela 2.20	Dane operacyjne na temat dekoracji nanoszonych razem z glazurą i pod glazurą	69
Tabela 2.21	Dane operacyjne na temat suszarek działających okresowo (suszarki komorowe)	73
Tabela 2.22	Dane operacyjne na temat pieców tunelowych	73
Tabela 2.23	Dane operacyjne na temat pieców wahadłowych	73
Tabela 2.24	Temperatura spiekania materiałów stosowanych w produkcji ceramiki technicznej	83
Tabela 3.1	Przegląd możliwych źródeł i ścieżek emisji w przemyśle ceramicznym	93
Tabela 3.2	Zakresy emisji surowych spalin z procesu wypalania cegieł i dachówek	96
Tabela 3.3	Dane operacyjne na temat surowych gazów w zależności od zastosowanych paliw	98
Tabela 3.4	Zawartość surowych spalin w zależności od różnych czynników formujących pory	99
Tabela 3.5	Średnie stężenia czystych gazów (porowate bloczki gliniane) oraz związane z produktem współczynniki emisji	100
Tabela 3.6	Stężenie czystych gazów w zakładach produkujących cegły murarskie	101
Tabela 3.7	Stężenie czystych gazów w zakładach produkujących cegły klinkierowe i dachówki	102
Tabela 3.8	Wartości emisji surowych i oczyszczonych spalin podczas produkcji bloków glinianych	103
Tabela 3.9	Wartości emisji surowych i oczyszczonych spalin podczas produkcji cegieł elewacyjnych	104
Tabela 3.10	Dane na temat zużycia energii na tonę produktów w instalacjach przeznaczonych do produkcji cegieł i dachówek	
Tabela 3.11	Specyficzne zużycie energii w przemyśle produkującym cegły i dachówki	105
Tabela 3.12	Maksymalne stężenie czystych gazów podczas produkcji rur kamionkowych	107
Tabela 3.13	Specyficzne zużycie energii podczas produkcji rur kamionkowych	108
Tabela 3.14	Stężenie surowych gazów podczas produkcji różnych wyrobów ogniotrwałych	110
Tabela 3.15	Emisja z pieców dla produktów ogniotrwałych innych niż podstawowe	110
Tabela 3.16	Wartości surowych gazów dla procedur specjalnych	110
Tabela 3.17	Dane na temat zużycia energii podczas produkcji cegieł ogniotrwałych zawierających magnezję (na kg produktu)	111
Tabela 3.18	Zakresy emisji pyłu dla wstępnego kruszenia poniżej filtrów tkaninowych	113
Tabela 3.19	Zakresy rzeczywistych emisji podczas suchego szlifowania poniżej odpowiedniego systemu filtrów	113

Tabela 3.20	Zakresy wartości emisji pyłu z granulowania poniżej filtrów tkaninowych	114
Tabela 3.21	Zakresy wartości emisji dla procesu wypalania poniżej odpowiednich systemów filtrów	114
Tabela 3.22	Wartości emisji pyłu dla jednostek przesiewowych	114
Tabela 3.23	Ilość ścieków z mokrych płuczek	115
Tabela 3.24	Mieszanka surowców do produkcji keramzytu	115
Tabela 3.25	Dane operacyjne oraz wartości surowych gazów dla suszarek rozpyłowych	116
Tabela 3.26	Dane operacyjne oraz wartości surowych gazów dla suszarek	117
Tabela 3.27	Dane operacyjne oraz wartości surowych gazów dla procesu wypalania	117
Tabela 3.28	Emisje gazowe z różnych faz procesu produkcji płytek ściennych i podłogowych. Współczynniki emisji zanieczyszczeń dla emisji niekontrolowanych (UC) oraz kontrolowanych (C)	118
Tabela 3.29	Analiza chemiczna nieoczyszczonych ścieków procesowych	119
Tabela 3.30	Zakresy podstawowych składników chemicznych występujących w osadach (produkcja płytek ściennych i podłogowych)	119
Tabela 3.31	Przykładowe specyficzne zapotrzebowanie energetyczne dla różnych typów pieców	120
Tabela 3.32	porównanie specyficznego zużycia energii cieplnej i elektrycznej na poszczególnych etapach procesu	120
Tabela 3.33	Dane operacyjne oraz emisja pyłu z czystych gazów w suszarkach rozpyłowych	121
Tabela 3.34	Wartości surowych gazów oraz dane operacyjne dla wypalania ceramiki domowej	122
Tabela 3.35	Wartości dla surowych i oczyszczonych gazów dla jednokrotnie wypalanej ceramiki domowej	122
Tabela 3.36	Zestawy pigmentów ceramicznych stosowanych do barwienia dekoracji	123
Tabela 3.37	Stężenia metali ciężkich w surowych gazach pochodzących z wypalania dekoracji	123
Tabela 3.38	Analiza ścieków procesowych w zakładzie produkującym porcelanę stołową	124
Tabela 3.39	Analiza ścieków procesowych w zakładzie produkującym porcelanę domową	124
Tabela 3.40	Zużycie energii cieplnej i elektrycznej podczas produkcji porcelany stołowej	125
Tabela 3.41	Przykładowy skład surowych i oczyszczonych gazów z pieca tunelowego	127
Tabela 3.42	Stężenie surowych gazów w piecach tunelowych i wahadłowych	127
Tabela 3.43	Przykładowe stężenie czystych gazów w dwóch zakładach produkujących ceramikę sanitarną	128
Tabela 3.44	Stężenie zanieczyszczeń w czystych ściekach procesowych	128
Tabela 3.45	Dane operacyjne oraz wydajność różnych rodzajów pieców	129
Tabela 3.46	Dane na temat zużycia energii	129
Tabela 3.47	Stężenie surowych gazów podczas wypalania izolacji elektrycznych	131
Tabela 3.48	Stężenie spalin z pieców wahadłowych podczas wypalania izolacji elektrycznych	131
Tabela 3.49	Stężenie w czystych ściekach procesowych pochodzących z produkcji izolacji elektrycznych	132
Tabela 3.50	Stężenie w ściekach procesowych pochodzących z produkcji izolacji elektrycznych po flokulacji	132
Tabela 3.51	Stężenia w oczyszczonych ściekach procesowych pochodzących od producenta wyrobów piezoceramicznych	133
Tabela 3.52	Dane na temat zużycia energii w dwóch zakładach produkujących elektroporcelanę	133
Tabela 3.53	Skład surowców do produkcji elektroporcelany	134
Tabela 3.54	Przykładowe wartości spalin z trzech zakładów produkujących ścierniwa nieorganiczne	135
Tabela 3.55	Dane na temat całkowitego zużycia energii w trzech zakładach produkujących ścierniwa nieorganiczne	136
Tabela 3.56	Dane na temat zużycia surowców w trzech zakładach produkujących ścierniwa nieorganiczne	136
Tabela 4.1	Schemat informacji dla każdej z technik omówionych w tym rozdziale	137
Tabela 4.2	Przykłady odporności na temperaturę i cen filtrów workowych	150
Tabela 4.3	Przykłady danych operacyjnych dla usuwania pyłu za pomocą filtrów workowych	150
Tabela 4.4	Dane na temat kosztów inwestycyjnych i operacyjnych dla elektrofiltrów	154
Tabela 4.5	Parametry techniczne, skuteczność i koszty dla technik oczyszczania spalin	178
Tabela 4.6	Skuteczność redukcji w zakresie zależności zawartości siarki w surowcach	179
Tabela 4.7	Koszty dotyczące redukcji pyłu, nieorganicznych związków gazowych i organicznych związków gazowych przy użyciu różnych technik redukcyjnych	181
Tabela 4.8	Osiągalne współczynniki recyklingu ścieków procesowych dla różnych sektorów ceramicznych	183
Tabela 5.1	Poziomy emisji związane z BAT dla nieorganicznych związków gazowych pochodzących ze spalin z procesu wypalania w piecu	207
Tabela 5.2	Poziomy emisji zanieczyszczeń związane z BAT dla zrzutów ścieków	207
Tabela 7.1	Harmonogram prac nad dokumentem BREF dotyczącym produkcji wyrobów ceramicznych	211

ZAKRES

Niniejszy dokument odnosi się do działalności przemysłowej opisanej w sekcji 3.5 Załącznika I dyrektywy 96/61/WE, mianowicie:

3.5 Instalacje do produkcji wyrobów ceramicznych przez wypalanie, w szczególności do produkcji dachówek, cegieł, cegieł ognioodpornych, wyrobów kamionkowych i porcelany, o wydajności powyżej 75 ton dziennie, i/lub o pojemności pieca przekraczającej 4 m³, o gęstości powyżej 300 kg/m³ na piec.

Dla celów niniejszego dokumentu, działalność przemysłowa objęta w tej specyfikacji będzie określana jako przemysł ceramiczny.

Różne sektory przemysłu ceramicznego obejmują szeroki zakres surowców oraz technik wytwórczych, niemniej jednak wszystkie wiążą się z różnymi rodzajami glinki lub innych, przede wszystkim nieorganicznych materiałów, które poddawane są obróbce, a następnie suszone i wypalane. Główne sektory, które opierają się na produkcji produktów ceramicznych (ceramiki) to:

- płytki ścienne i podłogowe,
- cegły i dachówki,
- zastawa stołowa i wyroby dekoracyjne (ceramiczne artykuły gospodarstwa domowego),
- wyroby ogniotrwałe,
- wyroby sanitarne,
- ceramika techniczna,
- rury kamionkowe,
- kruszywa gliniaste spulchnione (keramzyt),
- materiały ściernie ze spoiwem nieorganicznym.

Oprócz podstawowej działalności wytwórczej, niniejszy dokument omawia także czynności bezpośrednio z nią związane, które mogłyby powodować emisje lub zanieczyszczenia. W związku z tym, niniejszy dokument zawiera opis czynności od przygotowania surowców aż po wysyłkę gotowych produktów. Niektóre czynności nie zostały uwzględnione, ponieważ nie są uważane za bezpośrednio związane z działalnością podstawową. Na przykład nie omówiono tu wydobycia surowców. Czynności, które zostały omówione to:

- wybór i przygotowanie surowców – przede wszystkim glinki i/lub inne minerały nieorganiczne,
- kształtowanie wyrobów – zwykle z surowców, które znajdują się w stanie plastycznym,
- suszenie wyrobów i pokrywanie powłoką,
- wypalanie piecowe, by uzyskać efekt zeszklenia,
- późniejsza obróbka i pakowanie.

1. OGÓLNE INFORMACJE NA TEMAT PRODUKCJI CERAMIKI

1.1 Początki historyczne

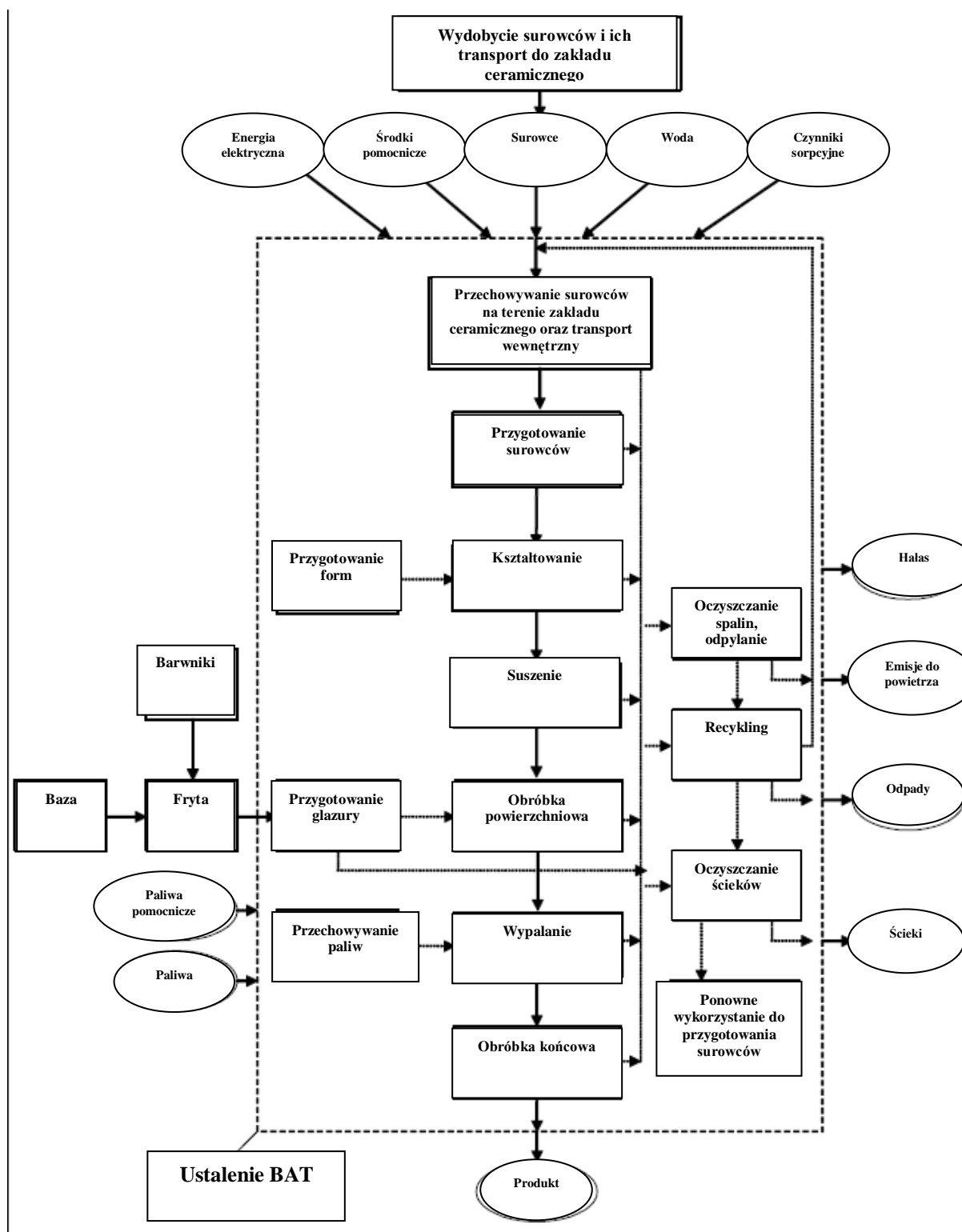
Termin „ceramika” pochodzi od greckiego słowa „keramos” oznaczającego „spaloną ziemię” i jest używany do opisywania wyrobów przemysłu ceramicznego. Najnowsze badania pokazują, że obróbka gliny rozpoczęła się około 19 000 p.n.e. Najstarsze znaleziska ceramiki pochodzące z południowej Japonii datowane są na okres pomiędzy 9000 a 8000 lat p.n.e. Już 4000 p.n.e. wypalane cegły były wykorzystywane do budowania wież świątyni, pałaców i umocnień. Ponad 2000 lat temu, Rzymianie upowszechnili technikę produkcji cegieł w znacznej części Europy. W Egipcie talerze z ceramiki glazurowanej były stosowane jako dekoracje ścian w piramidach już 2600 lat p.n.e. a w Chinach, sztuka tworzenia porcelany znana jest od 1000 lat p.n.e.

1.2 Charakterystyka ceramiki

Zasadniczo termin „ceramika” (wyroby ceramiczne) jest stosowany do materiałów nieorganicznych (czasem z pewną domieszką organiczną), wykonanych z niemetalicznych składników i utrwalonych w procesie wypalania. Oprócz materiałów bazujących na glinie, obecnie ceramika to także szereg produktów o niewielkiej domieszce gliny lub niezawierające jej w ogóle. Wyroby ceramiczne mogą być szkliwione lub nieszkliwione, porowate lub zeszkłone.

Wypalanie czerepów ceramicznych wywołuje czasowo-temperaturową przemianę materiałów składowych zwykle w mieszaninę nowych minerałów i faz szklistych. Do charakterystycznych własności wyrobów ceramicznych należy wysoka wytrzymałość, odporność na zużycie, trwałość użytkowa, obojętność chemiczna i nietoksyczność, odporność na ciepło i ogień, (zwykle) oporność elektryczna a niekiedy również określona porowatość.

Główne etapy produkcji wyrobów ceramicznych są w dużej mierze niezależne od wykorzystywanych materiałów i produktu końcowego. Poniższy rysunek schematycznie pokazuje typowy proces oraz elementy związane z możliwymi lub niezbędnymi dostawami oraz utylizacją. Proces składa się z następujących etapów: wydobywanie surowców oraz ich transport do zakładu produkcji ceramicznej (żaden z tych dwóch etapów nie został omówiony w niniejszym dokumencie), magazynowanie surowców, przygotowanie surowców, kształtowanie, suszenie, obróbki powierzchniowej, wypalania i obróbki końcowej [23, TWG Ceramics, 2005].



Rysunek 1.1: Etapy procesu produkcji wyrobów ceramicznych

Najlepsze dostępne techniki związane ze zintegrowaną ochroną środowiska dla przemysłu ceramicznego wymienione w niniejszym dokumencie odnoszą się do obszaru wyróżnionego na rysunku.

1.3 Rozkład geograficzny i ogólne uwagi ekonomiczne

Surowce ilaste są szeroko rozpowszechnione w całej Europie, w związku z czym wyroby ceramiczne, takie jak cegły, które są względnie tanie (które jednak generują wysokie koszty transportowe z uwagi na ich wagę) są produkowane niemal we wszystkich Państwach Członkowskich. Tradycje budowlane i względy historyczne skutkują różnymi rozmiarami w zależności od kraju. Bardziej specjalistyczne produkty, które mają wyższe ceny zasadniczo są produkowane w kilku państwach, które dysponują odpowiednimi surowcami oraz – co równie ważne – tradycjami w zakresie umiejętności i wiedzy. Na przykład znaczny odsetek płytek ceramicznych produkuje się we Włoszech i w Hiszpanii, zastawa stołowa wyrabiana jest w Wielkiej Brytanii, Niemczech i Francji, rury kamionkowe w Niemczech, Wielkiej Brytanii, Belgii i Holandii.

Wolumen międzynarodowego handlu płytkami ściennymi i podłogowymi, zastawą stołową oraz elementami dekoracyjnymi, ceramiką techniczną, rurami kamionkowymi i ceramiką sanitarną jest znaczący.

Znaczenie przemysłu ceramicznego dla zatrudnienia oraz gospodarki zostało przedstawione w poniższej tabeli [20, CERAME-UNIE, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [26, UBA, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

Sektor przemysłu ceramicznego	Produkcja w UE-15 w 2000 r. (w milionach ton)	Sprzedaż w UE-15 w 2003 r. (w milionach EUR)	Zatrudnienie w roku 2003 (w tysiącach)
Płytki ścienne i podłogowe	25,0	10100	69
Cegły i dachówki	55,0	6800	50
Zastawa stołowa i wyroby dekoracyjne	0,5	2000	48
Wyroby ogniotrwałe	4,5	3100	18
Wyroby sanitarne	0,5	1900	25
Ceramika techniczna	0,15	2000	9
Rury kamionkowe	0,7	300	2
Kruszywa gliniaste spulchnione (2002)	3,0	300	2,5
Materiały ściernie ze spoiwem organicznym (2003)	0,04	260	3,1

Tabela 1.1: Dane na temat produkcji i sprzedaży ceramiki oraz zatrudnienia w sektorze

1.4 Podstawowe zagadnienia środowiskowe

W zależności od konkretnego procesu produkcji, zakłady wytwarzające wyroby ceramiczne powodują emisje uwalniane do powietrza, wody i ziemi (odpady). Ponadto, środowisko może być narażone na hałas oraz nieprzyjemne zapachy. Rodzaj oraz ilość zanieczyszczeń powietrza, odpadów oraz ścieków zależy od wielu czynników. Czynniki te obejmują, na przykład wykorzystane surowce, zastosowane czynniki pomocnicze, użyte paliwa oraz metody produkcji:

- Emisje do powietrza: produkcja wyrobów lub przetwarzanie surowców może powodować emisje cząstek stałych/pyłów, spalanie oleju opałowego lub różnych stałych paliw może powodować powstawanie sadzy. Emisje gazowe powstają podczas wypalania lub suszenia natryskowego wyrobów ceramicznych i mogą pochodzić z surowców i/lub zastosowanych paliw. Szczególne znaczenie wśród różnych emisji gazowych mają tlenki węgla, tlenki azotu, tlenki siarki, nieorganiczne związki fluoru i chloru, a także związki organiczne. Z uwagi na zastosowanie do celów dekoracyjnych substancji, które zawierają metale ciężkie, lub ze względu na użycie jako paliwa ciężkiego oleju, możliwe jest także wydzielanie się metali ciężkich;
- Emisje do wody: pojawiają się przede wszystkim podczas procesu produkcyjnego wyrobów ceramicznych, a szczególnie podczas produkcji ceramiki tradycyjnej, a powstające w ten sposób ścieki zawierają przede wszystkim związki mineralne (nierozpuszczalne cząstki stałe). W zależności od zastosowanej metody produkcji, ścieki procesowe zawierają także inne substancje nieorganiczne, niewielkie ilości różnych substancji organicznych, a także niektóre metale ciężkie. Oprócz wody procesowej, która często jest oczyszczana i ponownie wykorzystywana w zamkniętym obiegu, także woda do chłodzenia, deszczówka oraz ścieki sanitarne mogą przyczyniać się do tworzenia emisji z zakłady do wody;
- Straty/odpady procesowe: straty procesowe powstające w wyniku produkcji wyrobów ceramicznych, składające się głównie z następujących substancji:
 - różne rodzaje osadów (osady pochodzące z obróbki ścieków procesowych, osady ze szklenia, osady gipsowe, osady szlifierskie),
 - potłuczone wyroby z form, suszenia, materiałów ogniotrwałych oraz suszenia,
 - pył pochodzący z oczyszczania spalin oraz jednostek odpylających,
 - zużyte formy gipsowe,
 - zużyte czynniki sorpcyjne (granulowany wapień, pył wapienny),
 - odpady opakowaniowe (plastik, drewno, metal, papier, etc.),
 - pozostałości stałe, np. popiół powstający z wypalania za pomocą stałych paliw.

Część wymienionych powyżej skumulowanych strat procesowych może zostać poddana recyklingowi i ponownie wykorzystana w zakładzie w zależności od specyfikacji wyrobów lub wymagań procesu. Substancje, które nie mogą zostać poddane recyklingowi w zakładzie, są wywożone i dostarczane do zewnętrznych instalacji recyklingowych lub utylizacyjnych.

- Zużycie energii/emisje CO₂: wszystkie sektory przemysłu ceramicznego są energochłonne, ponieważ zasadniczą część procesu obejmuje suszenie, po którym następuje wypalanie w temperaturze między 800 a 2000 °C. W przypadku produkcji porcelany, zużycie energia stanowi od mniej niż 10 do 18% całkowitych kosztów. W przypadku produkcji cegieł, udział konsumpcji energii waha się od 17 do 25%, z maksymalnymi wartościami sięgającymi 30%.

Poniższa tabela pokazuje konkretne wartości zużycia energii w przemyśle ceramicznym w Europie [30, TWG Ceramics, 2005]:

Sektor	Jednostka	1980	1985	1990	1995	2000	2003
Płytki ścienne i podłogowe	GJ/t	2,65	2,45	2,19	2,06	2,38	2,31
Cegły i dachówki	GJ/t	11,78	9,16	6,76	5,45	5,74	5,60
Wyroby ogniotrwałe	GJ/t	4,88	4,96	6,51	4,91	5,41	5,57
Wyroby sanitarne	GJ/t	26,56	24,214	22,27	22,76	20,88	21,87
Rury kamionkowe	GJ/t			5,75	5,77	6,1	5,23
Zastawa stołowa i wyroby dekoracyjne	GJ/t			47,56	38,91	43,46	45,18
Ceramika techniczna	GJ/t					34,72	50,39

Tabela 1.2: Szczegółowe dane na temat zużycia energii w przemyśle ceramicznym w Europie

Współcześnie do wypalania przeważnie stosuje się gaz ziemny, płynny gaz z ropy naftowej (propan i butan) oraz olej opałowy EL, natomiast ciężki olej opałowy, skroplony gaz ziemny (LNG), biogaz/biomasa, energia elektryczna oraz paliwa stałe (np. węgiel kamienny, koks naftowy) mogą być także wykorzystywane jako źródła energii dla palników.

Zastosowanie ciężkiego oleju opałowego, węgla kamiennego oraz koksu naftowego ogranicza się przede wszystkim do produkcji cegieł. W tabeli poniżej przedstawiono udział poszczególnych paliw w ogólnym zużyciu paliw (bez energii elektrycznej) w Niemczech z podziałem na poszczególne sektory [4, UBA, 2001], [30, TWG Ceramics, 2005].

Sektor	Gaz ziemny (%)	Olej opałowy EL (%)	Ciężki olej opałowy (%)	Inne (%)
Ceramika domowa	98,0	1,6	-	0,4
Ceramika sanitarna	97,7	2,3	-	-
Ceramika techniczna	96,2	3,6	-	0,2
Produkty ogniotrwałe	90,2	7,3	0,1	2,4
Płytki ścienne i podłogowe	98,1	1,1	0,8	-
Cegły i dachówki	88,6	5,3	5,3	0,8
Rury kamionkowe	100	-	-	-
Keramzyt ¹⁾	-	-	-	-
Nieorganiczne materiały ściernie ze spoiwem ²⁾	90,6	9,4	-	-

¹⁾ brak danych
²⁾ szacunkowe dane VDI dla Niemiec

Tabela 1.3: Udział stosowanych w Niemczech paliw z podziałem na sektory w roku 1998

1.5 Sektory przemysłu ceramicznego

Podstawowe metody i etapy procesu produkcyjnego różnią się w niewielkim stopniu w przypadku poszczególnych wyrobów ceramicznych, z wyjątkiem faktu, że w przypadku produkcji, na przykład płytek ściennych i podłogowych, zastawy stołowej i elementów dekoracyjnych (ceramiki domowej), ceramiki sanitarnej, a także ceramiki technicznej, często stosuje się wieloetapowy proces wypalania. Jest to jeden z historycznych powodów, dla których różne sektory ceramiczne mogą zostać podzielone na dwie grupy, ceramikę „budowlaną” lub „prostą” obejmującą cegły i dachówki, rury kamionkowe, produkty ogniotrwałe i keramzyt oraz grupę „delikatnej” lub „tradycyjnej i przemysłowej ceramiki” obejmującej płytki ścienne i podłogowe, zastawę stołową i elementy dekoracyjne, ceramikę sanitarną, ceramikę techniczną oraz nieorganiczne materiały ściernie ze spoiwem.

Techniczna realizacja jednak może różnić się, w zależności od konkretnych wymagań produktów i charakterystyk wykorzystanych surowców. Na przykład, istnieje szereg pieców działających ciągle (np. piece tunelowe) lub działających okresowo (np. piece wahadłowe) stosowane do wypalania takich samych lub różnych wyrobów ceramicznych.

Wyroby produkowane w „delikatnym” lub „tradycyjnym i przemysłowym” sektorze ceramicznym od produktów „prostych lub budowlanych” różnią się przede wszystkim swoją teksturą. Granica pomiędzy „delikatną” lub „tradycyjną i przemysłową” a „prostą” lub „budowlaną” ceramiką mieści się w granicach od 0,1 do 0,2 średnicy cząstek. „Proste” lub „budowlane” wyroby ceramiczne wykazują niehomogeniczność przekraczającą 0,2 mm, ale granica pomiędzy „delikatnymi” lub „tradycyjnymi lub przemysłowymi” a „prostymi” lub „budowlanymi” wyrobami ceramicznymi nie jest tak naprawdę dziś sprecyzowana. Na przykład technologia wytwarzania „delikatnej” lub „tradycyjnej i przemysłowej” ceramiki stosowana jest do wyrobu produktów super ogniotrwałych. W związku z tym niniejszy dokument nie stosuje powyższego podziału na dwie grupy, a jedynie dokonuje rozróżnienia na dziewięć następujących sektorów wyrobów ceramicznych [32, TWG Ceramics, 2006]:

- Cegły i dachówki,
- Rury kamionkowe,
- Produkty ogniotrwałe,
- Keramzyt,

- Płytki ścienne i podłogowe,
- Zastawa stołowa i wyroby dekoracyjne (ceramika domowa),
- Ceramika sanitarna,
- Ceramika techniczna,
- Nieorganiczne materiały ściernie ze spoiwem.

1.5.1 Cegły i dachówki

Wyroby ceglane produkowane w dużych ilościach, wykorzystywane jako materiał w wielu branżach budowlanych i konstrukcyjnych. W większości cegły oraz dachówki nie są dzielone z uwagi na zastosowaną właściwą technikę kształtowania, ale z uwagi na zamierzone przeznaczenie:

- Cegły budowlane (np. cegły gliniane, cegły elewacyjne, cegły inżynierskie ('cegły klinkierowe') oraz cegły lekkie),
- Dachówki (np. płytki ciągnione, dachówki tłoczone),
- Klinkier drogowy,
- Cegły kominowe (np. przewody kominowe).

Z uwagi na różne techniki produkcyjne, różne rodzaje cegielni wyspecjalizowały się w różnych rodzajach produktów, np. gliniane dachówki i cegły budowlane.

W 2003 roku, całkowita sprzedaż europejskiego przemysłu produkującego gliniane cegły oraz dachówki wyniosła około 6800 milionów EUR, przy zatrudnieniu na poziomie 50 000 [20, CERAME-UNIE, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005].

Występują następujące różnice w ilości wyprodukowanych cegieł, płytek i dachówek:

We Włoszech jest największa liczba fabryk, mianowicie 238. Na kolejnych pozycjach plasują się Niemcy (183), Portugalia (150), Francja (136) oraz Wielka Brytania (134). Mniej niż 70 zakładów działa na terenie innych państw, takich jak Holandia (58), Belgia (40), Austria (30), Szwajcaria (27) oraz Dania (26).

Średnia ilość wyprodukowanych cegieł na milion mieszkańców wynosi:

Portugalia (1,5), Dania (5,1), Włochy (4,1), Belgia (4,0), Austria (3,8), Szwajcaria (3,7), Holandia (3,7), Wielka Brytania (2,3), Francja (2,3) oraz Niemcy (2,2).

Porównanie danych [3, CERAME-UNIE, 2003] na temat mieszkańców poniższych państw (dane z 2001 roku) wskazują, że:

- Wysoką produkcję dachówek obserwuje się we Francji (0,89 m² na osobę), następnie we Włoszech (0,61), Niemczech (0,54), Hiszpanii (0,5), Szwajcarii (0,48), Danii (0,4) oraz Austrii (0,28). W pozostałych państwach, na przykład w Wielkiej Brytanii oraz Belgii, produkcja dachówek jest znacznie niższa. Finlandia i Norwegia nie produkują dachówek.
- Cegły i bloczki są produkowane we wszystkich państwach UE-15. Najwyższa produkcja notowana jest w Belgii (0,29 m³ na osobę), a następnie w Hiszpanii (0,28), we Włoszech (0,26), Austrii (0,24), Niemczech (0,17), Szwajcarii (0,08), a także w pozostałych państwach, gdzie wartości te są niższe.

Cegły perforowane mają duże znaczenie na przykład w Austrii (97%), Niemczech (87%), cegły elewacyjne w Holandii (94%), Wielkiej Brytanii (82%) oraz w Danii (85%). Cegły pustakowe są preferowane we Francji (63%) oraz we Włoszech (62%).

Średnia liczba pracowników w jednym zakładzie różni się pomiędzy różnymi państwami europejskimi:

- Wielka Brytania (66),
- Belgia (44),
- Francja (39) i Holandia (38),

- Austria (35), Niemcy (34) i Włochy (34),
- Szwajcaria (24) i Dania (21).

1.5.2 Rury kamionkowe

Kamionkowe rury i akcesoria stosowane są do drenowania oraz kanalizacji, ale także w przypadku zbiorników na kwasy i produktów dla stajni. Roczna produkcja w 2000 roku w UE-15 wyniosła 708 000 ton -3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001].

Zakłady produkcyjne znajdują się w Belgii, Niemczech, we Włoszech, w Holandii i Wielkiej Brytanii. Ich wyroby dostarczane są do wszystkich państw członkowskich UE-15 w oparciu o Europejską Normę EN 295, która została ratyfikowana w 1991 roku i w międzyczasie wdrożona we wszystkich państwach członkowskich UE-15 oraz EFTA, a także w niektórych państwach stowarzyszonych w CEN.

W niniejszym dokumencie, termin „rury” obejmuje także akcesoria, które są niezbędne do zmontowania podziemnych rurociągu przeznaczonego do transportu ścieków.

Poniższa tabela pokazuje ogólne informacje na temat przemysłu produkcji rur kamionkowych w Europie w roku 2003 [3, CERAME-UNIE, 2003], [30, TWG Ceramics, 2005].

Państwo	BE	DE	IT	NL	UK	UE-15
Liczba mieszkańców (10 ⁶)	10	82	57,5	15,7	58,5	
Liczba zakładów *)	1	8	1	2	5	17
Roczna sprzedaż rur i akcesoriów (w tonach)	115000	208000	74000	102000	209000	708000
Łączna liczba pracowników	250	500	150	213	800	1913
Średnia liczba pracowników w zakładzie	377	115	207	107	220	166

*) W zakładzie działać może więcej niż jeden piec

Tabela 1.4: Przemysł produkujący rury kamionkowe w Europie

1.5.3 Produkty ogniotrwałe

Produkty ogniotrwałe to materiały ceramiczne, które mogą wytrzymać temperaturę powyżej 1500°C. Szereg produktów ogniotrwałych w różnych kształtach i formach jest stosowanych do wielu zastosowań przemysłowych produkujących stal, żelazo, cement, wapno, szkło, ceramikę, aluminium, miedź, a także w przemyśle petrochemicznym, w piecach, elektrowniach oraz w systemach ogrzewania domowego, w tym także w piecach akumulacyjnych. Są one niezbędne w procesach wysokotemperaturowych i odporne na wszystkie rodzaje obciążenia (mechanicznego, termicznego, chemicznego), takie jak erozja, plastyczne odkształcenia, korozję i szoki termiczne.

Odporność materiałów ogniotrwałych na wysokie temperatury definiowana w taki sposób, że ich temperatura mięknięcia jest nie niższa niż 1500°C. Stosowana jest klasyfikacja „materiałów ogniotrwałych” o temperaturze mięknięcia pomiędzy 1500 a 1800°C oraz „materiały wysoko ogniotrwałe” o temperaturze mięknięcia wyższej niż 1800°C [23, TWG Ceramics, 2005].

Początkowo, jako surowiec wykorzystywano glinę o wysokiej czystości, obecnie do produkcji wyrobów ogniotrwałych wykorzystuje się różne surowce, które mogą być zarówno naturalne, jak i syntetyczne. Wiele z nich importuje się spoza Europy.

Popyt na produkty ogniotrwałe jest ściśle powiązane z poziomem produkcji i inwestycji w sektorach korzystających z nich. Na przykład, ilość materiałów ogniotrwałych zużywanych na tonę wyprodukowanych wyrobów, takich jak stal lub cement znacznie spadło w ostatniej dekadzie, ze względu na techniczne i procesowe innowacje. Dłuższa żywotność okładzin pieców hutniczych lub kadzi odlewniczych, a także krótszy czas ich naprawy i konserwacji, znacznie zwiększyły produktywność przemysłów, które wykorzystują te materiały.

Wyroby ogniotrwałe są zwykle wykorzystywane w sektorach, które są głównymi odbiorcami energii, jak sektory produkujące metale, cement, szkło oraz w przemyśle petrochemicznym. Ponieważ jakość okładzin

pieców bardzo ważna jest dla wydajności energetycznej procesów, przemysł produkujący wyroby ogniotrwałe ma znaczny wpływ na wydajność energetyczną tych sektorów. Stały postęp w zakresie wyrobów ogniotrwałych prowadzi – dzięki lepszej izolacji i dłuższą żywotność okładziny – do spadku zużycia energii w operacjach tych energochłonnych sektorów.

Produkcja wyrobów ogniotrwałych w tonach na terenie UE-15 jest największa na świecie, z łączną produkcją w 2001 roku na poziomie 4,6 milionów ton (przemysł niemiecki jest liderem z całkowitą produkcją szacowaną na poziomie 1,5 milionów ton), co daje około 3300 milionów EUR w 2002 roku. Około 65% tej kwoty wiąże się z produkcją stali i żelaza; 5 do 8% z produkcją cementu, szkła, ceramiki, natomiast pozostałe z przemysłem metali nieżelaznych, chemicznym, petrochemicznym, energetycznym oraz spalarniczym. W 2002 roku przemysł w UE-15 zatrudniał 18505 osób [20, CERAME-UNIE, 2004], [12, CTCV, 2004].

Poniższa tabela prezentuje produkcję wyrobów ogniotrwałych w UE-15 w latach 2001/2002 [20, CERAME-UNIE, 2004], [21, Almeida, 2004].

Państwa	Łączna produkcja w 2002 r. (10 ³ ton)
Austria (2001)	710
Beneluks	nie dotyczy
Francja	524
Niemcy	931
Grecja (2001)	33
Włochy	556
Kraje skandynawskie (2001)	147
Portugalia	23
Hiszpania	417
Wielka Brytania	204

Tabela 1.5: Produkcja wyrobów ogniotrwałych w UE-15 w latach 2001/2002

1.5.4 Keramzyt

Keramzyt to porowaty produkt ceramiczny w jednolitej strukturze porów z niewielkimi zamkniętymi komórkami z gęsto spieczoną, mocną zewnętrzną powłoką. Wytwarzany jest z surowców zawierających minerały ilaste. Surowce są przygotowywane, formowane, a następnie poddawane procesowi wypalania w temperaturze od 1100 do 1300°C, co skutkuje znacznym zwiększeniem ich objętość pod wpływem rozszerzania.

Wyroby te mogą być produkowane w dowolnej ilości i z dokładnie określonymi rozmiarami ziarna oraz charakterystykami, by spełnić szeroki zakres wymagań technicznych w różnych obszarach zastosowania.

Wykorzystywane są w formie sypkiej lub jako materiał związany cementem w przemyśle budowlanym (na przykład jako sypkie wypełnienie, lekkie kruszywo, bloczki i inne prefabrykowane lekkie betonowe elementy, strukturalny lekki beton do prac na miejscu budowy), a także jako sypki materiał w ogrodach i do kształtowania krajobrazu (np. jako wypełnienie nasypów w konstrukcji dróg, podłoże dla zielonych dachów, wypełnienie filtrów i drenów).

Szeroki zakres produkowanych na skalę przemysłową lekkich kruszyw (LWA) obejmuje szerokie spektrum charakterystyk technicznych. Własności, takie jak wielkość ziaren, porowatość, waga oraz wytrzymałość ziaren może być kontrolowana w trakcie procesu produkcyjnego. Dostępne są kruszywa o gęstości ziarna między 0,15 a 1,7 kg/dm³ odpowiadające różnym wymaganiom i zastosowaniom. Takie lekkie kruszywa mają doskonałe właściwości izolacyjne. Ma to związek z dużą ilością równomiernie rozmieszczonych porów wewnątrz tego materiału. Wartość przewodnictwa termicznego dla sypkich wypełnień przemysłowo produkowanych lekkich kruszyw waha się od 0,07 do 0,18 W/(mK), w zależności od wielkości ziarna i gęstości właściwego materiału. Standardowa granulometria została opisana w EN 13055 – 1 oraz EN 13055 – 2.

Oprócz keramzytu, przemysłowe lekkie kruszywa obejmują także metamorficzne łupki i łupki ilaste, żużel, pyły spieczonego węgla kamiennego oraz pianoszkło, ale niniejszy dokument nie omawia tych grup produktowych. Producenci keramzytu znajdują się na terenie Danii, Niemiec, Szwecji, Norwegii, Finlandii, Estonii, Belgii, Austrii, Polski, Hiszpanii, Włoch, Portugalii oraz w Czechach. W środkowej i wschodniej Europie kruszywo tego typu określane jest jako „keramzyt”. Łączna wydajność europejskich zakładów szacowana jest na około 10 milionów metrów sześciennych.

1.5.5 Płytki ściennie i podłogowe

Płytki ceramiczne (por. EN 14411) to cienkie płytki wykonane z gliny i/lub innych nieorganicznych materiałów, używane przede wszystkim do pokrywania podłóg i ścian. Płytki ceramiczne są zwykle kształtowane poprzez wytłaczanie lub prasowanie na sucho w temperaturze pokojowej, a następnie suszone i wypalane w odpowiedniej temperaturze, aby uzyskać wymagane właściwości.

Najczęściej spotykane są płytki prostokątne i kwadratowe, ale dostępne są także inne wielokątne kształty (sześciokątne, ośmiokątne, etc.). Jeżeli chodzi o rozmiary, wielkość płytek waha się od zaledwie kilku centymetrów długości boku (mozaika) do płytek o boku od 60 do 100 cm. Grubość płytek waha się od około 5 mm dla płytek ściennych do ponad 25 mm dla niektórych płytek wytłaczanych.

Wyróżnia się kilka typów płytek ceramicznych dostępnych na rynku: kształtowane poprzez prasowanie na sucho lub wytłaczane, porowate, zeszlone lub kompaktowe, o białym (białawym) lub kolorowym (czerwonawym) korpusie, glazurowane lub nie.

Rodzaje płytek ceramicznych produkowanych w państwach członkowskich są podobne, jednak różnią się one między sobą pewnymi właściwościami, z powodów kulturowych, formalnych, funkcjonalnych, komercyjnych lub technicznych. W związku z tym trudno jest stwierdzić równoważność różnych typów wyrobów i ich przeznaczenia w poszczególnych państwach członkowskich.

Aby przezwyciężyć tę trudność, w europejskiej i międzynarodowej standaryzacji przyjęto ogólną klasyfikację płytek ceramicznych. Według EN 14411, płytki ceramiczne dzieli się na dziewięć grup, w zależności od techniki ich produkcji (metody kształtowania) oraz absorpcji wody. Absorpcja wody wiąże się z porowatością materiału: wysoka absorpcja wody oznacza dużą porowatość, podczas gdy niska absorpcja wody związana jest z kompaktową, zeszlona strukturą.

Ta klasyfikacja traktowana jest w niniejszym dokumencie jako ogólny punkt odniesienia. Jednakże, te dziewięć grup nie odzwierciedla istotnych różnic, w zakresie, w jakim w niniejszym dokumencie pod uwagę brane są aspekty środowiskowe. W związku z tym, dla konkretnych celów niniejszego dokumentu, wykorzystywana będzie zaprezentowana w poniższej tabeli uproszczona klasyfikacja [3. CERAME-UNIE, 2003]. Niektóre płytki ceramiczne nie zostały uwzględnione w tej klasyfikacji, ponieważ stanowią one niewielką część, a ich procesy produkcyjne i właściwości są nieco odmienne, a także dlatego, że nie są dostępne istotne lub użyteczne informacje na ich temat.

Klasa	Opis/specyfikacja
A	Płytki wyciskane
BIa	Płytki prasowane na sucho, nieprzepuszczalne
BIb – BII	Płytki prasowane na sucho o kompaktowym korpusie
BIII	Płytki prasowane na sucho o porowatym korpusie

Tabela 1.6: Uproszczona klasyfikacja płytek ceramicznych

Ceramiczne płytki ściennie i podłogowe są ważnymi wyrobami służącymi do pokrywania ścian i podłóg stosowanymi w przemyśle budowlanym i mieszkaniowym, a w związku z tym, rynek konserwacji i renowacji ma dla tych produktów szczególne znaczenie. Inne charakterystyki obejmują, na przykład zastosowanie płytek na zewnętrznych fasadach, w basenach i w przestrzeni publicznej.

Europejski przemysł sprzedaje płytki na całym świecie i jest największym eksporterem. Jedna czwarta produkcji europejskiej jest eksportowana do państw spoza UE-15: przemysł europejski ma 75% udział w międzynarodowym handlu płytkami. W 2001 przemysł europejski sprzedał niemal 1400 milionów m²

plytek o łącznej wartości 10 000 milionów EUR. Około 71 000 osób zatrudniał w tamtym roku [3, CERAME-UNIE, 2003]. Istotna część tego przemysłu jest skoncentrowana w dwóch regionach: w regionie Sassuolo we Włoszech (Emilia-Romagna) oraz Castellón w Hiszpanii (Comunidad de Valencia).

Do produkcji płytek wykorzystuje się wysoce rafinowaną glinę, która w większości przypadków może być pozyskiwana w Europie. Oprócz tego, do glazurowania wykorzystuje się szereg substancji. Jako surowiec traktuje się także energię, ponieważ pozwala na przekształcenie gliny w ceramikę za pomocą wypalania. Źródłami energii są przede wszystkim gaz ziemny i energia elektryczna.

Poniższa tabela prezentuje zużycie energii w poszczególnych państwach członkowskich [20, CERAME-UNIE, 2004], [21, Almeida, 2004].

Państwo	1980	1990	1997	2001
DE				7,58
EL	11,61	8,68	8,1	
ES	15,78	7,00	5,49	5,78
FR	6,97	5,84	5,71	6,42
IT	11,22	6,19	5,12	5,48
NL	10,94	8,46	8,76	
PT			6,20	6,00
UK	18,05	13,15	11,33	

Tabela 1.7: Zużycie energii w poszczególnych państwach członkowskich (specyficzne zużycie energii w TJ na 1000 ton produkcji)

1.5.6 Zastawa stołowa i dekoracje (ceramika domowa)

Produkcja ceramiki domowej obejmuje zastawę stołową, fantazyjne i wyszukane wyroby wykonywane z porcelany, wyroby fajansowe i kamionkowe. Do typowych wyrobów należą talerze, naczynia, kubki, miski, dzbanki i wazonny.

Łączna produkcja w porównaniu do pozostałych głównych sektorów produkcji ceramicznej jest niewielka, por. Tabela 1.1. Zastawa stołowa oraz elementy dekoracyjne wykazują zupełnie różny stosunek wartości do wagi. Zastawa stołowa i elementy dekoracyjne są produkowane zgodnie z ogólną charakterystyką procesu, który stosuje się w przypadku innych wyrobów ceramicznych. Poniższa tabela zestawia produkcję różnych typów wyrobów [20, CERAME-UNIE, 2004], [21, Almeida, 2004].

Państwo	Produkty	tona/rok
Niemcy	Porcelanowa zastawa stołowa	69 000
	Pozostała zastawa	4 000
	Elementy dekoracyjne	około 500
Luksemburg	Zastawa stołowa łącznie	5 370
Holandia	Zastawa stołowa	5 500
	(wyroby fajansowe, porcelanowe, szklona zastawa hotelowa, elementy dekoracyjne)	250
Portugalia	Zastawa stołowa i elementy dekoracyjne łącznie	90 000
Wielka Brytania (2001)	Zastawa stołowa i elementy dekoracyjne łącznie	86 000

Tabela 1.8: Produkcja zastawy stołowej i elementów dekoracyjnych

1.5.7 Ceramika sanitarna

Wyroby ceramiczne wykorzystywane do celów sanitarnych znane są pod wspólną nazwą jako ceramika sanitarna. Typowe wyroby ceramiki sanitarnej to muszle klozetowe, bidety, umywalki, spłuczki oraz krany do picia. Produkty te zwykle wykonane są z nieporowatej ceramiki (pół-porcelanowe) lub z fajansu.

Łączna produkcja jest niewielka w porównaniu z największymi sektorami produkcji wyrobów ceramicznych, na przykład ceglami lub produktami ogniotrwałymi, por. Tabela 1.1. Ceramika sanitarna wykazuje zupełnie różny stosunek wartości do wagi, niż cegły lub produkty ogniotrwałe.

Produkcja ceramiki sanitarnej przebiega zgodnie z procesem podobnym do tych stosowanych w przypadku innych wyrobów ceramicznych. Surowce są mieszane z wodą, by utworzyć masę zarobową o wymaganych właściwościach. Masa zarobowa jest następnie przechowywana w zbiornikach i wykorzystywana do odlewów w osobnych formach lub w ciśnieniowych maszynach odlewniczych. Wyroby są produkowane bezpośrednio przez ciśnieniowe maszyny odlewnicze lub wyciągane z form stosowanych w procesie formowania masy zarobowej. Produkty następnie muszą zostać wysuszone zanim będą mogły być przetwarzane dalej lub transportowane.

Glazura jest nakładana bezpośrednio na powierzchnię gliny i wypalana w temperaturze odpowiedniej dla konkretnego wyrobu; zwykle od 1200 - 1210°C dla ceramiki nieporowatej i około 1220°C dla gliny ogniotrwałej.

Natryskiwanie glazury nadaje kolor i wyrazistość korpusowi, na który jest nakładana. Kolor lub kombinacja odpowiednich kolorów są osiągnięte dzięki zastosowaniu pigmentów łącznie z glazurą. Większość pigmentów to tlenki metali. Ilości używanych pigmentów są minimalne w porównaniu do wagi surowców (głina) i innych składników.

Gotowe wyroby są przekazywane do magazynów lub składów w celu wyboru, wysyłki i dystrybucji.

1.5.8 Ceramika techniczna

Europejscy producenci ceramiki technicznej produkują różnorodne produkty, które przynajmniej częściowo wytwarzane są z gliny, ale także z syntetycznych surowców. Podobnie jak w innych sektorach ceramicznych, surowiec w procesie wypalany jest w piecach, przy użyciu gazu ziemnego, ale także energii elektrycznej (2003: około 2/3 gaz i 1/3 elektryczność).

Ceramika techniczna jest wykorzystywana w wielu sektorach i obejmuje produkty takie jak izolacje, ale ma też nowe zastosowania. Sektor ten dostarcza wyrobów dla przemysłu motoryzacyjnego i lotniczego (części silników, nośniki katalizatorów), elektronicznego (kondensatory, piezoelektryki), produkty biomedyczne (wymiana kości), ochrona środowiska (filtry) i wiele innych.

Ważni producenci ceramiki technicznej znajdują się na terenie Niemiec, Wielkiej Brytanii, Francji i Holandii.

Z uwagi na dużą wartość dodaną niektórych wyrobów ceramiki technicznej, niektóre części tego przemysłu nie są tak energochłonne w relacji do obrotu, jak inne sektory. Relatywnie do masy, zużycie energii jest porównywalne. Łączna sprzedaż przemysłu europejskiego wynosi około 2500 milionów EUR w 2001 roku. Ponieważ brak precyzyjnych danych na temat łącznego wolumenu produkcji, można go oszacować na około 0,15 miliona ton w 2003 roku dla całego przemysłu europejskiego [3, CERAMINE-UNIE, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005].

1.5.9 Ścierniwa nieorganiczne

Zasadniczą cechą szlifowania – jednego z najstarszych procesów produkcyjnych – jest to, że w wyniku szlifowania powstają w obrabianym przedmiocie liczne nacięcia o różnej orientacji. Materiały ściernie, które spełniają tę podstawową charakterystykę, są narzędziami szeroko rozpowszechnionymi w obróbce różnego rodzaju materiałów: nie tylko do szlifowania, ale też cięcia, polerowania, zdobienia, ostrzenia, etc. metalu, plastiku, drewna, szkła, kamieni, etc.

Zasadniczo, można dokonać rozróżnienia pomiędzy materiałami ściernymi („koła szlifierskie”) oraz materiałami ściernymi naniesionymi na podkład („papiery i serwetki ściernie”). Ponadto, istnieją luźne materiały ściernie, które nie są naniesione na żaden podkład (na przykład pasty polerujące). Niniejszy dokument omawia jedynie „nieorganiczne ścierniwa”, podtyp materiałów ściernych.

Ścierniwa nieorganiczne (lub „zeszklone koła szlifierskie” jak mawiają producenci) są narzędziem, w którym syntetyczne ścierniwa – współczesne materiały ściernie to specjalne elektrokorundy, korund

syntetyczny, węgiel krzemu, sześcienny azotek boru (CBN) lub diament, o jednolitej wielkości ziarna - zostają zmieszane z zeszlonym czynnikiem wiążącym (zwykle w stosunku wagowym dziewięć części ścierniwa do jednej części czynnika wiążącego).

Wyrób jest wypalany w temperaturze, w której korpus (na przykład szkło, glina), która stanowi czynnik wiążący, zostaje zeszlony i, po schłodzeniu, łączy ziarna ścierające [14, UBA, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

2. PROCESY I TECHNIKI STOSOWANE DO PRODUKCJI WYROBÓW CERAMICZNYCH

2.1 Surowce

Przemysł ceramiczny, aby sprostać różnorodności wyrobów, wykorzystuje bardzo zróżnicowane materiały. Stosowane są zarówno materiały naturalne, jak i syntetyczne, wiele z nich produkowanych jest w Europie, ale niektóre są importowane. Potrzeby sektorowe są zróżnicowane, a szczegółowe informacje na temat surowców zostały wyszczególnione w rozdziałach dotyczących poszczególnych sektorów.

Receptura (lub czerepy) ceramiki glinianej może składać się z jednego rodzaju gliny lub z różnych glin zmieszanych z mineralnymi modyfikatorami, tak zwanymi „nie plastycznymi”, takimi jak sproszkowany kwarc i skaień.

Powszechne minerały ilaste („gliny plastyczne”) to uwodnione krzemiany glinu, które powstają w wyniku wietrzenia skał, a w większości struktur minerałów ilastych występują dwa podstawowe elementy strukturalne. Jednym z nich są „błony krzemionkowe” utworzone z tetraedrów składających się z Si^{4+} otoczonego czterema jonami tlenu. Druga jednostka strukturalna to „wodorotlenek glinu lub błona gibbsytowa”, składająca się z jonu Al^{3+} otoczonego sześcioma grupami hydroksylowymi. Te ośmiościenne błony kondensują się z błonami krzemionkowymi tworząc minerały ilaste.

Istnieje szereg rodzajów minerałów określanych jako minerały ilaste, ale do najważniejszych należą „kaolinit”, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, „montmorylonit”, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ oraz „haloizyt”, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ [8, Ullmann's, 2001], [11, Shreve, 1945].

Zaawansowane produkty ceramiczne, zawierające jedynie niewielką frakcję gliny lub nie zawierające gliny, zawierają następujące materiały: tlenki, węgliki, azotki i borki następujących pierwiastków: Al, Mg, Mn, Ni, Si, Ti, W, Zr, a także innych jonów metali. Typowe przykłady to Al_2O_3 (ikorund), MgO (peryklaz lub palony magnezyt), SiC (węglik krzemu), TiN (azotek tytanu) i WB_2 (borek wolframu) [8, Ullmann's, 2001].

Glina lub materiały ilonośne (glinki osadowe, iły łupkowe, gliny ilaste, margiel) są zwykle wykorzystywane do produkcji cegieł, dachówek i rur kamionkowych. Dodatki organiczne (trociny, papierowe czynniki wiążące, polistyren) lub nieorganiczne czynniki pomocnicze, takie jak ziemia diatomitowa lub perlitowa mogą być dodawane, by uzyskać większe pory. W przemyśle produkującym cegły elewacyjne oraz dachówki, dodawane mogą być tlenki metali, takie jak MnO_2 , TiO_2 , Fe_2O_3 , chromity oraz minerały takie jak CaCO_3 , CaMgCO_3 , by otrzymać właściwy kolor i/lub zwiększyć porowatość gotowego wyrobu. BaCO_3 może być dodawany do zmniejszenia wykwitów. Dodatki takie są stosowane bezpośrednio przed procesem kształtowania lub na etapie przygotowywania surowców, zarówno w formie stałej, jak i płynnej.

Wyroby ognioodporne składają się z gliny, szamotu (kalcynowana lub kruszona surowa glina plastyczna) lub różnego rodzaju skał naturalnych, takich jak kwarcyt, dolomit, boksyt i magnezyt, ale także wymienionych powyżej materiałów syntetycznych, jak na przykład spieczony korund, węglik krzemu lub spinele. Aby wytworzyć masy ściśliwe, do zmielonych surowców dodaje się czynniki wiążące i kruszywa.

Przemysł produkujący keramzyt stosuje glinę o specyficznej rozszerzalności. Dodatki (np. topniki, czynniki wspomagające rozszerzanie i środki antyadhezyjne) są stosowane, by zwiększyć rozszerzanie [26, UBA, 2005].

Wyroby produkowane w przemyśle wyrabiającym płytki ścienne i podłogowe, ceramikę domową oraz ceramikę sanitarną zwykle składają się z krzemianów glinu oraz minerałów ilastych służących jako surowce plastyczne. Jednak ceramika techniczna oraz ścierniwa nieorganiczne często zawierają jedynie niewielką ilość gliny lub w przypadku ceramiki technicznej nie zawierają ich wcale i, w związku z tym, zawierają wymienione powyżej borki, węgliki, tlenki i azotki metali.

Kwarc, skaień, a niekiedy także kreda, dolomit, wollastonit i steatyt są wykorzystywane jako filtry i materiały wypełniające. Różne wyroby ceramiczne są glazurowane lub angobowane na widocznych częściach lub na całości powierzchni, za pomocą fryty glazurowej lub zawiesiny angobowej.

Oprócz powyżej wymienionych surowców oraz czynników pomocniczych, dodatkowe czynniki pomocnicze, czynniki wspomagające wypalanie, paliwa oraz czynniki sorpcyjne są niezbędne w procesie produkcji ceramiki. Organiczne smary oraz czynniki wiążące są stosowane jako czynniki dodatkowe w procesie nadawania kształtu. Czynniki wspomagające wypalanie składają się z kapsuł ogniotrwałych wielokrotnego użytku, płyt oraz kłonic. Czynniki sorpcyjne, takie jak węglan wapnia, wodorotlenek wapnia i kreda są wykorzystywane w procesie oczyszczania spalin.

2.2 Ogólny opis procesu produkcyjnego

Produkcja wyrobów ceramicznych odbywa się w różnego typu piecach, z wykorzystaniem różnych surowców, a same wyroby przybierają różne kształty, rozmiary i kolory. Mimo to zasadniczy proces produkcyjny jest dość jednorodny, z wyjątkiem produkcji płytek ściennych i podłogowych, zastawy stołowej i elementów dekoracyjnych (ceramika domowa), ceramiki sanitarnej, a także ceramiki technicznej. Często stosuje się wieloetapowy proces wypalania.

Zasadniczo, surowce są mieszane i odlewane, wciskane lub wtlaczane do formy. Woda jest często stosowana do skutecznego mieszania i nadawania kształtu. Woda ta następnie jest odparowywana w suszarkach, a produkty są ręcznie umieszczone w piecu (w szczególności w przypadku pieców działających okresowo) lub umieszczone na wózkach, które są przesuwane wewnątrz stale działających pieców. W większości przypadków, piece opalane są gazem, ale stosuje się także gazem płynnym, olejem opałowym, węglem, koksem naftowym, biogazem/biomasą lub energią elektryczną.

Nieodwracalna struktura ceramiki wyrobów osiągnana jest podczas procesu wypalania w piecu. To wymaga bardzo dokładnego gradientu temperatury podczas wypalania, by zagwarantować, że wyroby otrzymują właściwą obróbkę. Następnie konieczne jest kontrolowane schładzanie, tak, by wyroby oddawały ciepło stopniowo, a struktura ceramiki została zachowana. Następnie produkty są pakowane i przechowywane przed wysyłką.

W sekcjach 2.2.1 – 2.2.13 objaśnione zostały najważniejsze elementy zakładów produkcji wyrobów ceramicznych, a także podstawowe etapy i różnice procesu produkcyjnego [1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [5, InfoMil, 2003], [6, Timellini, 2004], [7, Dodd, 1994], [8, Ullmann's, 2001], [10, Navarro, 1998], [13, SYKE, 2004], [14, UBA, 2004], [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [26, UBA, 2005], [28, Schorcht, 2005], [29, IMA-Europe, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005], [32, TWG Ceramics, 2006].

Standardowe warunki pomiaru natężenia przepływu i stężenia znajdują się poniżej, a także w słowniku:

m ³ /h	Natężenie przepływu: o ile w dokumencie nie stwierdzono inaczej, natężenie przepływu odnosi się do 18% tlenu i stanu normalnego
mg/m ³	Stężenie: o ile w dokumencie nie stwierdzono inaczej, stężenie gazowych substancji lub mieszanin substancji odnoszą się do suchych spalin w 18% tlenie i w stanie normalnym, natomiast stężenie benzenu odnosi się do 15% tlenu i stanu normalnego.
stan normalny	Odnosi się do temperatury 273 K i ciśnienia 1013hPa.

2.2.1 Przechowywanie i transport surowców

Wydobywanie gliny, kaolinu, materiałów ilastych, skalenia, kwarcu oraz większości pozostałych stosowanych surowców zwykle odbywa się w kopalniach lub kamieniołomach, a w niektórych przypadkach glina jest czasem pozyskiwana przy brzegach rzek w pobliżu zakładów produkcyjnych (na przykład w Holandii). Transport do zakładów produkcyjnych odbywa się przeważnie ciężarówkami, ale także koleją lub, gdy kopalnia albo kamieniołom znajduje się blisko zakładu produkcyjnego, możliwe jest zastosowanie przenośniki taśmowe.

W zależności od właściwości oraz stopnia przetworzenia, surowce są przechowywane w otwartych składowiskach, magazynach podzielonych na sektory, dużych dozownikach, silosach mieszających, silosach starzeniowych, kwaśnych silosach lub w suchych silosach. Silosy są wyposażone we wskaźniki poziomu, zawory przeciążeniowe oraz filtry i jednostki odpowietrzające, które usuwają zapyłone powietrze. Niektóre materiały są także dostarczane w formie płynu lub zawiesiny, a w związku z tym są przechowywane w cysternach lub innych pojemnikach.

Wyposażenie transportowe na terenie zakładu dobierane jest zgodnie z właściwościami transportowanego materiału, takimi jak wielkość ziarna, odporność na ścieranie, płynność, temperatura, tempo przepływu oraz dostępna przestrzeń. Materiały przenoszone są za pomocą kopalnianych dźwigów, na przykład przenośnika kubelkowego, przenośników łańcuchowych, przenośników ślimakowych, przenośników pneumatycznych i pochylni. Gęstwa odlewnicza częściowo wpompowywana jest przez rurociągi.

2.2.2 Przygotowanie surowców

Wstępna redukcja wielkości i homogenizacja surowców jest zwykle otrzymywana jeszcze w kopalni, jednak, aby spełnić rygorystyczne wymagania techniczne współczesnych wyrobów ceramicznych, niezbędna jest dalsza obróbka. Stosowany jest jeden lub więcej procesów opisanych w sekcjach 2.2.2.1 – 2.2.2.10, choć niekoniecznie w tej samej kolejności.

2.2.2.1 Wstępne suszenie

Niekiedy, niektóre surowce muszą zostać wstępnie osuszone, na przykład piasek może być suszony za pomocą technologii złoża fluidalnego, można także zastosować suszarki obrotowe. Często oczyszczone surowce ceramiczne są kupowane od wyspecjalizowanych dostawców – zwykle już w stanie suchym.

2.2.2.2 Wstępne mieszanie

Mieszanie gliny może rozpoczynać się już w kopalni, na przykład poprzez selektywne kopanie lub układanie materiału w nachodzących na siebie poziomych warstwach, a następnie wybieranie ich w pionie, by dostarczyć dostawę do zakładu produkcyjnego.

2.2.2.3 Wietrzenie/zakwaszanie

W zakładach produkujących gliniane cegły i dachówki konieczne jest przechowywanie dużych ilości gliny i surowców mineralnych, a początkowe przechowywanie często odbywa się na otwartym powietrzu. W niektórych przypadkach – szczególnie w obróbce miękkiego szlamu – przechowywanie przez kilka miesięcy zwiększa plastyczność gliny. Proces ten znany jest jako „zakwaszanie” a wietrzenie jest najskuteczniejsze w okresie zimowym.

2.2.2.4 Wstępne i wtórne kruszenie, mieszanie i przesiewanie

Zgrubne wstępne kruszenie względnie suchej/kruczej gliny może być przeprowadzane w dużych kruszarkach szczękowo-rolkowo, zwykle zlokalizowanych w kamieniołomach lub dużych kruszarkach szczękowych. Wielkość materiałów bardzo twardych (często wykorzystywane do produkcji materiałów ogniotrwałych) także jest redukowana przy pomocy kruszarek stożkowych lub szczękowych, które wciskają bryły minerałów pomiędzy stałe i ruchome twarde powierzchnie.

Młyny młotowe osiągają redukcję wielkości za pomocą sił uderzenia – fragmenty surowca wrzucone do młyna zostają zmiażdżone uderzeniami szybko obracających się młotów.

Gniotowniki krążnikowe (np. mokre lub suche młyny misowe) są odpowiednie do redukcji wielkości cząstek większości surowców plastycznych. Misy o perforowanych płytach gwarantują, że cząsteczki będą miały określoną wielkość maksymalną, a mokre misy mają dodatkowo funkcję hartowania gliny za pomocą wody.

Walce kruszące są często stosowane w ciężkim przemyśle glinianym, aby dezintegrować, spłaszczyć i dokonywać homogenizacji cząstek gliny. Pary równoległych, gładkich wałów z twardej stali przesuwają się przeciwnych kierunkach, by surowiec, wrzucany pomiędzy walce, został poddany miażdżeniu, rozdzielaniu i spłaszczaniu. Kontrola wielkości uzyskiwana jest za pomocą ustawiania odstępów pomiędzy rolkami.

Rozdrabniacze do gliny (a także młyny rolkowe) są użyteczne w przypadku surowców plastycznych i składają się z obrotowego bębna szczelinowego wyposażonego w noże tnące. Bryły gliny są włączane poprzez wloty w postaci wiórów.

Kruszarki wirnikowe posiadają dwa rotory poruszające przykręcone impaktory lub „trzewiki”. Obracają się w swoją stronę i skutkują stałym obracaniem, mieszaniem i dezintegracją dodawanego materiału.

2.2.2.5 Suche lub mokre mielenie (rozcieranie)

Proces rozdrabniania opisany powyżej zwykle pozwala uzyskać cząsteczki o wielkości 2 mm lub większe. Dalsza redukcja wielkości jest konieczna dla wielu ceramicznych zastosowań, takich jak płytki podłogowe, produkty ogniotrwałe lub zastawa stołowa. Suche lub mokre młyny rolkowe są stosowane, by uzyskać cząstki o średnicy około 1 mm. Składają się one z obrotowych pionowych rolek ułożonych w formie zewnętrznego pierścienia, a między pierścieniem a rolkami oddziałują siły, na przykład siła odśrodkowa. Surowce z pierwszego kruszenia jest wprowadzany do młyna wraz z wodą lub bez, i poddawane obróbce aż do uzyskania wymaganej wielkości ziarna. Możliwe uzyskanie jeszcze drobniejszego materiału dzięki zastosowaniu stałego mielenia lub mielenia w młynach kulowych (w których duże ceramiczne kule turlają się w poziomo zamontowanych bębnach).

Młyny kulowe są standardowym wyborem w przemyśle produkującym ceramiczne płytki podłogowe i ścienne, a używane na mokro pozwalają uzyskać pył o wielkości ziarna poniżej dwóch mikronów.

2.2.2.6 Suchy przesiew/klasyfikacja powietrzna

Aby zoptymalizować konkretne właściwości ceramiki (np. gęstość), niekiedy konieczne jest zmieszanie materiału o odpowiedniej wielkości ziarna. Suchy przesiew zwykle opiera się na wibrujących, podgrzewanych elektrycznie sitach, zapobiegających nabudowywaniu się materiału i zapychaniu.

Klasyfikacja powietrzna wykorzystująca cyklony separujące może być także stosowana do kontrolowania wielkości suchych proszków. W obu przypadkach, zbyt duży materiał zwykle jest zwracany do młyna.

2.2.2.7 Suszenie rozpyłowe

Proces ten jest powszechnie stosowany w przemyśle produkującym płytki ścienne i podłogowe, a także sektorach wytwarzających zastawę stołową, ceramikę techniczną i produkty ogniotrwałe. Wodna zawiesina surowców pochodząca z mokrych młynów kulowych (zawartość suchej masy ~60 do 70%) jest wtryskiwana pod ciśnieniem, by wytworzyć drobne krople poddawane działaniu strumienia gorącego powietrza. Suszenie kropelek daje bardzo jednorodne, w przybliżeniu okrągłe puste granulki (zwykle o zawartości wilgoci 5,5 do 7%). Taka postać proszku ma wysoką płynność, co ułatwia odpowiednie napełnianie tłoczni ciśnieniowej i następnie wytlaczanie dość dużych pojedynczych płytek. Obecnie, niektóre firmy specjalizują się w przygotowaniu suszonego rozpyłowo proszku. Dostarczają one prefabrykowany materiał bezpośrednio do zakładów przemysłu ceramicznego, gdzie odbywa się dalsza obróbka.

2.2.2.8 Kalcynowanie

Niektóre surowce zostają wstępnie wypalone, zwykle w piecach obrotowych, tunelowych lub szybowych, by poprawić ich właściwości. Na przykład, niektóre tlenki (np. dolomit, magnezyt) muszą zostać wypalone w wysokiej temperaturze, niekiedy przekraczającej 1800°C, by nadać im właściwości odpowiednie dla materiałów ogniotrwałych. Kalcynowanie gliny (np. kaolin) zmniejsza kurczliwość plastyczną czerepów, do których są dodawane, zwiększając kontrolę nad wielkością wyrobów i przyspiesza cykle wypalania. Obecnie, niektóre formy specjalizują się w przygotowaniu kalcynowanych surowców. Dostarczają one prefabrykowane materiały bezpośrednio do zakładów wyrabiających ceramikę, gdzie zostają one poddane dalszej obróbce.

Niniejszy dokument dotyczy procesów kalcynowania surowców, ale użyteczne informacje na temat „wypalanych tlenków” oraz „kalcynowanego szamotu, pigmentów oraz wypełniaczy” znajdują się w dokumencie BREF dotyczącym cementu i wapnia – gdzie opisany został proces kalcynowania dolomitu; w dokumencie BREF dotyczącym gospodarki odpadami z kopalni oraz odpadami skalnymi w działalności górniczej – w którym opisano przetwarzanie kaolinu; w dokumencie BREF dotyczącym produkcji chemikaliów nieorganicznych specjalnego przeznaczenia (stałych i innych) – w którym opisany został proces produkcji nieorganicznych pigmentów specjalnego przeznaczenia.

2.2.2.9 Materiały syntetyczne

Należy zauważyć, że niektóre materiały syntetyczne, takie jak węgiel krzemu mogą być produkowane przez wyspecjalizowanych dostawców, niemniej jednak mogą nadal wymagać poddania ich procesowi rozdrabniania.

2.2.2.10 Fryty i glazury, przygotowanie glazury

Podczas glazurowania ceramicznych płytek ściennych i podłogowych wykorzystywane są surowce szkliste (fryty). Fryty to zeszlone, nierozpuszczalne w wodzie związki, przygotowane z materiałów krystalicznych poprzez stapanie ich w wysokiej temperaturze (1500°C), po której następuje szybkie schładzanie. Fryty są dostarczane do sektora ceramicznego przez producentów fryt (więcej informacji na ten temat można znaleźć w dokumencie BREF w przemyśle szklanym).

Oprócz fryt, do głównych składników glazury należy krzem (szklotwórczy), a także dodatki działające jak topniki (alkalia, ziemie alkaliczne, bor, ołów, etc.), środki matujące (cyrkon, tytan, etc.) oraz barwniki (żelazo, chrom, kobalt, mangan, etc.).

W procesie przygotowywania glazury, fryty oraz dodatki są zwykle mielone w pracujących z przerwami młynach kulowych aż do uzyskania odrzutu. Glazura przechodzi przez wibrujące sita. Następnie dopasowywane są właściwości wodnej zawiesiny. Charakterystyka zawiesiny zależy od zastosowanej metody nakładania.

Szereg różnych glazur komponowanych jest w zależności od rodzaju wyrobu, temperatury wypalania, a także zamierzonego efektu i właściwości gotowego wyrobu.

2.2.3 Mieszanie składników

2.2.3.1 Informacje ogólne

Czas mieszania, intensywność i kolejność mają istotny wpływ na własności mieszanki, a w konsekwencji końcowego wyrobu. Przygotowane surowce, w kontrolowanych proporcjach, muszą zostać zmieszane i ujednolicone, by osiągnąć wymaganą fizyko-chemiczną zgodność. W zależności od branży sektora ceramicznego, mieszanie może polegać na ciągłym wielkocząsteczkowym mieszaniu lub ostrożnym, kontrolowanym mieszaniu partii na niewielką skalę. Proporcje mogą być ustalane w oparciu o objętość (np. za pomocą podajników kontenerowych na pasach transmisyjnych) lub w oparciu o masę (np. poprzez podajniki ślimakowe połączone z pasami wagowymi).

Większość czynności związanych z formowaniem ceramiki wymaga zastosowania surowców o określonej zawartości wody lub czynników wiążących oraz niewielkim dodatkiem substancji takich jak pigmenty, środki wiążące i zapobiegające spienianiu, które muszą zostać dodane we właściwych proporcjach, a następnie równomiernie rozprowadzone w całej mieszance. W przypadku produkcji wyrobów ogniotrwałych, właściwości niektórych produktów zostają zoptymalizowane za pomocą ostrożnego mieszania różnych frakcji ziaren surowców. Dozowanie składników mieszanki dziś często odbywa się automatycznie i jest kontrolowane przez komputer mechanizmu dozownika pozwalający na szybkie wprowadzanie zmian „składu” mieszanki. W niektórych przypadkach, szczególnie przy produkcji cegieł, glina jest także mieszana z dodatkiem stałych paliw (takich jak węgiel kamienny), by skrócić czas wypalania.

2.2.3.2 Mieszalniki

Mieszarka dwuwałowa: są powszechnie stosowane w ciężkim przemyśle ceramicznym i składają się z koryta wyposażonego w dwa równoległe wałki, które obracają się do środka. Wałki wyposażone są w łopatki i noże, gwarantujące intensywne mieszanie. Łopatki przesuwają materiał w stronę wyjścia.

Mieszarki jednwałowe: zapewniają delikatniejsze mieszanie, niż mieszarki dwuwałowe, ale są użyteczne w przypadku hartowania mieszanki glinianej wodą przed wytłaczaniem. Mieszarka zwykle mieszalnikiem ślimakowych (kompresującego masę gliniastą), który kompresuje przygotowaną mieszankę gliny.

Młyny misowe (mieszarki krążnikowe): mieszanie w tego typu młynach zostało opisane w sekcji 2.2.2.4. W suchej wersji, misa obraca się a krążki (wykonane z ciężkiej stali koła zębate) mają stałe osie, podczas, gdy w mokrych misach, misa jest nieruchoma, natomiast krążki obracają się wokół pionowej osi. Możliwe jest intensywne mieszanie mieszanki gliny, wody i niektórych dodatków.

Kruszarki do gliny i młyny młotowe: zostały także opisane w sekcji 2.2.2.4 i spełniają one podwójną funkcję, zapewniając nie tylko doskonałe mieszanie, ale też rozdrobnienie.

2.2.3.3 Mieszalniki okresowe

Mieszalniki z ostrzami w kształcie litery Z (mieszalnik do ciasta): istnieje kilka rodzajów, ale wszystkie pracują w oparciu o tę samą zasadę cięcia i ugniatania. Zwykle stosowane są w przypadku surowców plastycznych, ale nadają się także do bardziej suchych proszków.

Mieszalniki bębnowe: są odpowiednie do mieszania relatywnie suchych materiałów o jednolitej wielkości. Załadowany bęben jest obracany przez odpowiedni okres czasu.

Obrotowe mieszalniki misowe: działają na takiej samej zasadzie, co duże betoniarki i najlepiej je napełniać odmierzonymi ilościami poszczególnych składników podczas obracania się misy.

Dla uzyskania jednorodnej mieszaniny stosowane są skrobaki, pługi i przegrody. Mieszalniki te mogą mieszać granulaty gliniaste z drobnym proszkiem.

Mieszalniki z obrotowym wałem (mieszarki): w tej wersji, misa jest nieruchoma a umieszczone centralnie wałki obracają się, zwykle obracając ramionami, które wyposażone są w obracające się łopatki i ostrza. Te ostatnie wymiatają dno misy okrężnymi ruchami i pozwalają na osiągnięcie efektywności mieszalników wsadowych zbliżonej do skuteczności do obrotowych mieszalników typu misowego.

Zbiorniki mieszające: są stosowane do mieszania szeregu wodnych zawiesin, smarów i roztworów wykorzystywanych w przemyśle ceramicznym. Choć rozpuszczalniki zwykle są dodawane, często niezbędne jest kontynuowanie mieszania przez cały czas, gdy smary, etc. są stosowane albo w zbiorniku mieszającym, albo w osobnym zbiorniku służącym do przechowywania.

2.2.4 Formowanie/nadawanie kształtu wyrobom

2.2.4.1 Informacje ogólne

Tradycyjne wyroby ceramiczne są zawsze kształtowane z surowców w stanie plastycznym i przez tysiąclecia praca wykonywana była ręcznie. Obecnie, pojawiło się zapotrzebowanie na jeszcze bardziej udoskonalone technicznie pod względem tolerancji rozmiaru, gęstości, wytrzymałości, trwałości oraz właściwości ogniotrwałych. W wielu przypadkach, wartości estetyczne mają także kluczowe znaczenie. Metoda formowania wyrobów może mieć kluczowy wpływ na ich końcowe właściwości a w poszczególnych sektorach przemysłu ceramicznego rozwinęły się różne techniki nadawania kształtu.

2.2.4.2 Prasowanie

2.2.4.2.1 Prasowanie mechaniczne

Metoda ta nadal jest stosowana do produkcji cegieł (np. półsuche prasowanie), a także w przypadku produktów ogniotrwałych. Kontenery są napełniane granulatem glinianym o wstępnie wyselekcjonowanej wielkości ziarna, a nacisk jest zwykle stosowany z góry i z dołu, przy czym tłoki są napędzane przez mimośród i ciężkie koła zamachowe.

2.2.4.2.1 Prasowanie hydrauliczne

Współczesne prasy hydrauliczne mogą dawać dużą siłę zagęszczania, wysoką wydajność, niezawodność oraz łatwość zmian ustawień. Wiele pras wyposażonych jest dziś w elektroniczne zespoły kontrolne, które mogą kontrolować wysokość poszczególnych elementów i automatycznie dostosowywać cykl, by zagwarantować, że będą miały jednolity rozmiar. Prasy te mogą być łatwo dostosowywane, w taki sposób, by spełniły różnorodne wymagania, w tym także złożone programy pras, takie jak te, wykorzystywane do nadawania skomplikowanych kształtów wyrobów ogniotrwałych. Prasowanie hydrauliczne jest powszechnie stosowane w przypadku nadawania kształtu płytek. W przypadku płytek ceramicznych, wilgotny proszek (o zawartości wilgoci 5 – 7%) jest wtlaczany do wąskich form, podczas, gdy gliniane dachówki zwykle są formowane poprzez wtlaczanie plastycznych kawałków o kształcie walca z wyciśniętej kolumny.

2.2.4.2.1 Prasowanie udarowe

Takie prasowanie obejmuje nadawanie kształtu z dużą energią poprzez pneumatyczno-mechaniczny nacisk poruszającego się z dużą prędkością tłoka uderzającego w proszek w formie. Technika jest wykorzystywana do produkcji specjalistycznych produktów ogniotrwałych.

2.2.4.2.1 Prasowanie frykcyjne

Mechaniczne prasy frykcyjne (skręcające) są, zasadniczo, stosowane do produkowania kształtów ogniotrwałych, choć stopniowo są zastępowane przez prasy hydrauliczne.

2.2.4.2.1 Prasowanie izostatyczne

Niektóre wyroby o wysokiej jakości wymagają jednolitego zagęszczenia, które może zostać osiągnięte dzięki zastosowaniu równego nacisku na wszystkich powierzchniach. W prasach izostatycznych gumowe lub poliuretanowe formy są wypełniane proszkiem ceramicznym i umieszczone w zbiorniku wypełnionym płynem. Następnie poddawane są działaniu wysokiego ciśnienia hydrostatycznego, a później wyroby zostają wyciągnięte z formy. Technika ta jest stosowana do produktów ogniotrwałych oraz w sektorze produkującym ceramikę techniczną, a także do produkcji płytek i zastawy stołowej.

2.2.4.3 Wytłaczanie

Wytłaczanie jest powszechnie stosowane do produkcji glinianych cegieł i bloczków, rur kamionkowych i ceramicznych płytek ściennych i podłogowych. Proces ten jest także stosowany do wytwarzania półproduktów w postaci wałków, które następnie są sprasowywane do postaci dachówek, produktów ogniotrwałych, etc. Proces wytłaczania wymaga zastosowania surowców plastycznych, co zwykle oznacza dużą zawartość gliny. Plastyczna obudowa jest hartowana to odpowiedniej konsystencji za pomocą wody, a następnie przepuszczane przez dyszę wytłaczarki – zwykle za pomocą potężnego ślimaka. Etap próżniowego odpowietrzania jest zwykle włączany przed ślimakiem, co pozwala na poprawienie spójności glinianej kolumny. Kolumna jest następnie cięta na fragmenty o odpowiedniej długości poprzez przeciskanie kolumny przez szereg gęstych pionowych przewodów.

Wytłaczanie jest odpowiednie do ciągłej produkcji na dużą skalę cegieł, rur, etc. i jest doskonale do produkowania perforowanych wyrobów, w tym także dużych i lekkich bloczków budowlanych.

2.2.4.4 Formowanie

Jest to bardzo stara metoda nadawania kształtu wyrobom ceglany – najstarsze znane cegły (niewypalane) datuje się na ponad 10 000 lat. W wielu częściach świata, systemy cegieł suszonych nadal są powszechnie stosowane. Stosowano formowanie ręczne, a drewniane formy zostały zastosowane, by zagwarantować bardziej jednolity kształt i rozmiar. Formowanie wyrobów ceglanych wymaga mniej energii niż ich prasowanie lub wytłaczanie, ale jednocześnie wymaga znacznie miększej (wilgotniejszej) mieszanki, co z kolei powoduje większą kurczliwość podczas suszenia i większe zużycie energii podczas suszenia.

Cegły z form są wykonywane w tak zwanym procesie miękkiego mułu posiadają specjalne właściwości estetyczne i teksturę, na które jest duży popyt - częściowo, by utrzymać bogate dziedzictwo architektoniczne wielu miast i regionów Europy. Ręcznie wykonywane cegły nadal są produkowane i osiągają wysokie ceny, ale wiele z produkowanych obecnie formowanych cegieł produkuje się dziś za pomocą skomplikowanych urządzeń na terenie Europy Zachodniej. Urządzenia nadal „wrzucają” porcje gliny do piaskowanych form. Formowanie wyrobów jest stosowane także w sektorze wyrobów ogniotrwałych, w celu formowania dużych wyrobów (niekiedy ważących ponad tonę). Mieszanka, która musi mieć odpowiednią lepkość zostaje wtłoczona do formy. W takim przypadku, wibracje (stosowane na formy lub bezpośrednio do mieszanki za pomocą wibrujących dysz) są stosowane do konsolidowania mieszanki i zagwarantowania całkowitego wypełnienia formy. Proces jest znany jako wibro-odlewnicze formowanie.

2.2.4.5 Odlewanie

Proces jest powszechnie stosowany do produkcji ceramiki sanitarnej, zastawy stołowej oraz elementów dekoracyjnych, a także do wyrobu specjalnych, złożonych produktów ognioodpornych oraz ceramiki technicznej. Drobnio zmielony materiał jest mieszany z wodą, by otrzymać glinę (stabilna zawiesina wodna), która jest wtłaczana do porowatej formy, tradycyjnie wykonanych z gipsu. Kanały w formie odprowadzają płyn z zawiesiny, by uformować stały odlew na wewnętrznej powierzchni formy. Grubość ścian zwiększa się stopniowo, a z czasem możliwe jest uzyskanie całkowicie stałego wyrobu (o ile koniczne), przed usunięciem go z formy. Wyroby ceramiki sanitarnej są dość duże i są albo tradycyjnie urządzeniach odlewniczych lub (bardziej bezpośrednio) w ciśnieniowych urządzeniach odlewniczych.

2.2.4.6 Topienie masy

Technika ta jest droga zarówno pod względem kosztów, jak i energii, dlatego jej stosowanie jest ograniczone do specjalistycznej ceramiki. Cegły ogniotrwałe są poddawane gwałtownym chemicznym i fizycznym atakom ze strony roztopionego żużlu, klinkieru, etc. Topienie masy obejmuje wstępne stopienie wybranych surowców i wlanie ich do form. W rezultacie powstają przedmioty o wysokiej gęstości, niskiej porowatości i bardzo silnej spójności krystalicznej o regularnej mikrostrukturze. Te własności zwiększają odporność na korozję i erozję, a także gwarantują doskonałą mechaniczną odporność na wysokie temperatury. Cechą tego procesu jest duża kurczliwość stopionych tlenków podczas krzepnięcia (rzędu około 15% objętości). Kontrolowane, powolne schładzanie jest niezbędne, by uniknąć pękania odlewów oraz by kontrolować proces krystalizacji.

2.2.5 Suszenie wyrobów ceramicznych

2.2.5.1 Informacje ogólne

Tradycyjnie, większość wyrobów glinianych była suszona w sposób naturalny poprzez pozostawienie ich na wolnym powietrzu i w temperaturze otoczenia. W wielu częściach Europy mogło to być skuteczne jedynie w okresie letnim. Proste suszarnie stosowane w przemyśle produkującym cegły oraz dachówki, umożliwiają ułożenie nachodzących na siebie rzędów wyrobów pod prostymi drewnianymi dachami chroniącymi przed deszczem.

We współczesnym przemyśle ceramicznym konieczne jest optymalizowanie procesu suszenia pod względem tempa, wydajności energetycznej i obniżania strat. Z wyjątkiem powolnych, łagodnych procesów suszenia, niezbędne jest utrzymywanie ścisłej kontroli dawek ciepła, obiegu powietrza, temperatury oraz wilgotności. Ciepło ogrzewające powietrze służące do suszenia jest obecnie dostarczane przede wszystkim przez palniki gazowe oraz z gorącego powietrza odzyskanego w strefach chłodzenia pieców. Ciepło ogrzewające powietrze suszące może także być dostarczane za pomocą kogeneracji lub innych paliw, takich jak węgiel kamienny, biomasa, biogaz lub koks naftowy.

Surowce ceramiczne różnią się między sobą wrażliwością na suszenie, ale większości z nich służy wstępne ogrzewanie w warunkach wysokiej wilgotności (bez usuwania wilgoci lub z niewielką redukcją wilgotności), po którym następuje główny etap suszenia, gdzie wyroby poddawane są działaniu cieplejszego i bardziej suchego powietrza. Ostatnie kilka procent zawartości wody najtrudniej usunąć, dlatego wymaga obróbki przy użyciu najcieplejszego i najsuchszego powietrza. Aby spełnić wymagania różnych sektorów, w których charakter oraz wielkość składników ceramicznych różnią się znacznie, opracowano różne typy suszarek.

2.2.5.2 Suszarnie gorącopodłogowe

Ta prosta metoda suszenia nie jest już powszechnie stosowana i nie nadaje się zastosowania mechanizacji lub automatyzacji. Jednak nadal jest użyteczna w przypadku łagodnego suszenia dużych i złożonych wyrobów ceramicznych, takich jak ceramika sanitarna lub niektóre produkty ogniotrwałe. W ten sposób suszone są także niektóre cegły o specjalnych kształtach. Jak wskazuje nazwa, suszenie odbywa się za pomocą ciepła doprowadzonego bezpośrednio do podstawy przedmiotów stojących na podgrzewanej podłodze oraz prądów konwekcyjnych powietrza powyżej podłogą. Boczne ruchy powietrza są minimalne, a wszystkie powierzchnie wyrobu schną w wolnym tempie, unikając nadmiernych naprężeń wyrobu w trakcie suszenia.

2.2.5.3 Suszarki komorowe (okresowe)

Składają się z szeregu komór z wąskimi drzwiami, zwykle obsługiwanych przez kolejki przenoszące wózki do suszenia. Wózki są załadowywane paletami lub skrzynkami, ustawiane pionowo w równych odstępach. Obecnie opracowany został w pełni automatyczny system przenośników ładujących stałe regały w suszarce.

Wyroby ceramiczne, takie jak cegły, bloczki, rury i przedmioty ogniotrwałe ustawiane są na regałach i załadowane wózki służące do suszenia są transportowane do komór, które po wypełnieniu zostają uszczelnione. We współczesnych zakładach wszystkie operacje przebiegają w sposób zautomatyzowany. Temperatura w komorze jest podnoszona w sposób kontrolowany albo bezpośrednio – poprzez wtłoczenie ciepłego powietrza – albo pośrednio, poprzez powierzchnie oddające ciepło. Recyrkulacja powietrza jest wykorzystywana do zwiększenia skuteczności suszenia. Transfer ciepła odbywa się przeważnie za pomocą ruchów konwekcyjnych, a także niewielkie promieniowanie ciepłego powietrza oraz nagrzaną powierzchnię. Specyficzny stosunek temperatury do wilgotności jest utrzymywany, by spełnić wymagania konkretnych wyrobów ceramicznych. Suszarki komorowe są szczególnie użyteczne w sytuacji, gdy produkowane są różne przedmioty ceramiczne, gdy czerepy mają wysoką zawartość wody, lub gdy produkcja odbywa się okresowo. Stosunkowo łatwo można także dobudować kolejną komorę w razie potrzeby.

2.2.5.4 Suszarki tunelowe (stałe)

Są to długie tunelowe struktury, przez które przepychana jest linia wózków suszących załadowanych zieloną ceramiką. Do tuneli, na ich końcu, wpompowywane jest także powietrze o wysokiej temperaturze i kierowane w stronę ich początku, przez co najmniej jeden wentylator. Powietrze poruszające się wewnątrz suszarki przenosi ciepło do produktów, a jego wilgotność zwiększa się. Wentylatory recyrkulacyjne zwykle są instalowane, zwiększając drgania i skuteczność suszenia. Długość suszarki tunelowej zależy od potrzebnej przepustowości oraz zawartości wody w materiale ceramicznym.

2.2.5.5 Pionowe suszarki „koszowe”

Pionowe suszarki są stosowane przede wszystkim w sektorze produkującym płytki ceramiczne. Płytki są ładowane do koszy składających się z szeregu podajników rolkowych. Kosze w grupach przesuwają się w głąb suszarni, gdzie zostają poddane działaniu ciepłych suszących gazów. Temperatura w tego typu suszarkach zwykle wynosi mniej niż 200°C, a cykl suszenia trwa od 35 do 50 minut.

2.2.5.6 Poziome wielopoziomowe suszarki rolkowe

Suszarki te są powszechnie stosowane podczas produkcji płytek. Poziome suszarki korzystają z tej samej zasady, co piece rolkowe. Poszczególne płytki są układane na różnych poziomach suszarki, a następnie są przenoszone w poziomie przez rolki. Palniki umieszczone na bokach suszarki wydzielają ciepłe suszące powietrze, które przepływa przez suszarkę w kierunku przeciwnym do wyrobów.

Maksymalna temperatura w tego typu suszarkach jest zwykle wyższa niż w pionowych urządzeniach (około 350°C), a cykle suszenia są krótsze i trwają od 15 do 25 minut.

2.2.5.7 Suszarki usuwające wilgoć

Takie suszarki zwykle są suszarkami okresowymi (komorowymi). Technika opiera się na utrzymywaniu poziomu wilgotności powietrza w komorze suszenia poniżej poziomu nasycenia, tak by woda odparowywała z wyrobów, bez konieczności zwiększania temperatury. Aby utrzymać ten efekt, para wodna musi być stale odprowadzana z komory, zwykle za pomocą cyrkulacji powietrza w schłodzonym kondensatorze.

Suszarki takie muszą być bardzo dokładnie uszczelnione, by zapobiec dostawianiu się do środka potencjalnie wilgotnego powietrza z zewnątrz i zwykle są wyposażone w dające się zaprogramować urządzenia kontrolujące wilgotność, by zoptymalizować proces suszenia. Skala zastosowanie takich suszarek jest ograniczona, ale są one odpowiednie do suszenia delikatnych wyrobów ceramicznych, o specjalnych kształtach, etc. Ta technika suszenia wytwarza odpady jedynie w postaci wody w stanie płynnym.

Kolejną możliwością jest wprowadzenie nasyconej pary do suszarki tunelowej. W takich tunelowych suszarkach, wilgoć z powietrza suszącego jest redukowana w różnych częściach suszarki, aby zapewnić, że proces suszenia przebiega w sposób kontrolowany.

2.2.5.8 Suszarki mikrofalowe i na podczerwień

Suszarki mikrofalowe i na podczerwień zasadniczo mogą służyć, jako alternatywa dla tradycyjnych suszarek. Więcej informacji na ten temat, szczególnie na temat mikrofal, można znaleźć w rozdziale 6 „Nowe techniki dla produkcji wyrobów ceramicznych”.

2.2.6 Obróbka powierzchniowa i dekorowanie wyrobów ceramicznych

2.2.6.1 Teksturowanie wyrobów glinianych

Powierzchnia wyrobów glinianych mogą być teksturowane ze względów funkcjonalnych, na przykład, by zapewnić antypoślizgowe wykończenie płytek podłogowych.

Z powodów estetycznych do wyrobów ceramicznych stosuje się także szereg różnych tekstur. Cegłom z miękkiego mułu nadaje się delikatne, nieregularne nachodzące na siebie wzory, gdy glina nakładana jest do form, a produkty wyrabiane ręcznie nabywają szczególnie pożądane wykończenie. Produkty wyciskane mogą mieć przecierane wzory spowodowane skrobaniem kolumny glinianej. Alternatywną techniką jest wytłaczanie nieco zbyt dużych przedmiotów, a następnie dopasowywanie ich do właściwych wymiarów za pomocą tnących przewodów.

Wyraźniejsza przecierana tekstura może niekiedy zostać uzyskana poprzez ominięcie etapu odpowietrzenia kolumny glinianej. Rolki teksturujące mogą nadać wyciśniętym produktom szereg różnych tekstur.

Wyciskane cegły często są twarde w stanie surowym i po złożeniu, podobnie jak kolumna na podajniku taśmowym, noże obrotowe są stosowane do „postarzania” lub teksturowania tych cegieł w inny sposób. Tekstura może także być nadawana za pomocą rolek, często po wcześniejszym rozpyleniu wody, by zmiękczyć powierzchnię.

2.2.6.2 Stosowane powłoki

Cegły z miękkiego mułu zostają pokryte piaskiem z wnętrza form, które są pokrywane wcześniej piaskiem, działającym jako czynniki uwalniający. Szereg różnych tekstur i wypalonych kolorów można uzyskać dobierając piasek tak, by spełnić wymagania estetyczne.

W przypadku ściskanych lub wyciskanych cegieł, bloczków lub dachówek, piasek lub inne granulowane minerały mogą być stosowane na górne i dolne powierzchnie za pomocą sprężonego powietrza wstrzykiwanego przez pistolety pneumatyczne. W wielu przypadkach do piasku dodawane są pigmenty, aby uzyskać różnorodne efekty estetyczne wykończenia.

2.2.6.3 Glazurowanie, angobowanie i inne techniki dekoracyjne

Istnieje niewielki specjalistyczny rynek glazurowanych cegieł. Glazurowanie najpowszechniejsze jest w produkcji ceramicznych płytek ściennych i podłogowych, ceramiki sanitarnej oraz zastawy stołowej, a obecnie zwiększa się także rynkowy udział glazurowanych dachówek. Angobowanie jest wykorzystywane przede wszystkim do produkcji glinianych dachówek oraz ceramicznych płytek ściennych i podłogowych.

Drobno przemielone składniki glazury – przede wszystkim, w przypadku płytek ceramicznych, fryta – są przygotowane w postaci wodnej zawiesiny. Lepkość i właściwości zawiesiny są dobierane tak, by odpowiadały metodzie nakładania, która może polegać na spryskiwaniu, polewaniu, glazurowaniu na sucho lub dekorowaniu. Podczas procesu glazurowania, sucha surowa ceramika jest – w większości wymienionych powyżej sektorów – z wyjątkiem ceramiki sanitarnej – utwardzana poprzez spiekanie na biskwit, a następnie, w zależności od składu zastosowanej glazury, pokrywana szklistą stopioną, gładką, niemal transparentną lub przydymioną powłoką.

Angobowanie zwykle jest stosowane po procesie suszenia, w niektórych przypadkach wyroby są angobowane jeszcze jako surowe lub wypalone produkty. Podczas procesu angobowania, drobno ziarniste, nieprzejrzyste lekkie lub kolorowe powłoki masy ceramicznej są rozpryskiwane na widocznych częściach lub na całości poprzez zanurzanie lub polewanie.

Druk sitowy jest jedną z technik dekoracyjnych stosowanych do płytek, ze względu na łatwość aplikacji na liniach glazurniczych. Technika obejmuje nadrukowywanie określonego wzoru przez jedno lub więcej sit drukarskich (naprężony materiał o odpowiedniej grubości oczkach). Powierzchnia sita jest maskowana, a tusz drukarski przechodzi jedynie przez otwory wzoru, który ma zostać odtworzony. Rakiel przeciska tusza przez te otwory i w ten sposób obraz drukowany jest na płytce.

Pozostałe techniki dekoracyjne to grawerowanie oraz druk flexo. W tych technikach wzór jest nakładany bezpośrednio na jedną lub więcej rolek. Tusz jest nakładany na płytkę przez te rolki, a technika ta umożliwia drukowanie na krawędziach płytek lub płytek reliefowych. Obecnie rozwija się także technika druku atramentowego. W przypadku zastawy stołowej, często stosuje się ręczne malowanie lub nakłada się kalkomanie.

2.2.7 Wypalanie

2.2.7.1 Cele wypalania

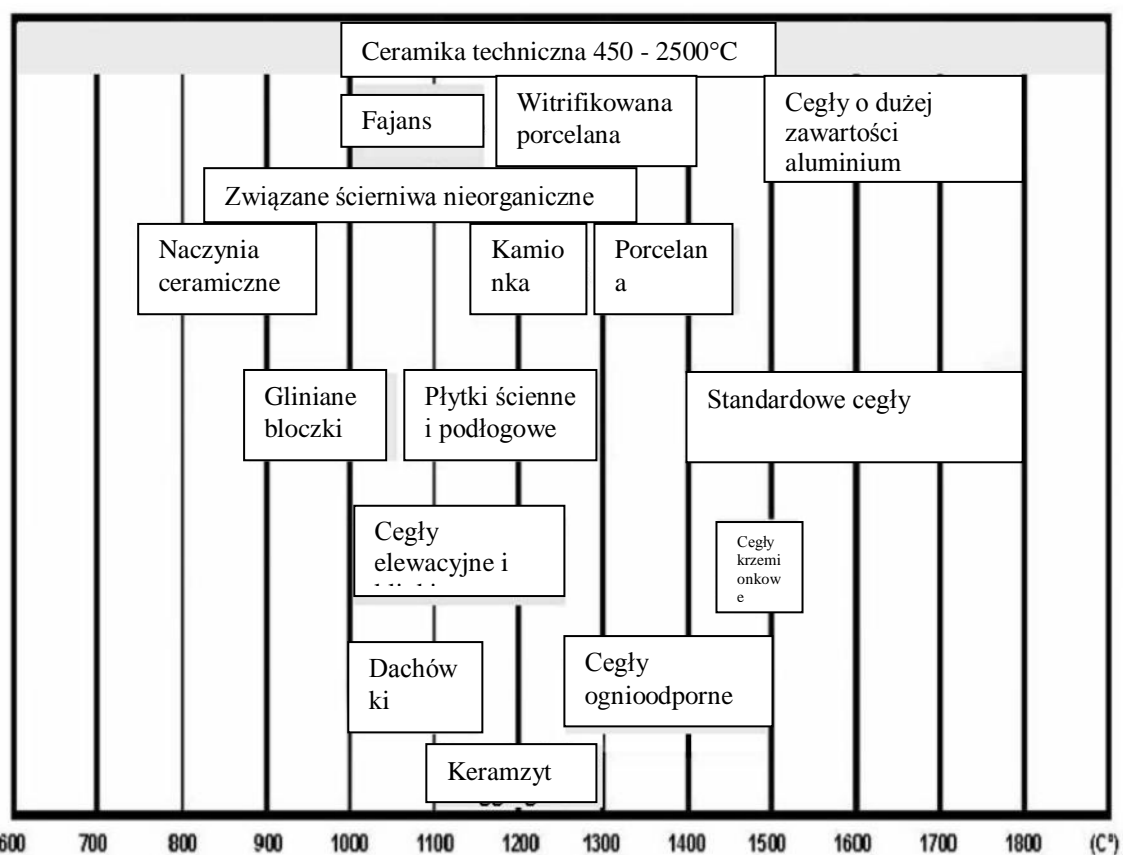
Wypalanie jest kluczowym procesem dla produkcji wyrobów ceramicznych, ponieważ kontroluje wiele istotnych właściwości gotowego produktu, takich jak mechaniczna wytrzymałość, odporność na ścieranie, stabilność wielkości, odporność na warunki pogodowe i substancje chemiczne, a także ogniotrwałość.

2.2.7.2 Fizyko-chemiczne przemiany podczas procesu wypalania

Surowce wykorzystywane w czerepach ceramicznych są zwykle złożonymi mieszkankami minerałów ilastych oraz innych składników mineralnych, takich jak kwarc, skalenie, węglany, tlenki żelaza, a niekiedy także substancje organiczne. Produkty ogniotrwałe są wytwarzane także z wielu minerałów nieilastych oraz specjalnych dodatków oraz czynników wiążących (które mogą zawierać niektóre ily). Gdy ceramika glinowa jest wypalana w piecu, usuwa się z niej pozostałości wilgoci w temperaturze od 100 do 200°C. Jeżeli obecne są substancje organiczne i piryty żelaza, utlenianie zachodzi w temperaturze od 300 do 500°C. Woda w strukturze minerałów ilastych (woda krystaliczna) uwalniana jest zwykle w temperaturze od 500 do 650°C, podczas gdy węglany, takie jak kalcyt i dolomit dysocjują wraz z uwalnianiem dwutlenku węgla w temperaturze od 750 do 950°C.

Najważniejsze przemiany, które wiążą się z rozwijaniem właściwości ceramicznych obejmują rozbicie struktury kratowej pierwotnych minerałów ilastych, a następnie formowanie nowego związku krystalicznego i faz szklistych. Temperatura, w której odbywa się witrifikacja (formowanie szkła), jest różna w zależności od mineralizacji gliny. Witrifikacja zwykle rozpoczyna się w temperaturze około 900°C i zostaje zakończona w temperaturze około 1050°C (dla cegieł glinianych) lub około 1100°C w przypadku wyrobów z gliny ogniotrwałej. Pojawiają się także roztwory cząstek stałych i spieczonych, a także zachodzą reakcje eutektyczne na powierzchni ziaren mineralnych i faz stopu.

Wyroby niegliniaste, takie jak niektóre wyroby ogniotrwałe także wykorzystują etapy spiekania, witrifikacji lub rekrytalizacji, ale w większości przypadków niezbędne jest zastosowanie znacznie wyższej temperatury, aby osiągnąć odpowiednie właściwości. Na rysunku poniżej przedstawiono zakresy temperatur dojrzewania dla różnych grup produktowych [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].



Rysunek 2.1: Zakresy przemysłowych temperatur dojrzewania dla różnych grup produktowych

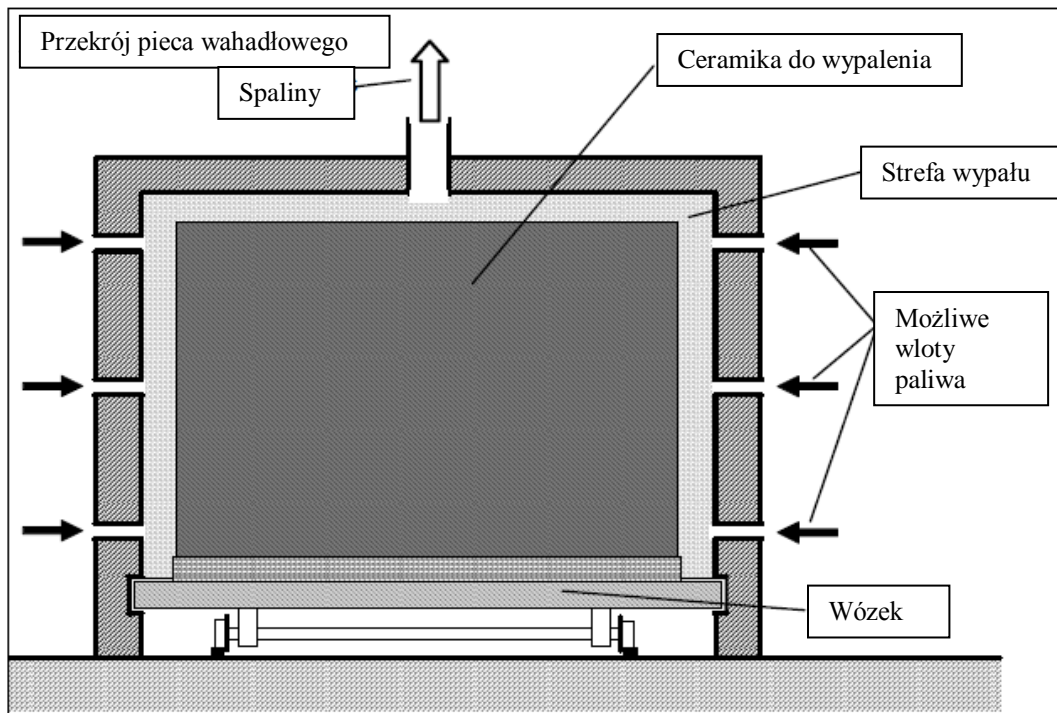
Temperatury konieczne w procesie wypalania są wytwarzane przeważnie poprzez spalanie gazu ziemnego i oleju opałowego. W niektórych przypadkach do wytwarzania ciepła stosuje się także paliwa stałe, biogaz/biomasę oraz energię elektryczną.

2.2.7.3 Cykliczne (okresowe) piece

Ta grupa obejmuje piece wahadłowe i okapowe, wyposażone w jedną komorę, które ładowane są wcześniej wysuszonymi wyrobami ceramicznymi (w piecach okapowych, okap wyposażony w jednostki grzewcze zostaje umieszczony na spodzie przez podnośnik; w piecach wahadłowych ceramika, która ma zostać wypalona jest wprowadzana do strefy wypału za pomocą wózków), uszczelniane, a następnie podlegają określonemu cyklowi wypalania. Palniki gazowe są zwykle wykorzystywane, co pozwala uzyskać dobrą kontrolę temperatury i atmosfery wewnątrz pieca (utlenianie lub redukcja).

W piecach okresowych wykorzystywana może być także energia elektryczna, na przykład do produkcji ceramiki technicznej. Specjalne rodzaje pieców przeznaczone do wypalania ceramiki technicznej to, na przykład HIP (gorące ciśnienie izostatyczne), piece wysokotemperaturowe, a także piece o ochronnej atmosferze.

Piece okresowe są zwykle stosowane do produkcji na mniejszą skalę produktów specjalistycznych, takich jak cegły o specjalnych kształtach akcesoria do rur, akcesoria do dachówek, produkty ogniotrwałe, etc. Umożliwiają elastyczną zmianę warunków, gdy często zmienia się skład czerepów ceramicznych, a te korzyści pozwalają zrównoważyć nieco niższą wydajność energetyczną. Poniższe rysunki pokazują przekrój pieca wahadłowego [4, UBA, 2001], [30, TWG Ceramics, 2005].



Rysunek 2.2: Przekrój pieca wahadłowego

2.2.7.4 Piece stałe

2.2.7.4.1 Piece komorowe (Hoffmanna)

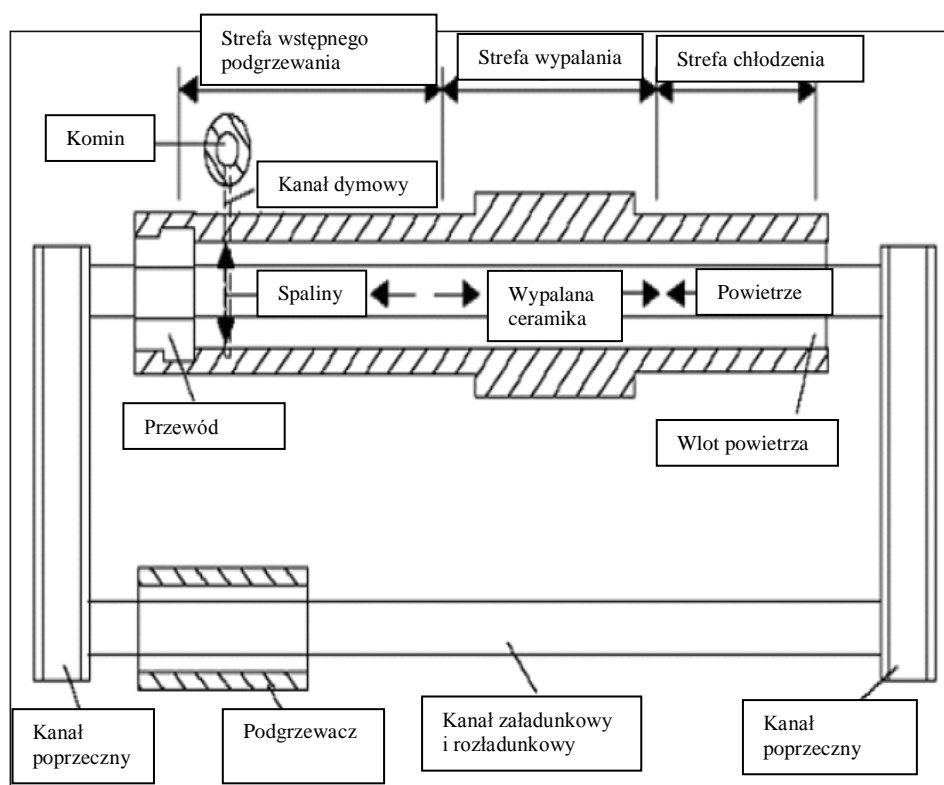
Składają się z szeregu połączonych komór, które po kolei wypełniane są suchymi produktami (np. cegłami), uszczelniane, wypalane w sposób quasi ciągły a gorące gazy są przepychane z jednej komory do kolejnej. Taki system kanałów i otworów pomiędzy komorami pozwala także na wstępne podgrzewanie produktów, schładzanie spalin, a w związku z tym skutkuje zwiększeniem wydajności termicznej oraz obniżeniem kosztów w porównaniu do pieców okresowych. Współcześnie, piece przeważnie opalane są gazem, ale niekiedy wykorzystuje się także zasilanie węglem kamiennym lub ropą naftową. Przeważnie techniki te są wykorzystywane do produkcji specjalistycznych produktów, na przykład specjalnych kolorowych cegieł.

2.2.7.4.2 Piece tunelowe

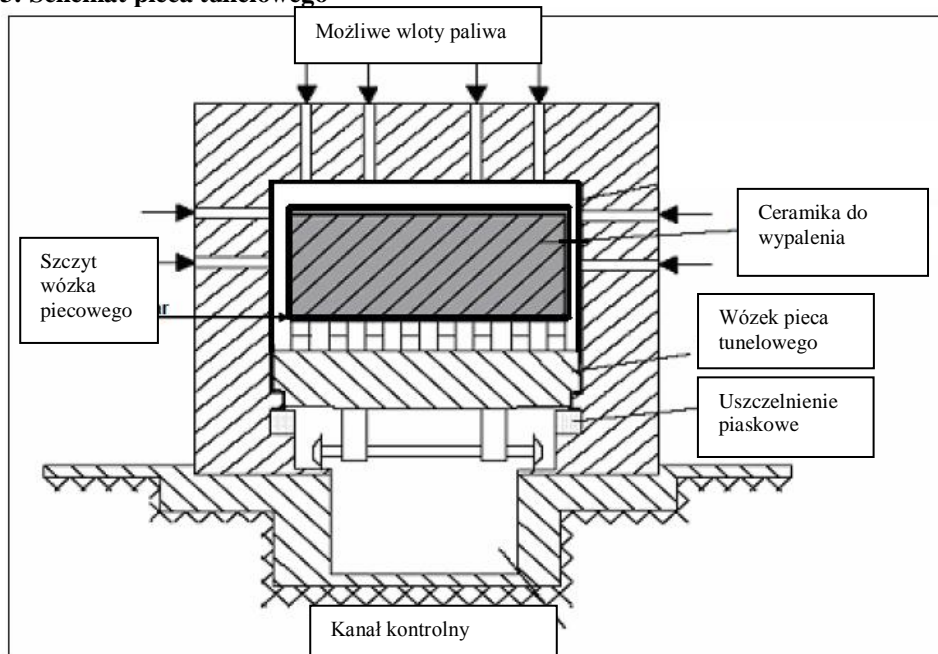
Są to ogniotrwałe tunele obsługiwane przez poruszające się po szynkach wózki przenoszące. Posiadają one ogniotrwałe pokłady, na których, w określony sposób, ustawiane są osuszone produkty. Wózki są przepychane przez piec w określonych odstępach czasu, przeciwnie do przepływu powietrza wpompowywanego przez wentylator (wentylatory) do kanału wydechowego w pobliżu miejsca, w którym wózki wprowadzane są do pieca. Obecnie, większość pieców tunelowych opalanych jest gazem, a maksymalna temperatura wypalania osiągnięta jest w pobliżu środka pieca. Wprowadzane produkty są wstępnie podgrzewane przez gorące gazy ze strefy wypału, podczas gdy wchodzące powietrze schładza wypalane produkty i samo zostaje podgrzane, by mogło zostać wykorzystane w procesie spalania. Powietrze ze strefy chłodzenia zwykle jest doprowadzane do sąsiednich suszarek, dając znaczne oszczędności paliwa.

Komora wypalania oraz wózki są zwykle uszczelniane za pomocą piasku przed dostępem wtórnego powietrza. Konstrukcje najnowszych pieców uszczelniane są wodą lub za pomocą innych mechanicznych rozwiązań. Celem tych procesów jest ograniczenie czasu wypalania oraz zużycia energii poprzez zapewnienie wypału w szczelnej komorze.

Rysunki 2.3 oraz 2.4 prezentują schematyczny układ oraz przekrój pieca tunelowego [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].



Rysunek 2.3: Schemat pieca tunelowego

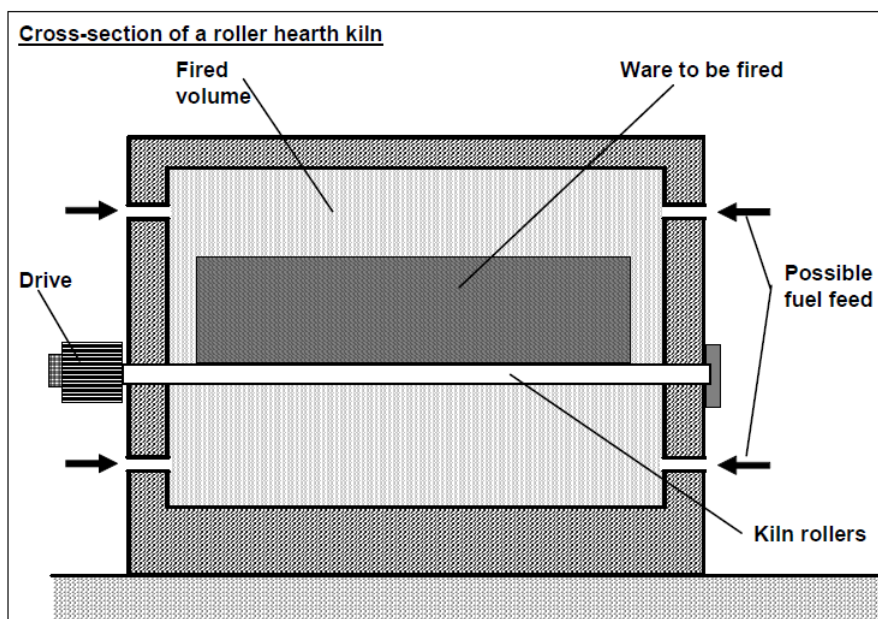


Rysunek 2.4: Przekrój pieca tunelowego z wózkiem

2.2.7.4.3 Piece rołkowe

Obecnie, do wypału płytek ściennych i podłogowych niemal wyłącznie używane są jednopokładowe piece rołkowe, a czas wypalania został ograniczony do mniej niż 40 minut. Płytki są przenoszone na rołkach a temperatura niezbędna do wypalania jest zapewniana przez palniki opalane gazem ziemnym rozmieszczone po bokach pieca. Główny mechanizm przenoszenia ciepła to konwekcja i promieniowanie, a ponieważ piece nie są wyściełane, współczynniki oddawania ciepła są wyższe, co skraca cykl wypalania oraz zmniejsza zużycie energii. Piece rołkowe są także niekiedy stosowane do produkcji glinianych dachówek,

mur kamionkowych, ceramiki sanitarnej oraz zastawy stołowej. Poniższy rysunek prezentuje przekrój pieca rolkowego [4, UBA, 2001], [30, TWG Ceramics, 2005]



Rysunek 2.5: Przekrój pieca rolkowego

2.2.7.4.4 Piece przesuwowe

Piece te także służą do szybkiego wypalania i działają na podobnej zasadzie, jak piece rolkowe. Jednak w tym przypadku, ceramika umieszczana jest na ogniotrwałych „wózkach”, które przesuwa się na wózkach poruszających się w koleinach na zewnątrz pieca właściwego. Piece te mogą przyjmować ceramikę o bardziej nieregularnych kształtach i rozmiarach, podczas gdy piece rolkowe mogą wypalać jedynie przedmioty o regularnych kształtach.

2.2.7.5 Wypalanie kopcowe

Ograniczona ilość tradycyjnych cegieł kominowych nadal produkowana jest poprzez wypalanie kopcowe. Suche cegły zawierające dodatek paliwa stałego (np. drobny koks) są układane, na podstawie z wypalonych cegieł, w duże, gęste prostokątne struktury nazywane kopcami. Spaliny pozostają w warstwach dolnych, wraz z warstwami żużlu ułatwiający rozpalenie. Ostatecznie kopiec okładany jest wypalonymi cegłami, nachylając ściany zewnętrzne dla zapewnienia stabilności.

Po rozpaleniu, ogień powoli rozprzestrzenia się poprzez spalanie paliwa w cegłach. Wypalanie kopca trwa kilka tygodni, podczas których następuje także chłodzenie, a następnie kopiec jest rozbierany ręcznie, a cegły zostają posortowane według określonych kategorii.

2.2.7.6 Piece obrotowe

Piece obrotowe mają kształt długich cylindrów, zwykle nachylonych i powoli obracają się wokół własnej osi. Piece te są opalane przez palnik ustawiony na osi pieca w jego dolnej części. Piece obrotowe są wykorzystywane do produkcji keramzytów.

Piece obrotowe mogą być także wykorzystywane do kalcynowania gliny ogniotrwałej oraz do wypalania dolomitu lub magnezytu. Niniejszy dokument nie omawia takich procesów kalcynowania surowców, ale użyteczne informacje na temat „wypalania tlenków” oraz „kalcynowanego szamotu, pigmentów oraz wypełniaczy” można znaleźć w dokumencie BREF poświęconym przemysłowi cementowo-wapienniczemu – gdzie opisano proces kalcynowania dolomitu, w dokumencie BREF dotyczącym gospodarki odpadami z kopalni oraz odpadami skalnymi w działalności górniczej, w którym opisano przetwarzanie kaolinu, w dokumencie BREF dotyczących wielkotonażowej produkcji chemikaliów nieorganicznych (o stanie skupienia stałym i innym), gdzie opisano produkcję tlenku magnezu oraz w dokumencie BREF dotyczącym produkcji chemikaliów nieorganicznych specjalnego przeznaczenia (stałych i innych), w którym opisano proces produkcji nieorganicznych pigmentów specjalnego przeznaczenia.

2.2.7.7 Złoża fluidalne

Złoża fluidalne to złoża cząstek stałych utrzymywanych w zawieszeniu w gazie, a w związku z zachowujących się bardziej jak płyn. Proszek, który ma zostać podany fluidyzacji jest umieszczany na porowatej strukturze, np. nieckowatym specjalnym materiale ceramicznym, poprzez który gaz (zwykle powietrze) jest wprowadzany od dołu pod ciśnieniem. Zasada ta jest wykorzystywana, jako metoda przenoszenia proszków wzdłuż lekko pochylonej ceramicznej niecki. Proszek może być jednocześnie suszony i/lub kalcynowany.

2.2.7.8 Schładzanie, odzyskiwanie ciepła

Jeżeli to możliwe, schładzanie wypalanej ceramiki jest przyspieszane poprzez wymuszanie obiegu powietrza przez przedmioty, zaraz za strefą wypału. To powoduje powstawanie znacznych ilości czystego, gorącego powietrza, którego znaczna część jest wyprowadzana z pieca wentylatorami i wykorzystywana do suszenia. Taka metoda odzyskiwania ciepła jest szczególnie skuteczna w piecach tunelowych.

2.2.8 Obróbka końcowa (wykańczanie wyrobów)

2.2.8.1 Obróbka (szlifowanie, wiercenie, cięcie)

Czynności związane z obróbką mogą okazać się niezbędne w przypadku produkcji wyrobów ceramicznych, których ostateczny kształt lub wymiary nie mogą zostać osiągnięte podczas pierwotnej obróbki ze względów technicznych lub nie jest możliwe osiągnięcie odpowiedniej dokładnością (zwłaszcza w przypadku większych kształtów lub bloków).

2.2.8.1.1 Szlifowanie na mokro

Szlifowanie na mokro jest stosowane do wykończeń wyrobów o bardzo niewielkiej tolerancji wymiarów. Szlifowanie jest procesem periodycznym, w trakcie którego szereg fragmentów zostaje umieszczone na stole obracającym się pod diamentową głowicą szlifującą. Niekiedy za pomocą szlifowanie na mokro wygładzane są powierzchnie kładzenia cegieł lub pustaków, aby ułatwić wiązanie ich za pomocą cienkiej warstwy „kleju”.

2.2.8.1.2 Szlifowanie na sucho

Szlifowanie na sucho powierzchnie kładzenia glinianych pustaków za pomocą systemów wykorzystujących diamentowe tarcze szlifierskie traktowane jest jako dodatkowa obróbka ułatwiająca wiązanie za pomocą cienkiej warstwy zaprawy murarskiej. W przypadku szlifowania na sucho, urządzenia szlifierskie są w całości zakryte.

2.2.8.1.3 Wiercenie

Wyroby ceramiczne, szczególnie produkty ogniotrwałe mogą wymagać nawiercania, kiedy niezbędne „otwory” nie mogą zostać osiągnięte z wymaganą dokładnością podczas prasowania i wypalania.

2.2.8.1.4 Cięcie

Są to czynności wykończeniowe stosowane, kiedy ostateczny kształt cegieł ceramicznych, a w szczególności cegieł ogniotrwałych, nie może być skutecznie nadany na etapie prasowania. W takiej sytuacji, nadmiary cegły są ściskane i wypalane, a następnie ścinane do właściwych rozmiarów.

Cegły elewacyjne mogą być przycinane podczas produkcji, by „wyciąć i utrwalić” specjalne kształty. W niemal wszystkich czynnościach związanych z pracami wykończeniowymi, zamknięty obieg wody gwarantuje smarowanie i wymiatanie nasmarowanych cząsteczek z powierzchni roboczej –jednocześnie minimalizując uwalnianie pyłu.

2.2.8.2 Polerowanie

Niekiedy, szczególnie w przypadku płytek porcelanowych, wypalana powierzchnia jest polerowana, aby uzyskać błyszczącą, nieglazurowaną i jednolitą płytkę.

2.2.8.3 Wzbogacanie węgla (produkty ogniotrwałe)

Produkty ogniotrwałe są niezbędne podczas prac w ekstremalnie nieprzyjaznych środowiskach, a w niektórych przypadkach wymagają nałożenia specjalnego impregnatu na wypalone produkty zawierającego smołę ropopochodną. Obecność węgla w końcowym produkcie przynosi szereg korzyści:

- Działa jak smar, korzystny dla powierzchni roboczych płytek szlifujących,
- Względnie wysokie przewodnictwo termiczne węgla zwiększa odporność na szoki temperaturowe produktu,
- Węgiel działa jak porowaty filtr redukując przepuszczalność produktu, co zwiększa odporność na penetrację żużlu i metalu.,

Impregnacja smołą jest procesem periodycznym, zwykle przeprowadzanym w trzech pionowych cylindrycznych zbiornikach z pokrywą na zawiasach. Produkty, które mają zostać poddane obróbce są ładowane do metalowych koszy, które pasują do zbiorników. Produkty są podgrzewane w pierwszym zbiorniku do temperatury $\sim 200^{\circ}\text{C}$ za pomocą obiegu gorącego powietrza, a następnie kosz wraz z zawartością jest przenoszony do kolejnego zbiornika (określanego jako autoklaw), wyposażonego w grzewczy płaszcz, by podtrzymać temperaturę. Autoklaw następnie jest uszczelniany, odgazowywany i wypełniany płynną smołą (z dużego zbiornika magazynującego temperaturę około 180 do 200°C). Impregnacja uzyskiwana jest poprzez uwalnianie próżni, a następnie zastosowanie azotu w podwyższonym ciśnieniu. Po odcieknięciu, kosze wraz z zawartością są przenoszone do trzeciego zbiornika, w których są schładzane do temperatury poniżej tej, w której lotna związki ropy mogłyby zostać uwolnione.

W końcu konieczne jest usunięcie sporej ilości lotnych związków ropy, które mogłyby niekorzystnie wpłynąć na środowisko pracy, w momencie, gdy produkty ogniotrwałe zostałyby oddane do eksploatacji. Zwykle jest to osiągnięte poprzez umieszczenie impregnowanych produktów w palenisku, w którym przechodzą określony cykl ogrzewania. Wylot paleniska wychodzi do termicznego utleniacza (spalarni), w której temperatura przekracza 800°C , a czas przebywania wynosi co najmniej $0,5$ sekundy. Takie warunki gwarantują, że wszystkie lotne związki ropy (złożone węglowodory) zostaną w pełni utlenione.

Produkty, które zostały poddane opisanej wyżej obróbce są pokryte lekkim, kruchym osadem węglowym, który musi zostać usunięty przed pakowaniem lub dalszą obróbką. Zwykle jest to osiągnięte poprzez umieszczanie produktów na stołach nadmuchowych.

2.2.8.4 Bębnowanie cegieł elewacyjnych

Niektóre cegły elewacyjne otrzymują postarzony wygląd za pomocą przepuszczania ich przez wyłożony gumą obrotowy bęben. Tarcie zagładza ostre rogi, tworząc miększe profile. W niektórych przypadkach, dodawane są rozpryski węgla wapnia (sproszkowany wapń), sadza lub pigmenty, odtwarzające wygląd odrestaurowanych cegieł, które odgrywają rolę w architekturze.

2.2.9 Dodatek materiałów pomocniczych

2.2.9.1 Materiały uszczelniające (rury)

Ponieważ większość rur instaluje się pod ziemią w postaci kanałów, kanalizacji, etc. konieczne jest ich niezawodne połączenie. Stabilne plastyczne nasadki łączące i uszczelki zostały opracowane w tym przemyśle.

2.2.9.2 Silikony/impregnaty

Wyroby wykonane z wypalanej gliny mają różne właściwości porowatości, dlatego niekiedy stosuje się spryskiwanie lub zanurzanie wyrobów w roztworach silikonowych, by zwiększyć nieprzepuszczalność oraz uniknąć wzrost substancji organicznych oraz zakwitanie. Technika ta jest stosowana zwłaszcza w przypadku dachówek.

2.2.9.3 Materiały izolacyjne

Materiały izolacyjne – np. polistyren lub wełna mineralna – są umieszczane wewnątrz niektórych dużych pustaków glinianych oraz bloczków LWA, aby zwiększyć ich właściwości termoizolacyjne.

2.2.9.4 Kratowanie i platerowanie (cegły ogniotrwałe)

Aby wspomóc instalację wyrobów ogniotrwałych oraz wypał powłoki pieca lub paleniska, do jednej lub większej liczby powierzchni cegieł ogniotrwałych można przyklejać metalowe kraty lub blachy. Kraty działają jak kompensatory wypalające się, gdy piec doprowadzany jest do temperatury roboczej. Blacha metalowa stapia się w podobnych warunkach, wiążąc przylegające cegły.

2.2.9.5 Kleje

Stabilne kleje (zwykle na bazie epoksydów) są używane do wiązania łączników dachówek o nietypowych kształtach, glinianych cegieł i bloczków.

2.2.9.6 Montaż końcowy

Niektóre produkty kończone są na etapie końcowego montażu, polegającego na przykład na montowaniu metalowych kołnierzy na izolacji wysokiego napięcia, by przymocować je w tulejach, transformatorach lub w innych miejscach przeznaczenia.

2.2.10 Sortowanie, pakowanie i przechowywanie

Sortowanie i pakowanie może nadal być wykonywane ręcznie, jak w przypadku niektórych rodzajów cegieł glinianych, dachówek i kształtowanych produktów ogniotrwałych, a także zastawy stołowej i elementów dekoracyjnych. Jednak zwiększenie kontroli nad procesem wypalania znacząco zmniejszyło ilość popękanej ceramiki, stąd pojawia się tendencja do automatyzacji tych systemów. Obecnie nawet kolor może zostać zmierzony mechanicznie, co jest ważne w przypadku płytek ceramicznych. Cegły i bloczki gliniane wychodzące z pieca i cechujące się niewielkim odsetkiem odpadów, są mechanicznie łączone w pakiety gotowe do zapakowania w kurczliwą folię – klienci akceptują około 1 – 2% elementów uszkodzonych.

Wyroby ceramiczne o regularnych kształtach, takie jak cegły, bloczki, rury i wyroby ogniotrwałe zwykle są pakowane w znormalizowane paczki, które często są jeszcze opakowywane polistyrenem i mogą być przenoszone na paletach.

Wyroby ceramiczne o najwyższej jakości, takie jak zastawa stołowa i elementy dekoracyjne, wymagają dokładnych kontroli i sortowania, a także bardzo wyrafinowanego zabezpieczającego opakowania. Z drugiej strony, niekształtowane produkty ogniotrwałe są zwykle po prostu odważane do worków, a następnie układane na paletach. Do przechowywania wykorzystuje się także metalowe beczki.

Płytki ceramiczne – pojedynczo – są kruche, ale jeżeli zostaną szczelnie zapakowane w pudła kartonowe, stają się wyjątkowo odporne podczas przenoszenia i transportu.

Przechowywanie ciężkich wyrobów glinianych na dużą skalę często odbywa się na powietrzu, ale wyroby, które są pakowane w pudła lub worki muszą być przechowywane w magazynach, podobnie jak wrażliwe na wilgoć wyroby ogniotrwałe.

2.2.11 Dostawy i instalacje utylizacyjne (oczyszczanie spalin i ścieków procesowych)

Jednostki usuwające pył i oczyszczające spaliny z pieca, oczyszczalnie ścieków i magazyny paliwowe są ważnymi elementami dostawczymi i utylizacyjnymi dla zakładów produkujących wyroby ceramiczne. W zależności od poziomu emisji pyłu, jednostki odpylania są budowane jako centralne lub lokalne separatory odśrodkowe, włókniste filtry tkaninowe, mokre separatory i elektrofiltry. W zależności od rodzaju emisji, w przemyśle ceramicznym wykorzystuje się także kolejne etapy oczyszczania spalin, na przykład płuczki oraz instalacje suchej sorpcji, a także termiczne i katalityczne komory dopalania. Jednostki te są zwykle zlokalizowane niedaleko głównego źródła emisji, np. pieca.

Ścieki powstające podczas produkcji wyrobów ceramicznych zawierają przede wszystkim składniki mineralne. Oczyszczalnie ścieków procesowych często mają postać basenów sedymentacyjnych. Sedymentacja nieorganicznych związków mineralnych może zostać przyspieszona za pomocą czynników flokulacyjnych i koagulantów.

Sposób przechowywania paliw zależy od właściwości stosowanych paliw. Węgiel w bryłach jest przechowywany na wolnym powietrzu i w szopach, natomiast pył węglowy jest przechowywany w silosach. Gaz LPG jest przechowywany w specjalnych cysternach. Olej opałowy jest przechowywany w zbiornikach, natomiast ciężki olej opałowy musi zostać ogrzany, by nadawał się do pompowania. Gaz ziemny jest dostarczany z sieci należącej do gazowni. Więcej użytecznych informacji na temat przechowywania paliw można znaleźć w dokumencie BREF dotyczącym emisji pochodzącej z magazynowania (ESB).

W zależności od sposobu obróbki, inne instalacje dostawcze, takie jak urządzenia do produkcji form są niezbędne. W instalacjach tych wykonywane są gipsowe formy, które są zużywane w dużych ilościach, na przykład podczas produkcji dachówek.

2.2.12 Recykling w przemyśle ceramicznym

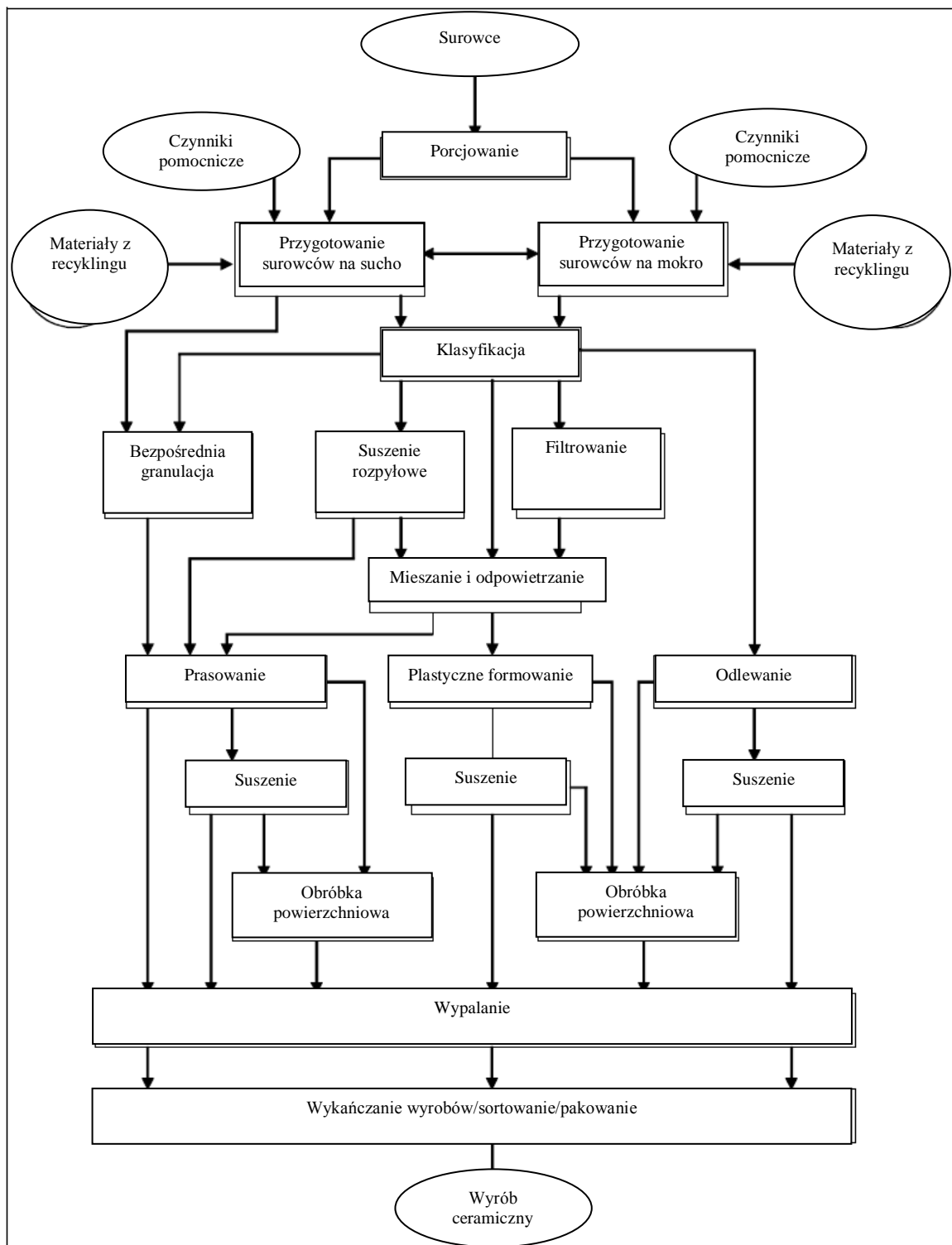
Większość sektorów tego przemysłu poddaje recyklingowi takie materiały, jak ścinki, skrawki i wyroby niespełniające standardów tworząc z nich ponownie surowiec dla fazy przygotowawczej. Wyroby wypalane o niższej jakości także mogą zostać poddane recyklingowi w zakładach, zwykle po pokruszeniu i odsianiu do postaci „kruszywa szamotowego”, które jest nieplastyczne i może, ze względu na wyższą przepuszczalność, wykazywać takie zalety, jak szybsze wysychanie i mniejsza kurczliwość, jeżeli dodaje się je w kontrolowanych ilościach do czerepów glinianych. Nawet, jeżeli recykling „strat z procesu wypalania” nie może zostać zastosowany w pierwotnym procesie, nadal możliwe jest znalezienie dla nich zastosowania w innym zakładzie produkcji ceramicznej.

Zużyte produkty ogniotrwałe usuwane podczas zmiany okładziny pieca mogą być zanieczyszczone żużlem, solami, szkliwem lub metalami, które mogłyby pogorszyć właściwości ogniotrwałe wyrobów, do których zostałyby dodane. Podobnie, także szereg innych zanieczyszczonych materiałów (np. materiały zanieczyszczone ciężkimi metalami, pochodzącymi z glazury) mogą nie nadawać się do recyklingu. Gipsowe formy, które nie nadają się już do użycia, to kolejna kategoria strat procesowych, które nie mogą być ponownie wykorzystywane, ale niekiedy mogą zostać użyte jako surowce w przemyśle cementowym.

Jednak, w innych sytuacjach – szczególnie w przypadku cegieł elewacyjnych i glinianych dachówek – zarówno odzyskiwanie, jak i ponowne wykorzystanie jest powszechnie stosowaną praktyką, a zapotrzebowanie na odzyskane cegły jest bardzo duże. W murach w całej Europie nadal można odnaleźć duże ilości cegieł z czasów rzymskich. Należy także zauważyć, że niektóre granulowane lub drobno mielone cegły lub dachówki mogą nadawać się do użycia w wyrobach innych sektorów o podobnej grubości ziarna. Także kruszone i segregowane „ceramiczne produkcyjne straty materiałowe” znajdują zastosowanie jako częściowe kruszywo w betonie przeznaczonym do celów budowlanych lub jako wypełnienie stosowane podczas budowy dróg asfaltowych.

2.2.13 Ogólny schemat przebiegu procesu wraz z różnymi ścieżkami przetwarzania

Poniższy rysunek stanowi podsumowanie opisu różnych procesów i ilustruje różne możliwe ścieżki produkcji wyrobów ceramicznych [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].

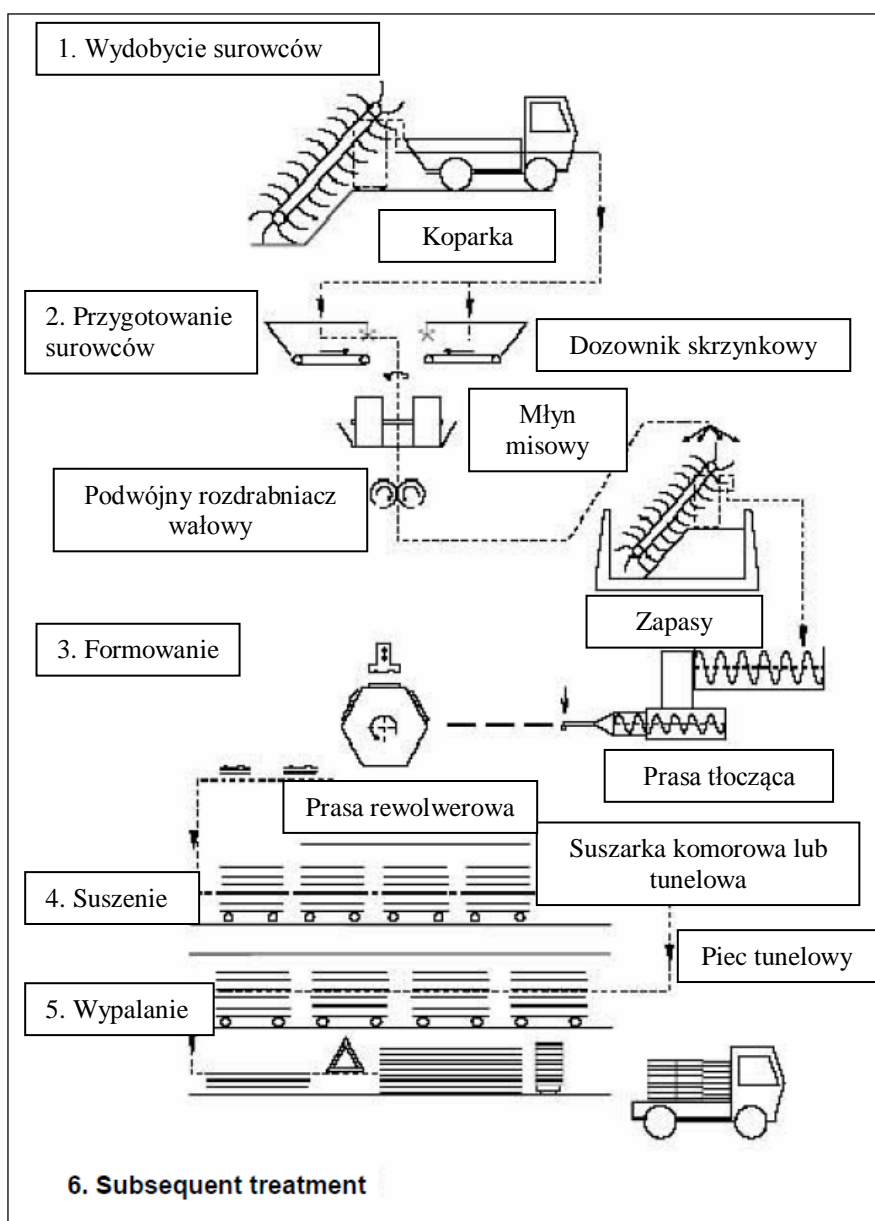


Rysunek 2.6: Ogólny schemat przebiegu procesu wraz z różnymi ścieżkami przetwarzania

2.3 Opis technik produkcji wyrobów ceramicznych w poszczególnych sektorach

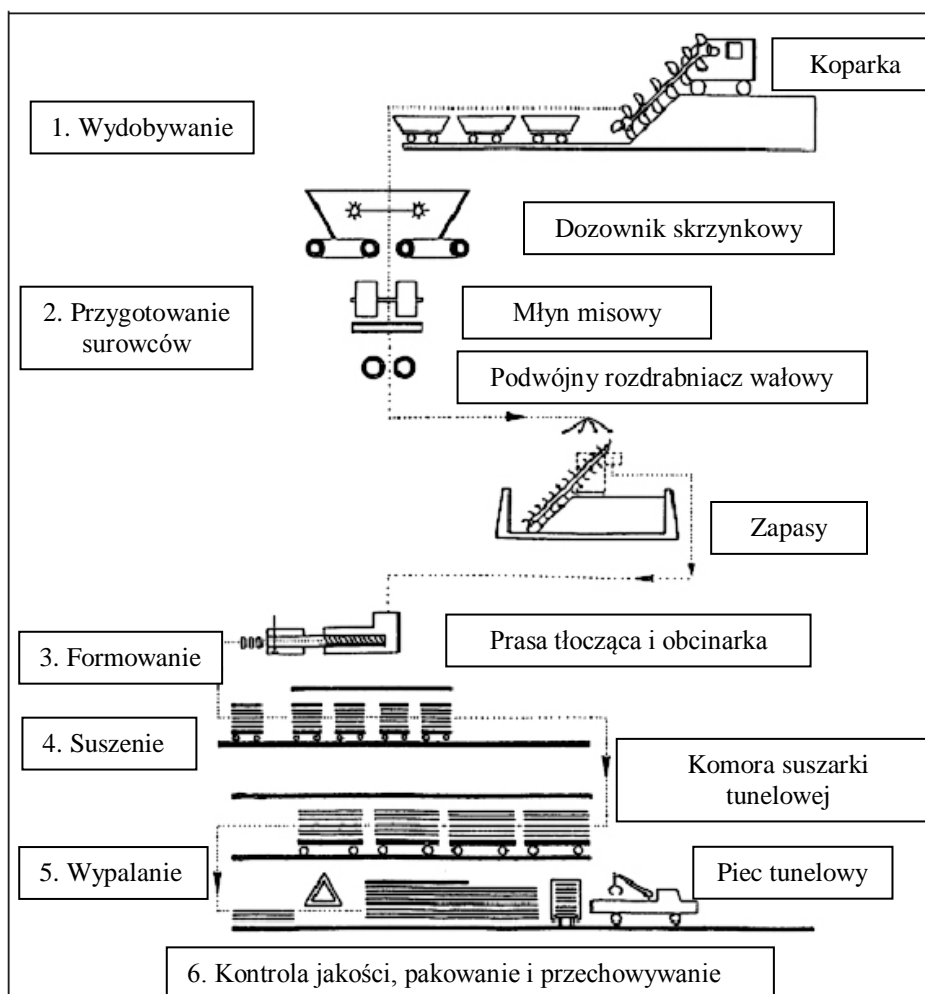
2.3.1 Cegły i dachówki

W przypadku obu typów zakładów, służących do wyrobu cegieł i dachówek, produkcja cegieł i dachówek przebiega od etapu wydobywania surowców (czynności te nie są ujęte w niniejszym dokumencie), składowania surowców, przygotowania surowców, kształtowania, suszenia po wypalanie o obróbkę końcową. Specjalne wymagania dotyczące powierzchni i koloru wyrobów obejmują pokrywanie powierzchni glazurą, angobowanie lub profilowanie. Poniższy rysunek przedstawia przykładowy schemat produkcji prasowanych dachówek [4, UBA,2001].



Rysunek 2.7: Schemat produkcji prasowanych dachówek

Poniższy rysunek pokazuje przykładowy schemat produkcji cegieł murarskich [20, CERAME-UNIE,2004].



Rysunek 2.8: Schemat procesu przygotowania tłoczonych cegieł w zakładzie wyrabiającym cegły murarskie

2.3.1.1 Surowce

Geologia glin wykorzystywanych do produkcji dachówek i cegieł w europejskim przemyśle ceramicznym jest bardzo zróżnicowana, ponieważ pochodzą z różnych warstw osadowych od kambru aż do czasów współczesnych. Większość gliny do wyrobu cegieł i dachówek ma pochodzenie osadowe i odkładały się w różnego rodzaju środowiskach osadowych: morskim, rzeczonym, zalewowym, w rzekach lodowcowych. Zasięg środowisk osadowych wpływa na skład chemiczny i mineralny gliny. Skład chemiczny i mineralny gliny stosowanej w przemyśle ceramicznym jest różny w poszczególnych europejskich państwach. Nawet w jednym państwie możliwe jest stosowanie gliny o zróżnicowanym składzie. Poniższa tabela pokazuje różne chemiczne i mineralne składy surowców ilastych stosowanych w różnych państwach europejskich do produkcji cegieł i dachówek [20, CERAME-UNIE, 2004], [30, TWG Ceramics, 2005].

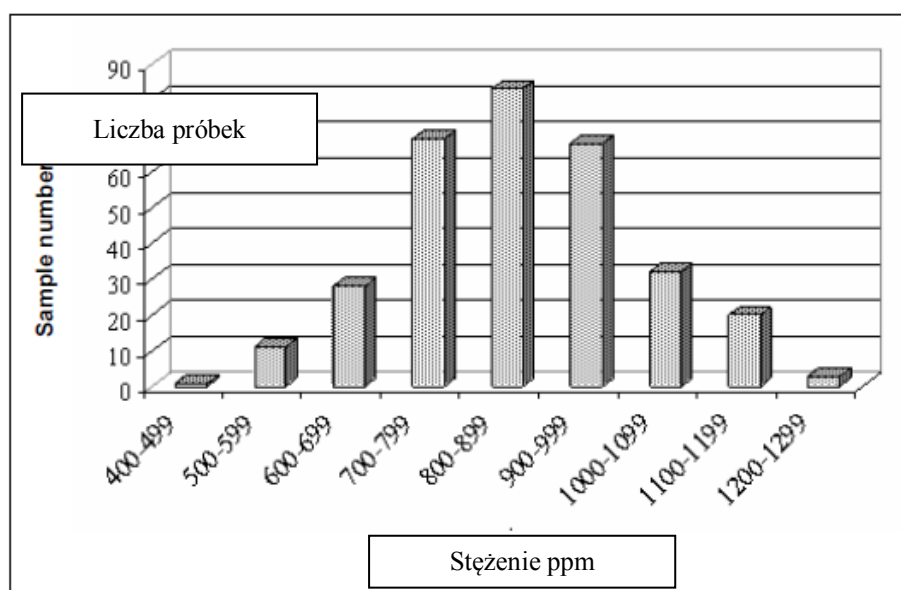
Państwo	Austria		Francja		Holandia		Węgry		Włochy		Grecja		Dania		Belgia		UK		Szwajcaria		Niemcy		Zakresy dla 11 państw europejskich	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Pierwiastek (wt-%)																								
S	0,00	1,30	0,00	0,50	<0,01	1,50	0,01	0,75	0,01	0,62			0,03	0,70	0,01	2,05	0,01	2,00	<0,01	0,50	0,01	2,00	0,00	2,05
F	0,05	0,10	0,00	0,15	0,02	0,10	0,02	0,10	0,04	0,13			0,03	0,08	0,02	0,07	0,02	0,09	0,00	0,08	0,03	0,16	0,00	0,16
CO ₂			0,0	14,0	<0,01	10,0							0,0	16,0	0,2	3,6								
SiO ₂	50,3	70,8	35,0	80,0	53,2	80,6	42,2	63,0	33,1	74,4	6,85	75,42	49,5	66,3	62,6	74,0	40,5	74,5	35,0	77,0	50,0	70,0	33,05	80,60
Al ₂ O ₃ + TiO ₂	9,6	18,8					8,6	17,6																
Al ₂ O ₃			8,0	30,0	7,3	18,1			8,1	21,0	5,85	20,22	11,7	17,9	5,5	14	9,0	24,5	7,0	29,0	7,0	20,0	5,47	30,0
Fe ₂ O ₃	4,2	8,2	2,0	10,0	2,0	8,4	2,9	7,6	2,7	7,6	2,19	39,03	4,8	7,2	2,8	4,3	3,9	11,5	2,4	10,0	1,0	8,0	1,0	11,50
MgO	0,2	3,6	0,0	5,0	0,5	2,7	1,4	4,5	0,7	7,2	0,24	12,90	1,3	2,5	0,9	1,5	0,2	6,6	<1	5,2	0,5	3,0	0,00	7,21
CaO	0,6	15,0	0,0	18,0	0,0	8,7	2,1	15,2	0,2	26,0	0,91	25,20	0,3	12,9	0,3	5,6	0,2	17,5	3,0	23,0	0,5	15,0	0,00	26,0
Na ₂ O	0,4	1,7	0,1	1,5	0,2	1,0	0,2	1,2	0,2	14,1	0,37	3,06	0,8	0,8	0,4	1,0	0,2	0,6	0,2	1,5	0,3	1,2	0,10	14,13
K ₂ O	1,7	3,0	0,1	4,5	1,3	2,3	0,6	1,3	1,4	4,3	0,11	3,19	2,9	2,9	1,5	3,0	1,6	5,9	1,0	2,7	1,0	4,0	0,10	5,90
TiO ₂			0,3	2,0	0,5	1,3			0,5	1,1	0,20	1,22	0,6	0,8	0,5	0,8	0,6	1,6	0,3	1,5	0,5	2,0	0,30	2,00
CaCO ₃											1,63	45,00												
MgCO ₃											0,50	31,00												
MnO											0,01	0,15												
Minerały (%)	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Kwarc	21	49	0	70	39,5	71	16	32	16	54			35	50	34	65	10	55	13	55	15	60	0,00	71,00
Skaleń	5	15	rzadkie		1	12	3	14	1	24			10	20	10	15	0	25	<1	33	1	25	0,00	33,00
Kalcyt	<2	26	0	30			0	14	1	41			<1	25	0	8	0	17	<1	37	1	25	0,00	41,00
Kalcyt + dolomit			rzadkie		0	20,5	0	24																
Piryt	<2	<2			<0,01	2,8	0	2					0		0	2	0	7	0	0,7	0	2	0,00	7,00
Kaolin	<3	10	ilości śladowe		5	21,5	2	13	1	26			5	15	1	5	0	40	5	26	3	40	0,00	40,00
Illit	25	60	ilości dominujące		7	20	4	21	5	42			10	20	3	15	0	40	2	40	10	50	0,00	60,00
Montmorillonit	2	25	ilości śladowe		3	29,5	3	18	2	34			5	20	5	43	0	10			10	50	0,00	50,00
Wermikulit			brak		7	20	2	4									0	15	2	16	-	-	0,00	20,00

Tabela 2.1: Zakresy zawartości związków chemicznych i mineralnych w surowcach ilastych stosowanych w przemyśle produkującym cegły i dachówki w różnych państwach europejskich

Rozkład wielkości cząstek, obecność pozostałych minerałów, zakres wielkości oraz ich stosunek wpływają na właściwości gliny.

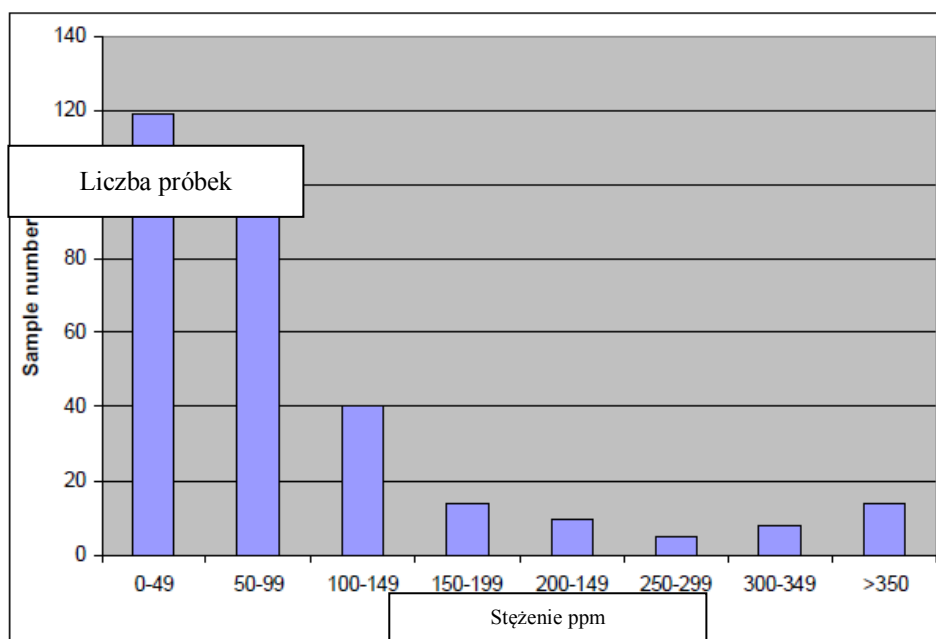
Duża różnorodność składu surowców skutkuje dużą różnorodnością właściwości wyrobów ceramicznych oraz emisji gazowych uwalnianych podczas wypalania. Każdy z tych rodzajów gliny lub ich mieszanek, jest stosowana do produkcji dachówek, cegieł elewacyjnych i wytłaczanych bloczków. Większość zakładów posiada własne kopalnie gliny, co sprawia, że techniki stosowane do produkcji różnych wyrobów różnią się w zależności od miejsca ich wytwarzania.

Przeprowadza się badania fluoru oraz siarki, ponieważ podczas wypalania powodują one emisje, omówione w sekcji 3.3.1.1 dotyczącej danych na temat emisji. Zawartość fluoru, obecnego w strukturze minerałów ilastych, może sięgać 1600 ppm w całej Europie, ale w poszczególnych państwach może przybierać różne wartości. Przykładowo, poniższy rysunek pokazuje normalną częstotliwość występowania zawartości fluoru w 312 próbkach gliny pochodzących ze wszystkich regionów geograficznych Włoch [3, CERAME-UNIE, 2003].



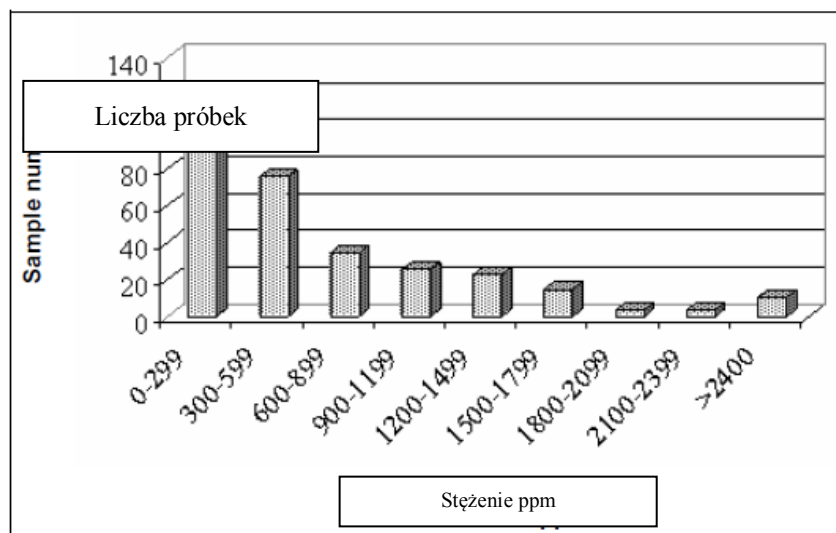
Rysunek 2.9: Rozkład zawartości fluoru we włoskich glinach

Większość glin zawiera śladowe ilości chloru. Poniższy rysunek prezentuje przykładowy rozkład zawartości chloru we włoskich glinach [30, TWG Ceramics, 2005].



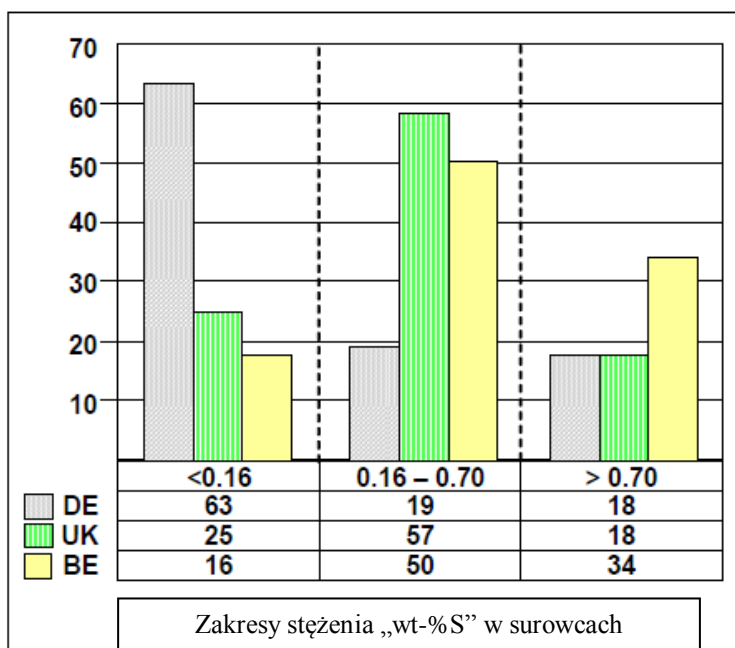
Rysunek 2.10: Rozkład zawartości chloru we włoskich próbkach

W stosowanych surowcach występuje znaczne zróżnicowanie zawartości siarki, nie tylko pomiędzy państwami europejskimi, ale także w konkretnym państwie, co skutkuje dużym zróżnicowaniem emisji z procesu. Siarka występuje w surowcach przede wszystkim w postaci siarczków (piryt). W oparciu o włoskie badania można stwierdzić, że siarka wykazuje rozkład logarytmicznie normalny, zgodnie z tym, co pokazano na poniższym rysunku [3, CERAME-UNIE, 2003].



Rysunek 2.11: Rozkład zawartości siarki we włoskich próbkach

Odnotowuje się nie tylko duże zróżnicowanie wartości zawartości siarki, ale także rozkładu zawartości siarki. Można to wyraźnie dostrzec na podstawie glin stosowanych w Niemczech, Wielkiej Brytanii i Belgii, zgodnie z tym, co zostało zaprezentowane na poniższym rysunku. Ponad 80% niemieckich glin wykazuje niską lub średnią zawartość siarki, podczas, gdy w Belgii i Wielkiej Brytanii ponad 75% glin charakteryzuje się średnią i wysoką zawartością siarki w glinie [3, CERAME-UNIE, 2003].



Rysunek 2.12: Zawartość siarki w glinach

Innym ważnym materiałem, który wykazuje duże zróżnicowanie, jest tlenek wapnia (CaO), najczęściej występujący w postaci kalcytu i/lub wewnątrz struktury minerałów ilastych. Obecność CaCO_3 działa jak „czynnik otwierający” z uwagi na proces dekarbonizacji zachodzący podczas wypalania. Obecność CaO może powodować uwalnianie się HCl, SO_x i fluoru ze względu na formowanie CaSO_4 i CaF_2 . Jednak stężenie fluoru, SO_x i HCl w spalinach nie musi koniecznie wiązać się z zawartością CaO w surowcach i zależy także od temperatury wypalania oraz obecności pary wodnej podczas procesu wypalania [23, TWG Ceramics, 2005].

Związki organiczne, fosforany oraz soda są wykorzystywane jako plastyfikatory surowców ilastych. Polistyren, czynniki wiążące papier, trociny, a także materiały nieorganiczne takie, jak okrzemki i perlit są niezbędne jako czynniki formujące porów. Angoby, stosowane do obróbki powierzchni, często są wykonywane z białej wypalanej gliny, topników i tlenków barwiących. Glazurowanie wykorzystuje serie mieszanek materiałów (np. Al_2O_3 , mączka kwarcowa, kreda, MgCO_3), topników, gliny i tlenków barwiących lub fryt.

Surowce są przechowywane na otwartym powietrzu lub w wiatach, dużych podajnikach, silosach, instalacjach postarzających i zakwaszających lub suchych silosach. W wielu przypadkach cegielnie znajdują się blisko kamieniołomów, w których wydobywa się surowce.

2.3.1.2 Przygotowanie surowców

W procesie produkcji płytek i cegieł wykorzystuje się suchą i półmokrą obróbkę. Wybór metody przygotowania jest zależny od dostępnych materiałów, jakości produktu końcowego, metody formowania i wydajności ekonomicznej.

Sucha obróbka jest stosowana przede wszystkim w przypadku relatywnie suchych surowców o niższej plastyczności lub gdy produkty mają mieć wysokie specyfikacje. Celem suchej obróbki jest redukcja wielkości cząsteczek w młotkowych lub wałkowych młynach oraz jednoczesne wysuszenie cząsteczek do poziomu około trzech do sześciu procent zawartości wody. W trakcie procesu dodawane są także niezbędne dodatki, na przykład uwodnione wapno może być dodawane do gliny (3,3 do 0,6%), aby kontrolować i ustalić zawartość wody i utrzymać dobre właściwości plastyczne ułatwiające cięcie kolumny glinianej w procesie wytłaczania. Sucha obróbka jest także preferowana w produkcji cegieł elewacyjnych, ponieważ surowce stosowane do ich produkcji, takie jak gliny łupkowe cechują się niską zawartością wilgoci, co sprawia, że są szczególnie odpowiednie dla tej metody obróbki.

Druga metoda przygotowania w procesie produkcji cegieł i dachówek to proces półmokry. Dozowanie przeprowadzane jest w dużych dozownikach objętościowych. Dozowniki te dopuszczają duże wsady i mieszanie kilku różnych surowców. W wielu przypadkach, w końcowej części dozownika, do partii dodawana jest woda mieszająca aż do osiągnięcia zawartości wody na poziomie około 20%. Powoli kruszenie twardych materiałów powoduje, że maksymalna wielkość cząstek jest mniejsza niż 1,8 mm. Cienkie produkty, takie jak dachówki mają cząsteczki o wielkości od 0,5 do 0,8 mm. W zależności od charakterystyk surowców, używa się albo rozdrabniaczy gliny, kruszarek nożowych, kruszarek dwuwiałowych lub mokrych młynów misowych. Piasek może niekiedy być przygotowywany i dodawany oddzielnie. W tym celu wykorzystuje się kruszarki szczękowe, udarowe, pionowe kruszarki udarowe oraz sita. W niektórych przypadkach piasek i glina są przechowywane oddzielnie i mieszane dopiero przed etapem formowania.

Połączenie procesów mieszania i zgniatania prowadzi do homogenizacji masy pozwalającej na osiągnięcie dobrej plastyczności. Kruszarki do gliny, mieszarki dwuwiałowe, mieszadła sitowe i filtrowe są wykorzystywane do tego celu. Organiczne i nieorganiczne czynniki formujące pory są dodawane w procesie produkcji cegieł o niskiej przewodności cieplnej, by osiągnąć duży rozmiar porów. Na tym etapie procesu, masa wykazuje ostateczną zawartość wody na poziomie 20 – 22%. Gorąca woda lub para wspomaga rozpuszczanie i otwiera małe cząsteczki w procesie mieszania.

Przygotowane masy są przechowywane w dużych dozownikach objętościowych, silosach na glinę, silosach mieszających, instalacjach postarzających i zakwaszających, gdzie poddawane są dalszej homogenizacji.

2.3.1.3 Formowanie

Stosowane są różne metody kształtowania, takie jak zgniatanie, wytłaczanie, formowanie miękkiego mułu (por. sekcje 2.2.4.2, 2.2.4.3 i 2.2.4.4) w zależności od rodzaju masy, zawartości wody i planowanego produktu.

W praktyce, najczęściej w tym procesie stosuje się surowce poddane półmokrej obróbce. Masa jest zgniatana pod ciśnieniem od 0,6 do 1,5 MPa w prasach tłoczących wyposażonych lub nie w komorę próżniową. Tłocznik formuje masę w kolumnę. Kolumna zostaje pocięta na poszczególne fragmenty przecinaniem drutowym. Jest to typowa metoda obróbki dla produkcji cegieł budowlanych i wyciskanych dachówek.

Prasowane dachówki są produkowane poprzez uformowanie tak zwanych ciast lub bryłek. Następnie, ciasta są formowane w kolejnej prasie do właściwego kształtu. Mechaniczne i hydrauliczne prasy rewolwerowe, prasy z kowadłem, prasy z obrotowym promieniem są stosowane. Najczęściej zaś stosowane są pojedyncze i wieloformowe prasy rewolwerowe. W prasach rewolwerowych, bęben obracający się z przerwami o kształcie pryzmatu o pięciu, sześciu lub ośmiu bokach, do których przymocowane są formy. Za każdym razem, gdy bęben się zatrzymuje, pionowy trzpień, który przenosi górę formy, obniża się w kierunku dołu formy umieszczonej bezpośrednio poniżej i prasuje bryłę gliny w odpowiedni kształt. Po tym etapie wyroby są umieszczane na specjalnym wózku. Stosuje się różne rodzaje otwartych form, takich formy gipsowe, smarowane formy żelazne, formy wyściełane gumą lub formy metalowe wyściełane wulkanizowanym kauczukiem.

Widoczna powierzchnia dachówek jest częściowo angobowana lub glazurowana. Cegły i cegły elewacyjne są profilowane, ścierane, szczotkowane lub piaskowane, by nadać ich powierzchni teksturę.

2.3.1.4 Suszenie, glazurowanie i angobowanie

Różne typy suszarek są wykorzystywane w procesie suszenia (por. sekcja 2.2.5), w zależności od ilości pracy, stopnia mechanizacji oraz wrażliwości masy. W procesie produkcji cegieł, zwykle stosowane są suszarki komorowe i tunelowe. Do produkcji dachówek także stosowane są suszarki komorowe i tunelowe. Suszarkach tunelowych i szybkich warunki do suszenia cegieł trwa od 8 do 72 godzin i przebiega w temperaturze od 75 do 90°C. Szybkie suszarki, w przypadku cięgieł, działają w czasie krótszym niż 8 godzin, natomiast suszenie niektórych cegieł elewacyjnych zajmuje do 72 godzin. W suszarkach komorowych suszenie trwa do 40 godzin i przebiega w temperaturze około 90°C [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005]. Suszenie dachówek odbywa się w suszarkach tunelowych lub komorowych w temperaturze od 60 do 90°C i trwa do 48 godzin. Zawartość wody w produktach przed procesem wypalania w piecu tunelowym jest niższa niż trzy procent. Suszarki są ogrzewane przede wszystkim ciepłem z pieca i, w niektórych przypadkach, gazem ziemnym, palnikami olejowymi lub kogeneracją.

Dachówki oraz cegły elewacyjne są niekiedy glazurowane i angobowane na widocznej powierzchni lub na całej powierzchni, by uzyskać specjalne zabarwienie lub by zwiększyć gęstość produktu. Glazurowanie oraz angobowanie stosowane jest na czerepach po procesie suszenia. W niektórych przypadkach, glazurowanie i angobowanie stosowane po etapie formowania. Angoba składa się z gliny, topników, wypełniaczy oraz pigmentów. Aby nałożyć na wyrób większą ich ilość najlepszą metodą jest spryskiwanie.

Organiczne środki wiążące są dodawane do angoby, by uzyskać lepsze wiązanie płynnej angoby i powierzchni poddawanej obróbce. Glazura to mieszanka porcji materiału, topników, gliny oraz tlenków barwiących, które zostają spieczone do szklistej masy. Glazura jest zwykle nakładana za pomocą spryskiwania w komorach natryskowych.

2.3.1.5 Wypalanie

Współcześnie cegły i dachówki są wypalane w piecach tunelowych zwykle w atmosferze tlenowej. Okres redukcji w strefie końcowego wypalania pozwala, w razie potrzeby, specjalne efekty kolorystyczne. Podczas redukcji, paliwo jest dostarczane do atmosfery z niedoborem tlenu. W ten sposób zastosowane surowce pozwalają osiągnąć właściwy kolor cegieł.

Produkty, które mają zostać wypalone przechodzą przez piec lub szereg pieców. Surowe cegły są umieszczane bezpośrednio na wózkach w piecu tunelowym, podczas gdy surowe dachówki przed wypalaniem w piecu tunelowym są układane w kasetach (U-kształtnych lub H-kształtnych). Ustawienie kaset zależy od konkretnych wyrobów i ma na celu zapewnienie optymalnego przepływu gorących gazów wypalających wokół produktów, a w rezultacie dobre wypalenie. Produkty, które podlegają wypaleniu zostają podgrzane do temperatury dojrzewania wynoszącej od 800 do 1300°C.

Po okresie niezbędnym do uformowania czerepu wynoszącego od dwóch do pięciu godzin w temperaturze dojrzewania, produkty są schładzane zgodnie z planem do 50°C.

Czas wypalania dachówek w piecach tunelowych wynosi od 10 do 40 godzin, płytki chodnikowe wypalane są 45 do 60 godzin a bloczki od 17 do 25 godzin. Temperatura spalin zależy od punktu rosy (a zatem od składu) spalin, np. w przypadku glin z wysoką zawartością siarki, punkt rosy, a tym samym także temperatura spalin będą wyższe. Poniższa tabela prezentuje zakres danych roboczych na temat klasycznych pieców tunelowych [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005], [27, VDI, 2004], [21, Almeida, 2004], [30, TWG Ceramics, 2005].

Charakterystyka pieca tunelowego	Jednostka	Cegły elewacyjne i bruk gliniany	Błoczki gliniane	Poziomo perforowane bloczki gliniane	Dachówki
Wydajność	t/h	1 – 15	3 – 15	3 – 15	3 – 6
Długość pieca	m	35 – 160	60 – 120	60 – 120	80 – 140
Przekrój	m ²	1,3 – 6,0	4 – 12	4 – 12	4 – 10
Zakres gęstości	kg/m ³	650 – 1500	350 – 500	250 – 750	200 – 400
Temperatura wypalania	°C	1000 - 1300	900 – 1050	950 – 1050	1000 – 1150
Specjalne wymagania energetyczne (suszenie + wypalanie)	kJ/kg	1600 – 3000	1000 – 2500 *)	1000 – 2500	1600 – 3500
Objętość strumienia spalin	m ³ /h	5000 – 20000	10000 – 50000	10000 – 50000	10000 – 40000
Temperatura spalin	°C	100 – 230	100 – 300	100 – 150	170 – 200

*) W tym także zawartość ciepła w czynniku formującym porę.

Tabela 2.2: Robocze dane na temat pieców tunelowych

Metoda szybkiego suszenia w piecach rolkowych stanowi alternatywę dla technologii wypalania w klasycznych piecach tunelowych. Dodając jednopoziomowy stojak wypalający do produkcji dachówek, czas wypalania może zostać skrócony a stosunek masy czynników wspomagających wypalanie do wyrobów, które mają zostać wypalone ograniczony. Metoda ta częściowo umożliwia redukcję zużycia energii w niektórych przypadkach procesu wypalania.

Metoda szybkiego wypalania jest realizowana w mniejszych piecach – w przeciwieństwie do dużych klasycznych pieców tunelowych. Mniejsze piece pozwalają na zwiększenie elastyczności podczas dostosowywania parametrów spalania do potrzeb konkretnego produktu. Zakres gęstości szybko wypalających pieców może wynosić poniżej 100 kg/m³. Poniższa tabela pokazuje wybrane dane dotyczące dachówek w klasycznych piecach tunelowych i przy zastosowaniu metody szybkiego wypalania [4, UBA, 2001].

Typ pieca	Stosunek masy czynników wspomagających wypalanie/wypalanych produktów	Czas wypalania (h)
Klasyczny piec tunelowy	6:1	~50
Precyzyjny szybko wypalający piec	3:1	~10
Jednopoziomowy piec Keramono	1:1	~2
Piec rolkowy	0:1 do 2:1	3 do 8

Tabela 2.3: Porównanie klasycznych pieców tunelowych i metody szybkiego wypalania (dachówki)

Zastosowanie metody szybkiego wypału do produkcji cegieł i dachówek uzależnione jest zasadniczo od specyficznej powierzchni produktu oraz możliwości perfuzji gorących gazów spalających. Nie tylko dachówki, ale także niektóre bloczki gliniane, takie jak cegły o strukturze plastra miodu mogą być wytwarzane przy użyciu metody szybkiego wypalania. Poniższa tabela pokazuje zakres danych roboczych na temat szybko wypalających pieców tunelowych [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].

Charakterystyka pieca tunelowego	Jednostka	Błoczki gliniane	Cegły elewacyjne	Dachówki prasowane
Wydajność	t/h	16,60 – 18,75	2,1 – 5,4	1,9 – 5,4
Długość pieca	m	130	90 - 120	80 – 125
Przekrój	m ²	do 17,6	do 3,5	do 3,3
Zakres gęstości	kg/m ³	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy
Temperatura wypalania	°C	1000	1000 – 1080	1020 – 1150
Czas wypalania	h	2,5 – 3,5	4 – 5	3 – 4
Specjalne wymagania energetyczne (suszenie + wypalanie)	kJ/kg	1250 – 3500	1590 – 4500	2930 – 4605

Tabela 2.4: Dane robocze na temat szybko wypalających pieców tunelowych

Do produkcji wyrobów specjalistycznych, na przykład ręcznie formowanych cegieł o specjalnych kolorach, stosuje się także piece Hoffmanna. Piece te składają się z szeregu połączonych komór, które są po kolei wypełniane wysuszonymi ceglami, uszczelniane i wypalane w sposób quasi ciągły, a gorące gazy są transportowane z jednej komory do następnej. Taki system połączeń, obejmujący przewody i otwory pomiędzy komorami, pozwala także na wstępne ogrzewanie produktów i schładzanie spalin. Jeden cykl wypalania trwa zwykle od trzech dni do dwóch tygodni a gęstość w takich komorach wynosi ponad 300 kg/m³. Piece są obecnie opalane przede wszystkim gazem, ale niekiedy stosuje się także zasilanie olejem lub węglem do produkcji postarzanych cegieł [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005].

Piece działające okresowo mogą być wykorzystywane do produkowania specjalistycznych dachówek, cegieł lub okładzin, zwykle w mniejszych partiach. Piece takie działają w sposób nieciągły a wypalanie w nich trwa od 20 do 45 godzin, przy temperaturze wypalania od 1000 do 1100°C. Specyficzne zapotrzebowanie energetyczne to około 500 do 900 kJ/kg [23, TWG Ceramics, 2005].

Klasyczne piece tunelowe są zwykle ogrzewane za pomocą gazu ziemnego lub oleju opałowego, a piece szybko wypalające są opalane gazem ziemnym. W niektórych przypadkach, jak zauważono powyżej, można stosować także węgiel kamienny, koks naftowy oraz torf.

2.3.1.6 Obróbka końcowa

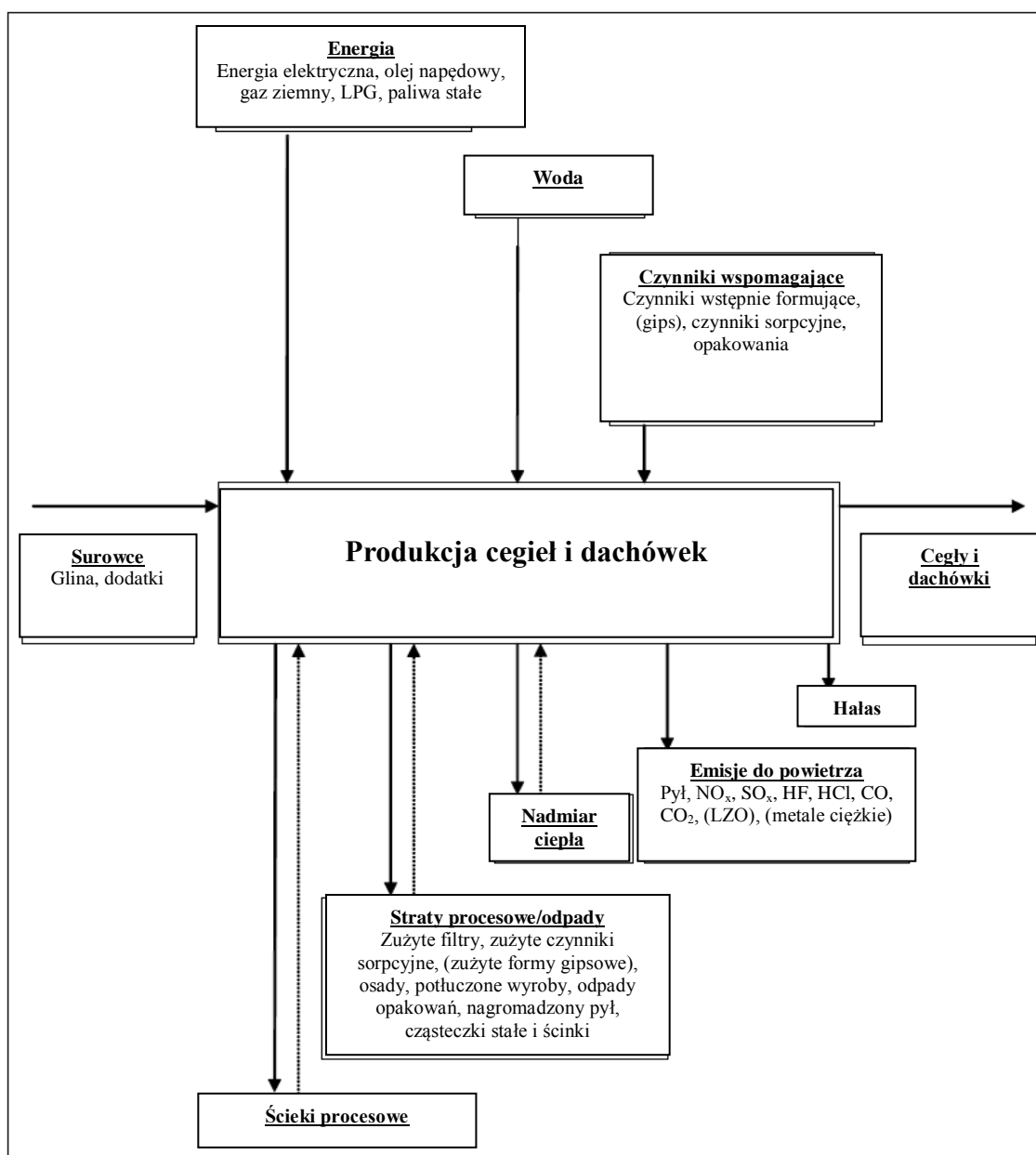
W zależności od rezultatów procesu wypalania, produkty są sortowane podczas ręcznego lub automatycznego opróżniania pieca lub wózków pieca tunelowego. Wyroby, takie jak kalibrowane cegły są poddawane obróbce w szlifierkach.

Niekiedy stosuje się obróbkę glinianych cegieł elewacyjnych, glinianych dachówek lub akcesoriów za pomocą środków hydrofilowych lub hydrofobowych (np. silikonowanie, lanolinowane), co zmienia reakcję ich powierzchni na kontakt z wodą.

Dachówki są pakowane i układane na paletach w celach wysyłki do centrów spedycyjnych. Pomiędzy warstwami płytek umieszczana jest warstwa papieru, kartonu lub sklejk, a pełne palety są obkurczane lub owijane folią. Produkty są przenoszone za pomocą wózków widłowych, mobilnych lub stacjonarnych żurawi.

2.3.1.7 Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie cegieł i dachówek

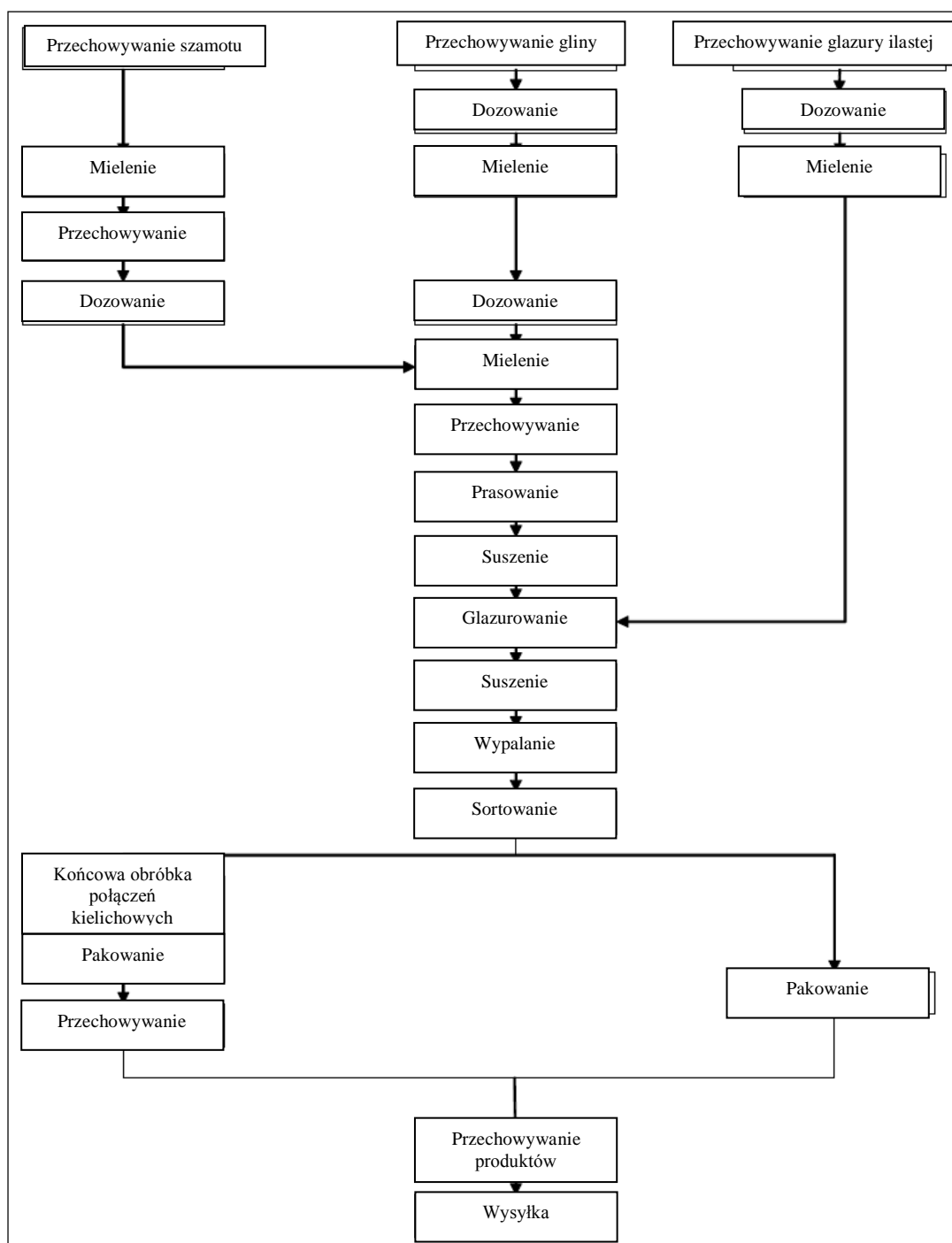
Istotne strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji cegieł i dachówek zostały przedstawione na poniższym rysunku [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].



Rysunek 2.13: Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji cegieł i dachówek

2.3.2 Rury kamionkowe

Rury kamionkowe są produkowane w procesie obejmującym następujące etapy: przechowywanie surowców, przygotowanie surowców, kształtowanie, suszenie, glazurowanie, wypalanie i obróbka końcowa. Poniższy rysunek przedstawia schematyczny układ procesu produkcji rur kamionkowych [4, UBA, 2001].



Rysunek 2.14: Schemat produkcji rur kamionkowych

2.3.2.1 Surowce

Glina, szamot i glazura są stosowane jako surowce w procesie produkcji rur kamionkowych. Glazura składa się z ilów, gliny, kredy, dolomitu, kwarcu i tlenków metali. Surowce szamotowe składające się przede wszystkim z ponownie wykorzystywanych materiałów pochodzących z procesu produkcji ceramiki, natomiast ily używane do glazury są przechowywane pod dachem. W zależności od procesu przygotowawczego, składniki gliny są przechowywane na powietrzu lub w pojemnikach.

Tabele 2.5 oraz 2.6 prezentują zakresy składów chemicznych i mineralnych gliny stosowanej do produkcji rur kamionkowych [3, CERAME-UNIE, 2003].

Parametr (% wagi)	BE	DE	IT	NL	UK
Kwarc					
min	24	8	35	40	21
max	45	25	50	50	33
Skaleń					
min	11	1	1	0	0
max	18	4	24	0	0
Kaolin					
min	24	30	5	20	8
max	32	60	20	25	20
Illit					
min	16	10	12	20	40
max	37	40	30	25	56
Montmorillonit					
min	0	2	0,5	0	0
max	8	10	1	0	0

Tabela 2.5: Skład mineralny gliny w procesie produkcji rur kamionkowych

Parametr (% wagi)	BE	DE	IT	NL	UK
S					
min	0,02	0,0	0,01	0,01	0,01
max	0,05	0,2	0,62	0,05	0,10
F					
min	0,03	0,02	0,04	0,02	0,02
max	0,05	0,06	0,13	0,04	0,05
CO ₂					
min	0,1			0,05	0,50
max	0,3			0,25	1,50
SiO ₂					
min	60	55	60	65	55
max	81	70	75	72	63
Al ₂ O ₃					
min	15	20	15	18	17
max	27	35	23	23	63
Fe ₂ O ₃					
min	1,0	1,0	5,0	1,5	6,0
max	7,4	10	7,0	4,5	8,0
MgO					
min	0,2	0,0	0,7	0,5	1,7
max	1,0	1,5	1,5	1,4	2,2
CaO					
min		0,0		0,2	
max		0,8		0,5	
Na ₂ O					
min	0,1	0,0	3,0	0,1	0,3
max	0,3	0,4	7,0	0,6	1,1
K ₂ O					
min	1,0	1,0	1,0	1,8	2,8
max	2,6	4,0	3,0	2,6	3,9
TiO ₂					
min	1,3	1,0	0,5	0,7	0,9
max	1,8	2,5	1,0	1,3	1,0

Tabela 2.6: Chemiczny skład gliny stosowanej w procesie produkcji rur kamionkowych

2.3.2.2 Przygotowanie surowców

Do przygotowania gliny stosuje się różne procesy, np. proces tworzenia masy lejącej. Glina, w procesie przygotowawczym jest w odpowiednich ilościach wlewana do form za pomocą dozowników skrzynkowych. Różne rodzaje młynów są wykorzystywane do drobnego mielenia, np. młyny bębnowe i rolkowe. Mokre młyny bębnowe są także wykorzystywane do mielenia na drobno ilastych składników

glazury. Składniki są mielone do uzyskania ziarna o grubości 0,06 mm. Następnie grubsze cząstki są usuwane w procesie odsiewania. Drobne cząstki zostają rozpuszczone w wodzie i są przechowywane w zbiornikach mieszalników.

Surowy szamot jest kruszony i mielony w kruszarkach szczękowych, stożkowych, w młynach bijakowych lub kulowych. Frakcja o maksymalnej wielkości cząstek do 2,5 mm jest odsiewana i przechowywana. Szamot jest stosowany jako czynnik otwierający i nadaje masie odpowiednią wytrzymałość i stabilność podczas procesu wypalania. Frakcje gliny i szamotu są dodawane do mieszała grawimetrycznie za pomocą przenośnika taśmowego lub wolumetrycznie za pomocą dozowników skrzynkowych, taśmowych lub obrotowych.

Mieszadła składniki są mieszane i nawadniane do otrzymania poziomu nawilżenia odpowiadającego potrzebom na etapie prasowania i zawierają około 15 do 20 % wody. W razie potrzeby dodawane są organiczne i nieorganiczne czynniki ciśnieniowe oraz plastyfikatory, aby sprasować masę. Przygotowana w ten sposób wilgotna masa jest przechowywana i homogenizowana w dużych dozownikach objętościowych, silosach na glinę, wiatach magazynowych lub instalacjach postarzających i zakwaszających wyposażonych w odpowiednie urządzenia.

2.3.2.3 Nadawanie kształtu

Surowe rury gliniane są kształtowane w poziomych i pionowych tłoczarkach odpowietrzających. Masa jest zgniatana i odpowietrzana w komorze odpowietrzania wyłaczarki, a następnie kształtowana jest rura oraz złącze kielichowe. Po tym etapie zakończenie kielichowe jest oczyszczane.

Surowe czerepy rur są poddawane obróbce przez specjalne urządzenia, takie jak roboty próżniowe. Roboty umieszczają surowe produkty na wózkach suszarek. Cechą charakterystyczną procesu kształtowania rur jest sztywność masy, różne średnice rur oraz okresowe działanie wyłaczarki.

2.3.2.4 Suszenie i glazurowanie

Suszenie surowych produktów zapobiegające ich pękaniu odbywa się w suszarkach komorowych lub tunelowych w temperaturze do 100°C, tak by pozostało w nich około dwóch procent zawartości wilgoci. Czas suszenia złącz trwa od 70 do 100 godzin, czas suszenia rur trwa od 30 godzin (małe rury) do dziewięciu dni (duże rury). Kontrola klimatyczna (temperatura, wilgotność) jest niezbędnym warunkiem uniknięcia odkształcania się rur z powodu nierównomiernego kurczenia się.

Odpowiednie roboty chwytające i przytrzymujące zanurzają wysuszone surowe rury w zbiorniku z glazurą, by pokryć czerepy ilastą glazurą, choć możliwe jest także glazurowanie rozpyłowe. W procesie wypalania glazura łączy się z powierzchnią czerepu, zamyka ją i pokrywa gładką powłoką. Jeżeli części powierzchni nie mają zostać poddane glazurowaniu, muszą zostać pokryte parafiną przed procesem glazurowania.

Glazurowane surowe wyroby są umieszczane na wózkach pieców tunelowych. Następnie zostają ostatecznie wysuszone i zawierają mniej niż jeden procent wilgotności w suszarkach tunelowych, które są umieszczone z przodu pieców tunelowych.

2.3.2.5 Wypalanie

Wypalanie odbywa się w ogrzewanych gazem piecach tunelowych, przeważnie w atmosferze tlenowej. Surowe produkty są wypalane w pozycji pionowej, ustawione na wspomagaczach procesu wypalania. Standardowa temperatura wypalania mieści się w przedziale od 1150 do 1250°C, a wypalanie trwa od 30 do 80 godzin. Poniższa tabela prezentuje zakresy danych roboczych na temat pieców tunelowych stosowanych do produkcji rur kamionkowych [4, UBA, 2001].

Charakterystyka pieca tunelowego	Jednostka	Rury kamionkowe
Wydajność	t/h	1 – 6
Długość pieca	m	80 – 180
Przekrój	m ²	6 – 10
Zakres gęstości	kg/m ³	150 – 300
Temperatura wypalania	°C	1100 – 1200
Specjalne wymagania energetyczne (suszenie + wypalanie)	kJ/kg	3000 – 4000
Objętość strumienia spalin	m ³ /h	4000 – 18000
Temperatura spalin	°C	160 – 200

Tabela 2.7: Zakresy danych roboczych dla pieców tunelowych

Alternatywą dla tradycyjnego procesu wypalania jest metoda szybkiego wypału rur kamionkowych. Rury kamionkowe są suszone w ciągu dziesięciu godzin a następnie glazurowane rozpyłowo. Następnie są wsadzane do pieca na okres ośmiu godzin. Rury w trakcie wypalania są obracane w poziomie. Złącza, np. rozgałęźniki i kolanka także są wytwarzane w procesie szybkiego wypału. Podobnie jak rury, zostają one wsadzone do pieca z paleniskiem rolkowym na okres ośmiu godzin do jedenastu godzin. Transport złącz odbywa się za pomocą specjalnych wspomagaczy procesu wypalania, które cofają się cyklicznie poniżej pieca.

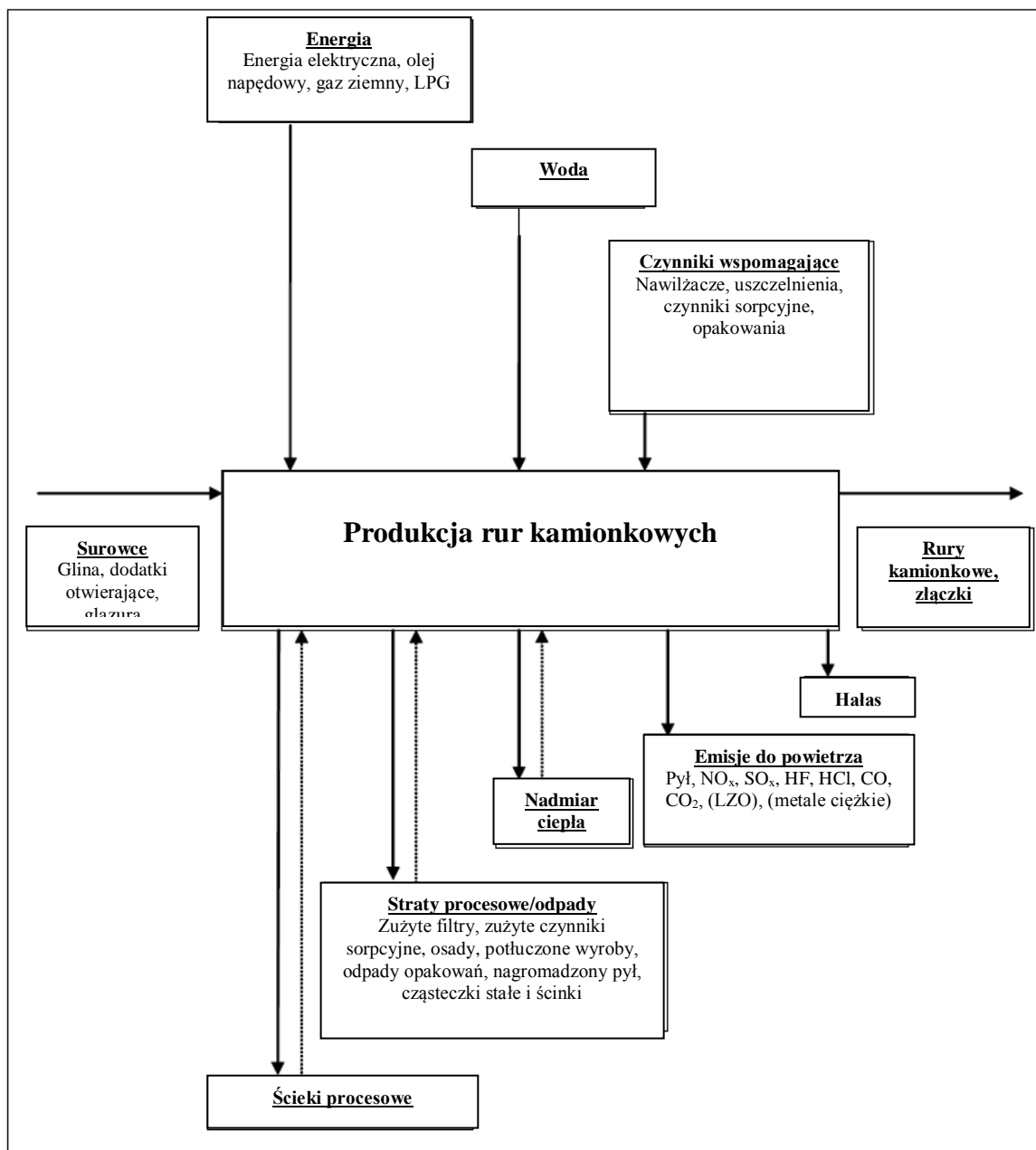
2.3.2.6 Obróbka końcowa

Po procesie wypalania wszystkie produkty są kontrolowane. Polimerowe elementy uszczelniające lub prefabrykowane uszczelki są dodawane w razie potrzeby na złączach kielichowych. Po tym etapie rury i złączki są pakowane.

Po dołączeniu elementów uszczelniających, rury o określonych średnicach (DN 250 do DN 600) są szlifowane, by zapewnić wysoką precyzję zakończeń kielichowych.

2.3.2.7 Strumienie początkowe i końcowe w procesie produkcji rur kamionkowych

Kluczowe strumienie początkowe i końcowe w procesie produkcji rur kamionkowych zostały zaprezentowane na poniższym rysunku [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].



Rysunek 2.15: Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji rur kamionkowych

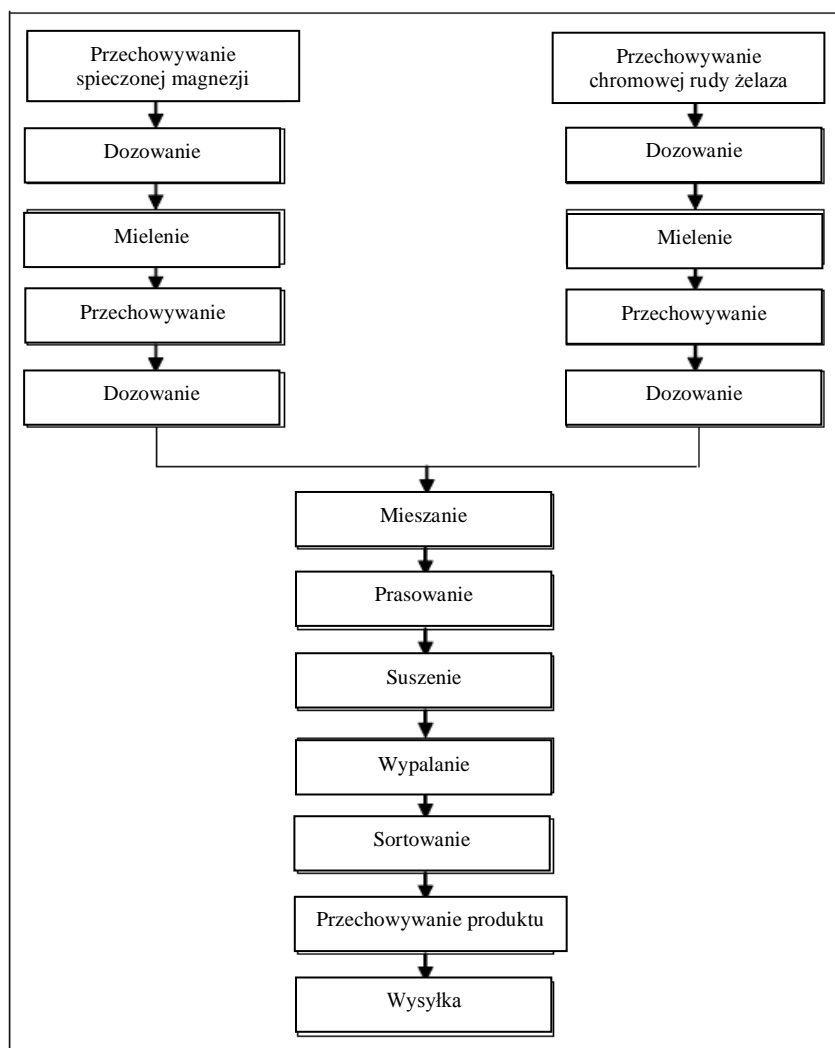
2.3.3 Produkty ogniotrwałe

Produkty ogniotrwałe są klasyfikowane zgodnie według ich podstawowego składnika. Do podstawowych grup należą:

- Produkty o wysokiej zawartości aluminium, grupa 1 ($\text{Al}_2\text{O}_3 > 56\%$)
- Produkty o wysokiej zawartości aluminium, grupa 2 ($45\% < \text{Al}_2\text{O}_3 < 56\%$)
- Produkty z gliny ogniotrwałej ($40\% < \text{Al}_2\text{O}_3 < 45\%$)
- Produkty z gliny ogniotrwałej o niskiej zawartości aluminium ($10\% < \text{Al}_2\text{O}_3 < 30\%$, $\text{SiO}_2 < 85\%$)
- Produkty krzemionkowe lub pół krzemionkowe ($85\% < \text{SiO}_2 < 93\%$)
- Produkty krzemionkowe ($\text{SiO}_2 < 93\%$)
- Produkty podstawowe, na bazie tlenku magnezu, chromitu, forsterytu i dolomitu, produkty magnezowo-chromowe, chromowo-magnezowe

- Produkty specjalne, na bazie węgla, grafitu, cyrkonu, tlenku cyrkonu, tlenku krzemu, węgliku krzemu, węglików (innych niż węglik krzemu), azotków, borków, spineli (innych niż chromit), stopionego wapna.

Do wyrobu cegieł w przemyśle zajmującym się produkcją wyrobów ogniotrwałych wykorzystuje się różne metody. Najprostszą metodą jest wycinanie kształtów z naturalnych lub sztucznie wytwarzanych surowców. Cegły z masy topionej są zwykle produkowane poprzez wlewanie stopu do forem w celu stężenia stopu do postaci cegły lub bloczka. Materiały o dużej ogniotrwałości są obecnie coraz częściej produkowane w procesie obejmującym drobne mielenie i mieszanie na mokro, a następnie produkty ogniotrwałe są formowane za pomocą wyciskania, odlewania masy lejącej lub prasowania izostatycznego. Jednakże obecnie preferuje się wytwarzanie cegieł ogniotrwałych za pomocą metody ciężkiej gliny ceramicznej. Proces produkcyjny obejmuje etapy przechowywania surowców, przygotowanie surowców, nadawanie kształtów, suszenie, wypalanie i obróbkę końcową. Poniższy rysunek prezentuje schemat procesu produkcji cegieł podstawowych zawierających rudę chromu [4, UBA, 2001].



Rysunek 2.16: Schemat produkcji podstawowych cegieł ogniotrwałych zawierających rudę chromu

2.3.3.1 Surowce

Jako surowce dla produktów ogniotrwałych wykorzystuje się glinę, szamot oraz naturalne skały, takie jak kwarcyt, dolomit, magnezyt i boksyt, które mogą podlegać kalcynowaniu (por. sekcja 2.2.2.8), a także syntetyczne materiały podstawowe, takie jak spieczony korund, węglik krzemu, stopiony mulit lub spinel. Aby utworzyć spójne masy, do zmielonych surowców dodaje się także substancje łączące i kruszywa. Istnieje wiele bardzo różnych rodzajów czynników wiążących i kruszyw, takich jak masa lejana, ług siarczynowy, pak węglowy, naftalen, syntetyczna żywica, mleczko wapienne, воск, kwas fosforowy, sadza, grafit i siarka. Surowce są przechowywane w zakrytych pojemnikach. Surowce dostarczane już pokruszone są przechowywane w silosach, aby uniknąć zachodzenia reakcji między wodą a surowcami.

Poniższa tabela pokazuje tlenki najczęściej stosowane do stapiania/odlewania produktów ogniotrwałych wraz z odpowiadającymi im temperaturami topnienia [3, CERAME-UNIE, 2003].

Nazwa	Wzór	Temperatura topnienia (°C)
Aluminium	Al_2O_3	2050
Chorm III	Cr_2O_3	2275
Magnezja	MgO	2830
Dolomit	$CaO + MgO$	2700
Krzem	SiO_2	1725
Tlenek cyrkonu	ZrO_2	2700
Cyrkon	$ZrSiO_4$	1770

Tabela 2.8: Tlenki najczęściej stosowane do topienia/odlewania

2.3.3.2 Przygotowanie surowców

Surowce zwykle są kruszone wstępnie, a następnie poddawane procesowi mielenia na drobne ziarna. Wstępne kruszenie wykonywane jest przez kruszarki szczękowe, udarowe, wałowe i stożkowe. Mielenia na drobne ziarna odbywa się w młynach pierścieniowo walcowych, młynach kulowych i wibracyjnych. Pokruszone i zmielone surowce są klasyfikowane na różne frakcje za pomocą sit wibracyjnych. Zbyt duży materiał jest zwracany do młynów. Frakcje, pomiędzy etapem przygotowania a produkcją cegieł, są przechowywane tymczasowo w silosach. Do dozowania wykorzystywane są wagi. Czynniki wiążące, formujące pory, redukujące przyczepność oraz smary są dodawane w razie potrzeby. Składniki są dodawane do mieszalników (przede wszystkim mieszalników działających okresowo), homogenizowane i wstępnie zagęszczane. Młyny krążnikowe, przeciwbieżne i dwuwałowe młyny do gliny okazały się bardzo skuteczne.

Masa lejna jest przygotowywana poprzez mieszanie surowców z czynnikami dyspergującymi, takim jak woda. Sprasowany pył jest wytwarzany w suchym, pół mokrym lub mokrym procesie, po którym następuje suszenie rozpyłowe.

2.3.3.3 Nadawanie kształtu

W procesie nadawanie kształtu wykorzystuje się odlewanie lub prasowanie pyłu. W procesie odlewania do form wlewa się masę odlewniczą. Po czas odpowiednim dla uformowania czerepu, surowe produkty są usuwane z form.

Dawniej prasowanemu pyłowi nadawano pożądany kształt za pomocą pras przegubowych. Obecnie, pracy przegubowe zostały zastąpione hydraulicznymi wyposażonymi w nowoczesne elektroniczne urządzenia kontrolne. Prasa nieustannie kontroluje cegły i, w razie potrzeby, wprowadza poprawki. Dziś standardem jest nacisk prasy rzędu 80 do 200 MPa. Korzystając z różnych programów prasy, można dostosować cegły ogniotrwałe do wymagań klientów.

Do produkcji specjalnych produktów ogniotrwałych o wysokiej jakości dopuszczona także metodę zgniatania izostatycznego. W tej metodzie elastyczne, plastyczne formy są wypełniane mieszanką drobnoziarnistego proszku ceramicznego. Po zamknięciu formy, mieszanka poddawana jest działaniu ciśnienia w hydraulicznym autoklawie. Ciśnienie jest jednolicie rozkładane we wszystkich kierunkach kompresowanego kształtu za pomocą sprężonej cieczy, co pozwala na uzyskanie jednolitego zagęszczenia. Przy produkcji dużych bloczków i wyrobów o specjalnych kształtach w tym procesie wykorzystuje się ciśnienie do 300 MPa.

Różne rodzaje mieszanek ceramicznych mogą być prasowane do kształtów za pomocą względnie niskiego ciśnienia w połączeniu z mechanicznymi drganiem wytwarzanymi przez wibratory. Ostatnio, tradycyjny proces nadawania kształtu został wzbogacony o nowy proces. Mieszanki, którym ma zostać nadany kształt są mieszane z czynnikami wiążącymi wrażliwymi na zimno. Następnie mieszanki są wlewane do form i utwardzane w temperaturze poniżej $-30^{\circ}C$.

2.3.3.4 Suszenie

Proces suszenia odbywa się w suszarkach komorowych lub tunelowych i trwa, w zależności od rozmiaru cegieł, od jednego dnia do kilku tygodni. Duże produkty są suszone w powietrzu o kontrolowanej wilgotności. Przed rozpoczęciem procesu wypalania, zawartość pozostałej wilgoci powinna być niższa niż jeden procent. Poniższa tabela prezentuje przykłady danych roboczych dla okresowo działających suszarek, których znaczenie w przemyśle wytwarzającym produkty ogniotrwałe stopniowo maleje [4, UBA, 2001].

Charakterystyka suszarek	Jednostka	Produkty ogniotrwałe	Produkty krzemionkowe
Wydajność	t/h	18	10
Objętość komory suszącej	m ³	171	56
Zakres gęstości	kg/m ³	105	180
Temperatura suszenia	°C	80	100
Czas suszenia	h	44	24
Specjalne wymagania energetyczne	kJ/kg	350	300
Objętość strumienia spalin	m ³ /h	1600	15000
Temperatura spalin	°C	60	60

Tabela 2.9: Dane robocze na temat okresowo działających suszarek (suszarki komorowe)

Poniższa tabela pokazuje dane robocze dwóch suszarek tunelowych i suszarek z kontrolowaną atmosferą [4, UBA, 2001].

	Jednostka	Suszarki tunelowe	Suszarki tunelowe	Suszarki z kontrolowaną atmosferą
Produkt		Gлина ogniotrwała	Magnezyt	Wysoka zawartość aluminium
Wydajność	t/h	2,1	4	3,5
Długość suszarki	m	80	51	36
Przekrój	m ²	1,65	2,5	2,7
Zakres gęstości	kg/m ³	1000	1800	1000
Temperatura suszenia	°C	100	150 – 180	30 – 200
Czas suszenia	h	48	17	32 – 48
Specjalne wymagania energetyczne	kJ/kg	500	1500	nie dotyczy
Objętość strumienia spalin	m ³ /h	800	11000	5410
Temperatura spalin	°C	40	120	105

Tabela 2.10: Dane robocze na temat dwóch suszarek tunelowych i suszarki z kontrolowaną atmosferą

2.3.3.5 Wypalanie

Produkty ogniotrwałe są wypalane w temperaturze od 1250 do 1850°C. Temperatura dojrzewania zależy od składu surowców i osiąga poziom początku odkształcenia. Temperatury wypalania dla najważniejszych grup materiałów mieszczą się w następujących przedziałach:

- Cegły ogniotrwałe 1250 – 1500°C
- Cegły krzemionkowe 1450 – 1500°C
- Cegły o wysokiej zawartości aluminium 1500 – 1800°C
- Cegły magnezjowe 1400 – 1800°C.

Produkty są wypalane w piecach tunelowych, piecach wahadłowych i okapowych. Poniższa tabela prezentuje przykładowe dane operacyjne na temat pieców tunelowych stosowanych w przemyśle wytwarzającym produkty ogniotrwałe [4, UBA, 2001].

Charakterystyka pieca tunelowego	Jednostka	Cegły magnezjowe	Cegły ogniotrwałe	Cegły boksytowe	Cegły krzemionkowe
Wydajność	t/h	2 – 8	4	4	2,1
Długość pieca	m	150	113	116	180
Przekrój	m ²	1,3 – 3	2,4	2,2	2,8
Zakres gęstości	kg/m ³	1000 – 2500	600 – 1500	600 – 1300	700 – 1000
Temperatura wypalania	°C	1760 – 1850	1360	1400	1450
Specjalne wymagania energetyczne (suszenie + wypalanie)	kJ/kg	6000 – 9700	3200	4500	9050
Objętość strumienia spalin	m ³ /h	15000 – 25000	10000 – 15000	10000 – 15000	1200
Temperatura spalin	°C	250 – 400	150 – 200	150 – 220	120

Tabela 2.11: Dane operacyjne na temat pieców tunelowych stosowanych w przemyśle wytwarzającym produkty ogniotrwałe

Poniższa tabela prezentuje przykładowe dane operacyjne na temat pieców wahadłowych stosowanych do wypalania produktów krzemionkowych, o wysokiej zawartości krzemu oraz z gliny ogniotrwałej [4, UBA, 2001].

Piece wahadłowe	Jednostka	Cegły krzemionkowe	Cegły o wysokiej zawartości krzemu	Cegły ogniotrwałe
Wydajność	t/h	153	40 – 50	18
Objętość komory wypalania	m ³	180	20	25
Zakres gęstości	kg/m ³	850 – 1100	2000 – 2500	650 – 1000
Temperatura wypalania	°C	1540	1340 – 1650	1430
Specjalne wymagania energetyczne	kJ/kg	4500 – 7000	4500 – 8000	7600
Objętość strumienia spalin	m ³ /h	do 50000	do 20000	3600 – 7000
Temperatura spalin	°C	180 – 300	180 – 290	160 – 250

Tabela 2.12: Dane operacyjne na temat pieców wahadłowych

Cegły, zwłaszcza w piecach tunelowych są coraz częściej ustawiane za pomocą automatycznie programowanych urządzeń. Cegły opuszczające prasy są automatycznie przenoszone i umieszczane na wózkach piecowych, zgodnie z zaprogramowanymi ustawieniami. Ustawienia umożliwiają uderzenie płomienia i gorących gazów do wszystkich stron, a zarazem pozwala to na utrzymanie niskiego zapotrzebowania na energię. Nowoczesne piece są zasilane olejem opałowym i gazem ziemnym. W niektórych przypadkach, dla krótkich serii specjalnych produktów wykorzystuje się ogrzewanie elektryczne.

2.3.3.6 Obróbka końcowa

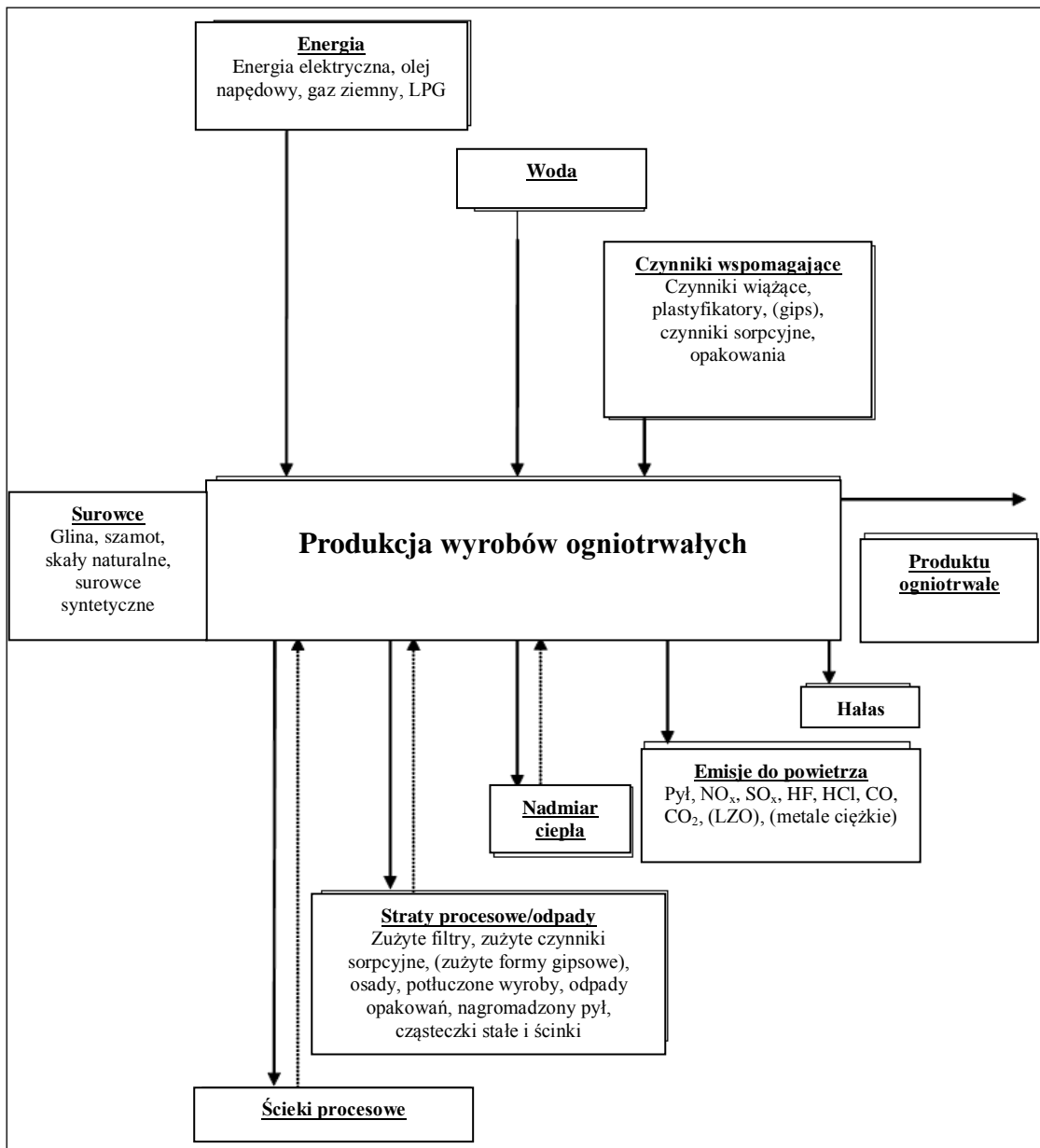
W niektórych szczególnych przypadkach, konieczne jest poddanie wypalonych produktów ogniotrwałych dalszej obróbce przez szlifowanie, polerowanie i toczenie w mokrych lub suchych procesach. Po takiej obróbce produkty są układane na paletach lub pakowane i pokrywane folią z tworzywa sztucznego, by uniknąć zamoczenia, ponieważ konieczne jest zagwarantowanie ochrony w trakcie całego procesu.

2.3.3.7 Procedury specjalne

Specjalne procedury są stosowane do produkcji wyrobów ogniotrwałych o specjalnych właściwościach. Formowanie wiązań węgla i impregnatów smołowych to procedury, w których stosowane są specjalne czynniki pomocnicze. Cegły zawierające związany węgiel są stosowane przede wszystkim podczas produkcji stali. Surowce są często poddawane na gorąco i prasowane ze pakim węglowym, smołą lub żywicami służącymi jako czynniki wiążące. Właściwości wiążące sprasowanych części są znacznie wzmożone przez ulepszanie i utwardzanie. Czynniki wiążące są koksowane podczas ulepszania w atmosferze beztlenowej w temperaturze od 320 do 550°C. Podczas procesu utwardzania produkty są ogrzewane do około 150 - 220°C w piecach elektrycznych. Cegły ogniotrwałe są niekiedy impregnowane za pomocą paku węglowego lub bitumenu, by uniknąć „otwierania się porów”.

2.3.3.8 Strumienie początkowe i końcowe w procesie produkcji wyrobów ogniotrwałych

Kluczowe strumienie początkowe i końcowe w procesie produkcji wyrobów ogniotrwałych zostały zaprezentowane na poniższym rysunku [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].



Rysunek 2.17: Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji wyrobów ogniotrwałych

2.3.4 Keramzyt

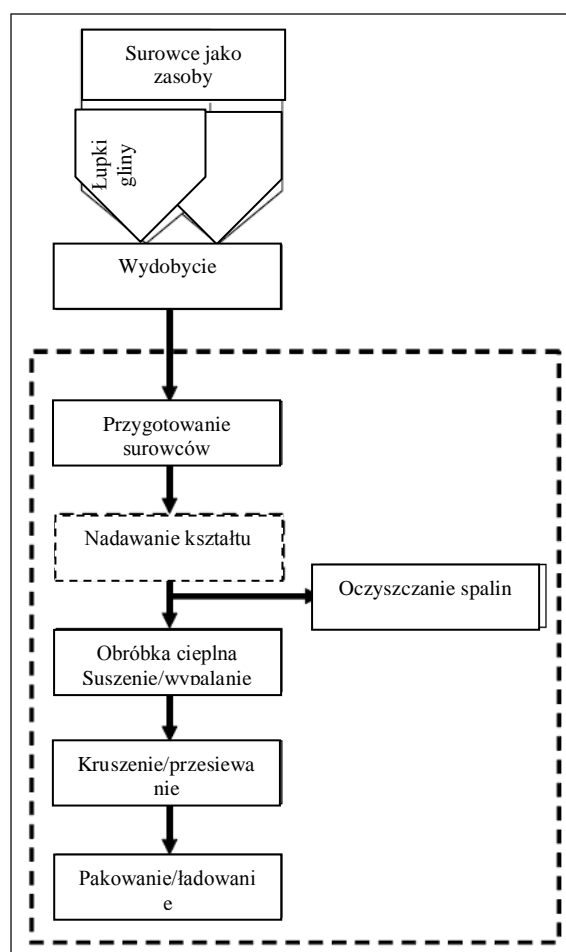
Keramzyt to porowaty produkt ceramiczny o jednolitej strukturze porów o drobnych, zamkniętych komórkach i posiada gęsto spieczoną, trwałą powłokę. Jest produkowany z surowców zawierających minerały ilaste i dodatków. Surowce są przygotowywane, umieszczane w formach, a następnie poddawane procesowi wypalenia w temperaturze od 1100 do 1300°C, co skutkuje znacznym zwiększeniem objętości spowodowanej rozszerzaniem się produktu.

W przemysłowej produkcji keramzytów, muszą zostać spełnione pewne wymagania materiałowe. Innym ważnym czynnikiem jest projekt pieca, który powinien odpowiadać charakterystykom surowców oraz ilościom, które zostaną poddane obróbce. Poniższe parametry mogą wpływać na proces rozszerzania się:

- Skład surowców
- Dodatki
- Krzywa temperaturowa
- Atmosfera w piecu
- Lepkość jako funkcja wymienionych powyżej czynników wpływu.

Doświadczenia praktyczne zdobyte podczas produkcji keramzytów wykazują, że rozszerzalność gliny jest determinowana przez surowce i dodatki, a także przez technologię procesu termicznego. Główne technologiczne czynniki wpływające na rozszerzalność surowców jest tempo ogrzewania oraz atmosfera w piecu.

Produkcja keramzytów obejmuje następujące etapy: wydobywanie (te czynności nie zostały uwzględnione w niniejszym dokumencie), przygotowanie surowców, nadawanie kształtu, obróbka termiczna (suszenie, wypalanie), końcowa obróbka produktów, odzyskiwanie produktów i przygotowanie do transportu (pakowanie, ładowanie). Poniższy rysunek prezentuje schemat produkcji keramzytów [26, UBA, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005]. Proces nadawania kształtu nie jest istotny dla wszystkich zakładów.



Rysunek 2.18: Schemat produkcji keramzytów

2.3.4.1 Surowce, dodatki i środki pomocnicze

Surowce wykorzystywane do produkcji keramzytów to szybko spiekana gliny. Przy kontrolowanym dawkowaniu ogrzewania i w temperaturze od 1100 do 1300°C, znacznie zwiększają one swoją objętość. Wyłącznie te surowce, które podczas podgrzewania do tych temperatur początkowo tworzą piroplastyczną, gęsto spieczoną lub stopioną powłokę i jednocześnie wewnątrz korpusu (granulek) tworzą gazy umożliwiające rozszerzenie lepkich elementów, są odpowiednie. Obecność odpowiednich topników, takich jak tlenki żelaza, ziemie alkaliczne, a także substancje gazotwórcze, które są obecne albo w surowców, albo są dodawana podczas procesu przetwarzania, są do tego niezbędne.

Poprzednie badania wykazały, że własności rozszerzania się gliny jako surowca nie mogą zasadniczo być wyprowadzone z analizy. Niektóre ogólne stwierdzenia na temat składu chemicznego/mineralnego, a także innych własności materiałów, które okazały się odpowiadać za rozszerzalność to:

- względnie wysoka plastyczność, przy zawartości dużych cząstek stałych
- względnie wysoka zawartość krzemianów warstwowych, szczególnie z grupy illitów lub miki, przekraczająca 40% jest korzystna, zawartość kaolinitu jest zwykle niewielka
- zawartość kalcytu lub dolomitu skraca czas rozszerzania, obecność grudek wapna jest szkodliwa, ponieważ może prowadzić do odpryskiwania
- skład chemiczny:
 - Al_2O_3 : 12 – 25%
 - SiO_2 : 47 – 78%
 - Topniki (Na_2O , K_2O , CaO , MgO , Fe_2O_3 , FeO): 8 – 29%
 - Węgiel organiczny: 0 – 2,5%
 - FeS_2 : powinien być drobno zmielony (zawartość w końcowym produkcie $\leq 1,0$ lub 1,5% SO_3)
- skład mineralny:
 - kwarc: 7 – 45%
 - węglany: 0,1 – 17%
 - minerały ilaste: 40 – 80%
 - skałki: 5 – 25%
 - inne: 3 – 17%
- piroplastyczne zmiękczenie masy lub granulek powinno zachodzić podczas najbardziej korzystnego etapu procesu tworzenia się gazów, to umożliwia najkorzystniejszy zakres rozszerzania się od co najmniej 50 do 100 K.

Glinki, które w sposób naturalny nie nadają się do rozszerzania mogą stać się rozszerzalne poprzez dodanie do nich odpowiednich dodatków i środków pomocniczych, które ułatwiają produkcję keramzytów o określonych właściwościach (na przykład, jeżeli celem jest maksymalizacja właściwości izolacyjnych, często do rozszerzanej gliny dodaje się środki wspomagające rozszerzanie), a niekiedy także czynią ją bezpieczniejszą. Przykłady dodatków (topników i środków adhezyjnych) oraz środków pomocniczych (czynniki wspomagające rozszerzanie) zostały przedstawione w poniższej tabeli okazały się szczególnie skuteczne:

Topniki	Środki wspomagające rozszerzanie	Środki adhezyjne
Tlenki żelaza	Ciężki oleje	Składniki wapienne
Wodorotlenki żelaza	Lignosulfoniany	Dolomit
Gliny ilaste	Ultradrobny koks/węgiel	
	Gliny bitumiczne	

Tabela 2.13: Przykłady dodatków wspomagających rozszerzanie i środki pomocnicze

Rodzaje dodatków i środków pomocniczych zależne są od składu surowców, technologii procesu produkcyjnego (przetwarzania wilgotnych lub suchych glin, por. sekcja 2.3.4.2), ekonomicznej dostępności oraz charakterystyk emisji. Dawka zwykle waha się od 0 do 10% wagi.

2.3.4.2 Ogólny system i proces technologiczny

2.3.4.2.1 Nadawanie kształtu

Do przygotowania surowców oraz nadawania im kształtu, w zależności od zawartości wilgoci w glinie, stosuje się podstawowe techniki.

W przypadku glin o relatywnie wysokiej zawartości wilgoci, najczęściej wykorzystuje się procesy mokre: podczas mechanicznej obróbki i homogenizacji w zbiornikach na glinę, młynach misowych, rozdrabniaczach, mieszalnikach dwuwałowych i zgniataczach, glinki ciągliwe (wraz z dodatkami) są wprowadzane do suszarek obrotowych. Dzięki odpowiedniej sekwencji suszących elementów pieca, takich jak łańcuchy, kratownice i płytki, fragmenty gliny są następnie dzielone.

W przypadku raczej suchych glin, najczęściej stosuje się proces półmokry: wstępne kruszenie jest wykorzystywane do rozdrabniania dużych kawałków surowców do ziaren wielkości mniejszej niż 100 mm. Materiały mogą podlegać homogenizacji podczas automatycznego przechowywania oraz pobierane za pomocą gąsienicowych koparek łyżkowych. W urządzeniach do mielenia na sucho, surowce gliniaste są kruszone pomiędzy obrotową tarczą mielącą a walkami mielącymi. Sproszkowane gliny są dodawane wraz z wodą do pochylego granulatora talerzowego. Ruch obrotowy talerzy pozwala uzyskać sferyczne granulki, które opadają do niższej krawędzi talerza a ruch toczący pozwala uzyskać odpowiedni efekt granulujący. Aby zredukować napięcie powierzchniowe do dodanej wody dodaje się także właściwe odczynniki. Na wielkość granulek wpływ mają odpowiednie surowce, a ich charakterystyki dostosowane do surowców zmienia się poprzez zmiany prędkości oraz nachylenia talerza oraz wysokości jego krawędzi. Granulki przechodzą przez „bęben proszkowy”, w którym powierzchnia granulek poddawana jest działaniu proszku wapiennego. To zapobiega wiązaniu niewypalonych granulek, a następnie zapobiega ich rozszerzaniu się w piecu.

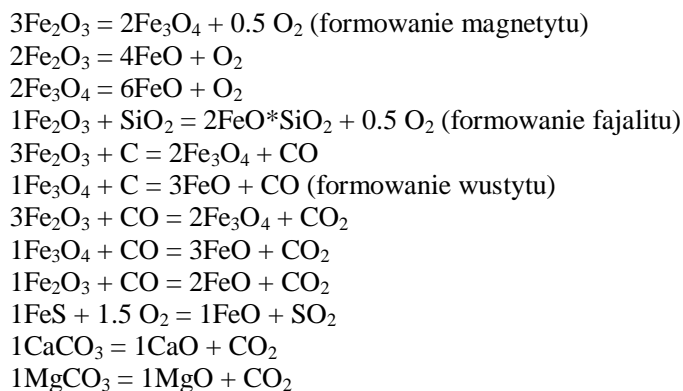
2.3.4.2.2 Technologia procesu termicznego

Trendy w projektowaniu pieców są charakteryzowane wysiłkami związanymi z opracowywaniem systemów o prostych i elastycznie dopasowujących się zarówno w zakresie surowców, jak i wymaganych właściwości produktów. Jedną z metod osiągnięcia tego jest zmienne wypalanie oraz kontrola powietrza, w połączeniu ze zróżnicowaniem czasów transferowych na poszczególnych etapach termicznych. Optymalna krzywa temperaturowa dla osiągnięcia właściwej gęstości zależy od mieszanki surowców i dodatków. Aby zoptymalizować tę procedurę, podgrzewacze są umieszczane na początku procesu w piecu, w którym przeprowadzane jest rozszerzanie. Najczęściej stosowanym typem podgrzewacza jest podgrzewacza bębnowy (piec suszący). Do schładzania zwykle wykorzystuje się urządzenia takie jak chłodnice, chłodnice obrotowe, chłodnice satelitarne i chłodnice rusztowe oraz lejkowe.

Piece obrotowe wykorzystywane do produkcji keramzytów zwykle działają w trybie przeciwbieżnym, tzn. materiał oraz czynnik grzewczy poruszają się w przeciwnych kierunkach. Surowce są dodawane w zimnej części pieca. Ze względu na nachylenie bębna oraz rotację pieca, materiał opada w stronę gorącej części pieca, tzn. do stref z wyższymi temperaturami. Czas przejścia zależy od nachylenia pieca, jego prędkości oraz jego wyposażenia wewnętrznego. Czas ma ogromne znaczenie dla charakterystyk produktów. Aby zapobiec sklejanemu się granulek, piece niekiedy są wyposażane w odpowiednie urządzenia takiej jak na przykład rozwieszony łańcuch. Rozmiary pieca zmieniają się w zależności od zastosowanej techniki. Długości tub wahają się od 4 do 80m, a ich średnice od 1,0 do 4,5 m. Jako paliwa stosuje się oleje, węgiel, gaz, a także alternatywne/wtórne paliwa o pochodzeniu organicznym (np. biopaliwa, biomasa) oraz nieorganicznym (np. olej odpadowy, rozpuszczalniki). Układ systemu ma na celu optymalizację równowagi termicznej, użycie szerokiego zakresu temperatur oraz opcji czasu ogrzewania.

2.3.4.2.3 Reakcje chemiczne podczas rozszerzania się

Podczas ogrzewania granulek, z pozostałej wody tworzy się para wodna, a także tlen, para wodna z procesu tworzenia, gazy powstające w wyniku rozkładu substancji organicznych, dwutlenek siarki, kwas węglowy i węglanów. Jednocześnie pory na powierzchni zostają zamknięte. Keramzyt (o raczej drobnokomórkowej strukturze wewnętrznej) tworzy się w wyniku rozszerzania się gazów przy wzroście temperatury. Główne reakcje zachodzące podczas rozszerzania się to:



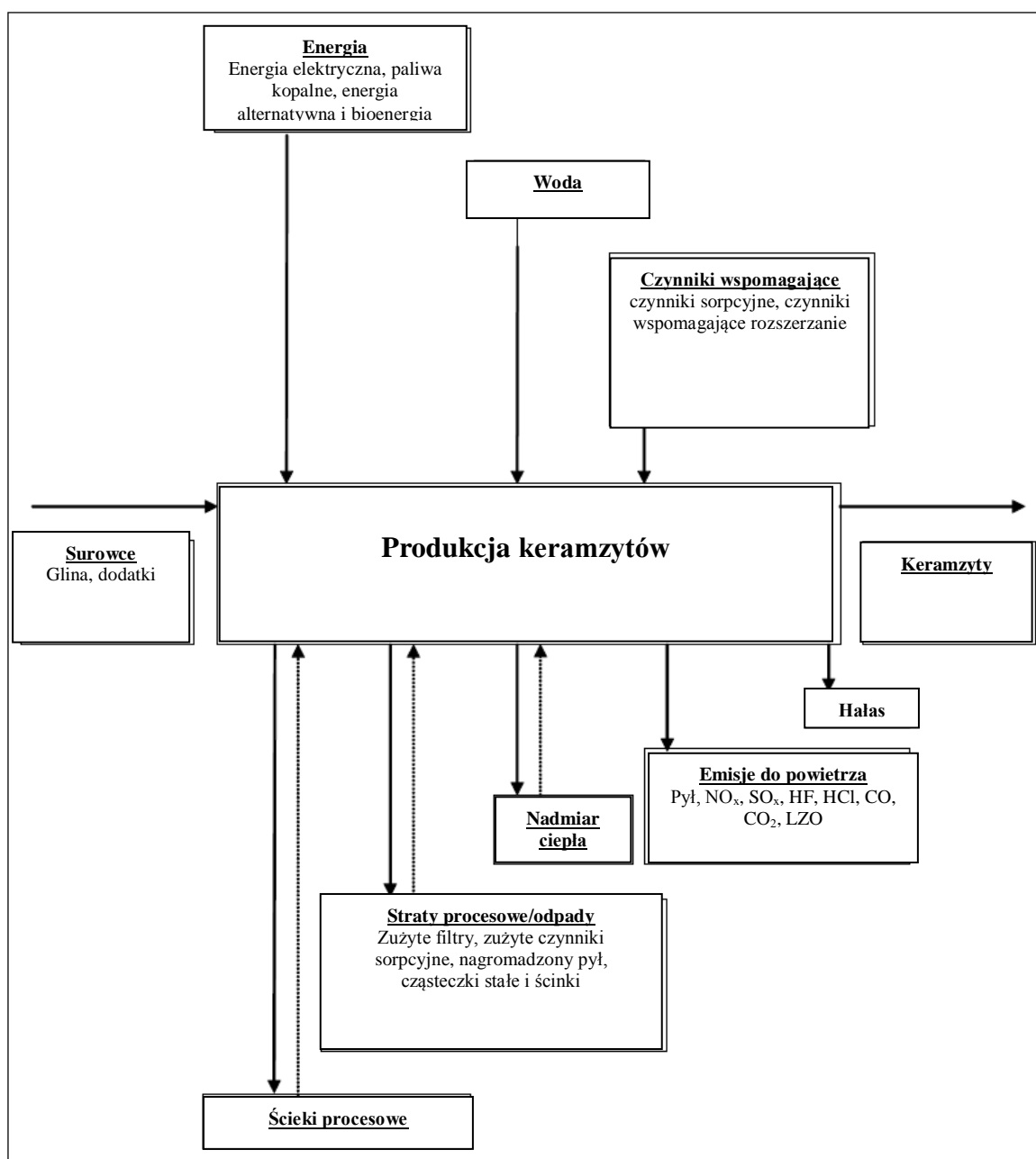
W związku z tym, podstawowe elementy gazowe oraz związki, które są uwalniane to tlen, tlenek węgla, dwutlenek węgla i/lub dwutlenek siarki, z których co najmniej jeden musi być dostępny na w procesie rozszerzania się. Zasadniczo zachodzi on w temperaturze rozszerzania mieszczącej się w przedziale od około 750 do 1300°C.

2.3.4.2.4 Końcowe przesiewanie i kruszenie

W procesie produkcji keramzytów, po procesie obróbki termicznej, kruszywa przechodzą przez etap przesiewania i kruszenia, aby osiągnąć właściwą granulometrię oraz jakość. Zwykle stosuje się przesiewania na sucho i kruszarki piaskowe.

2.3.4.2.4 Strumienie wejściowe i wyjściowe w produkcji keramzytów

Kluczowe strumienie początkowe i końcowe w procesie produkcji keramzytów zostały zaprezentowane na poniższym rysunku [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [26, UBA, 2005], [28, Schorcht, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].



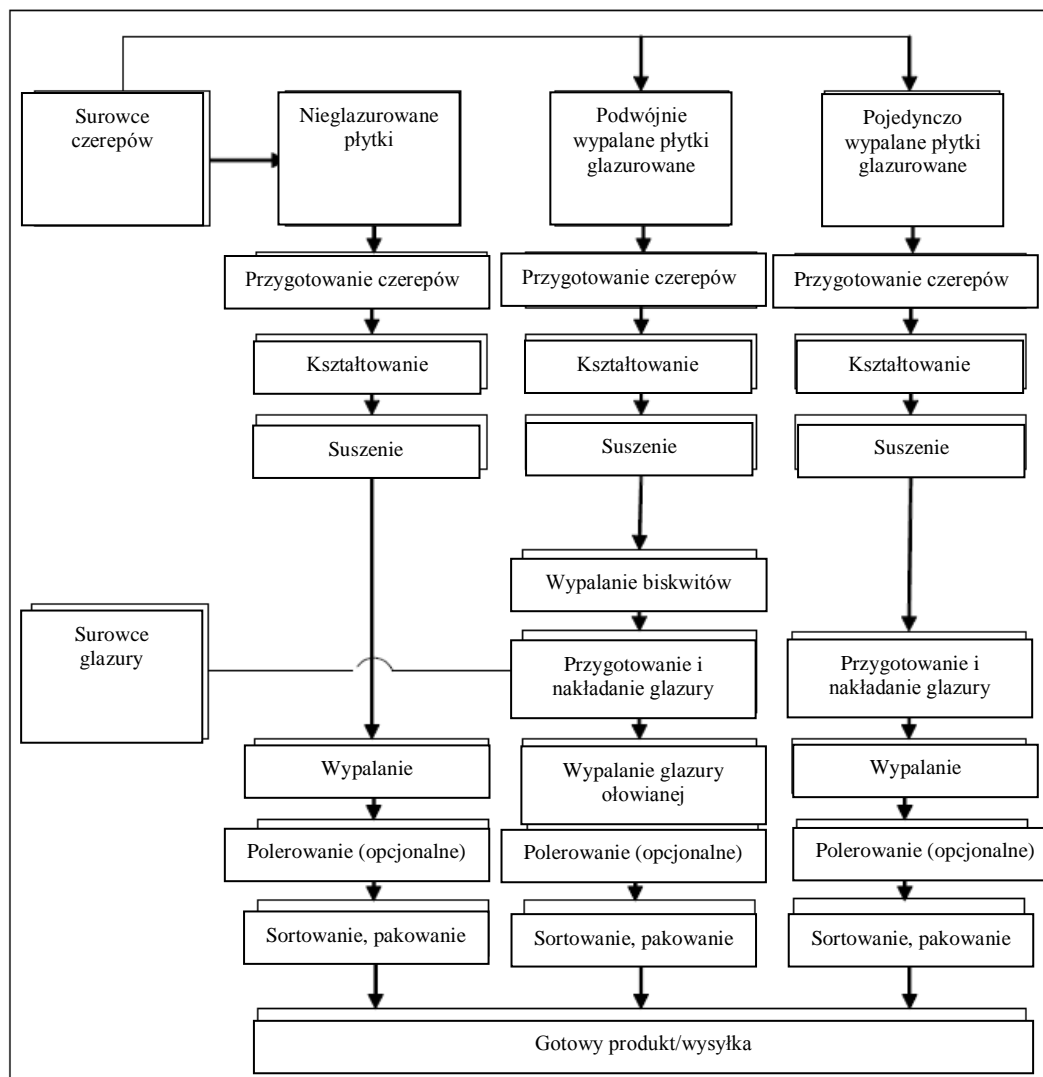
Rysunek 2.19: Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji keramzytów

2.3.5 Płytki ścienne i podłogowe

Proces produkcji płytek ściennych i podłogowych składa się z szeregu następujących po sobie etapów, które można podsumować w następujący sposób:

- przechowywanie surowców
- przygotowanie czerepów (prasowanie proszku (mokry lub suchy proces) lub pasty do wyłaczania)
- nadawanie kształtu
- suszenie surowych czerepów
- przygotowanie glazury i glazurowanie
- wypalanie (z glazurowaniem lub bez)
- polerowanie
- sortowanie i pakowanie.

W zależności od tego, czy produkt ma być glazurowany, czy nie, a także w zależności od tego, czy stosuje się pojedynczy, podwójny czy potrójny wypał, płytki są lub nie są pokrywane glazurą w określonym procesie lub kolejność etapów glazurowania i wypalania zostanie w odpowiedni sposób zmieniona. Poniższy rysunek pokazuje schemat różnych możliwości procesu produkcji płytek ściennych i podłogowych [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005].



Rysunek 2.20: Schemat produkcji płytek ściennych i podłogowych

2.3.5.1 Surowce

Glinki i kaoliny to typowe plastyczne surowce stosowane do produkcji płytek ściennych i dachowych. Szamot, kwarc, skaień, węgiel wapnia (kalcyt), dolomit i talk są surowcami nie plastycznymi o różnych funkcjach w składzie czerepów (na przykład skaień działa jako topnik, podczas gdy kalcyt umożliwia formowanie się faz krystalicznych). Takie same surowce w połączeniu z frytami glazurowymi, tlenkami metali oraz barwnikami są także wykorzystywane w glazurach. Elektrolity, takie jak krzemian sodu lub difosforan są dodawane, aby zredukować zużycie energii podczas procesu suszenia dzięki redukcji wody.

Składniki czerepów są dodawane do surowców w miejscu przechowywania jako materiały gruboziarniste. Materiały są przechowywane na otwartym powietrzu, w wiatach magazynowych, pudełkach lub silosach. Mniejsze ilości są dostarczane i przechowywane w workach i kontenerach, a płynne substancje w zamkniętych cysternach.

2.3.5.2 Przygotowanie surowców

Przygotowanie surowców obejmuje różne działania i techniki, zgodnie z rodzajem lub postacią czerepów, które mają zostać wyprodukowane.

Dozowanie surowców jest wykonywane grawimetrycznie z uwzględnieniem zawartości wilgoci w surowcach. Niewielkie ilości pigmentów, tlenków metali i barwników są dodawane do barwienia składników czerepów. Większe elementy zostają wstępnie pokruszone w młynach rolkowych lub maszynach ślimakowych. Po zważeniu, wstępnie pokruszone materiały są mielone (wraz z wodą i elektrolitami) w mokrych młynach bębnowych, które mogą działać stale lub okresowo. Dodatkowo zróżnicowaniem jest wprowadzane za pomocą procesów elutriacji i homogenizacji partii surowców w dużych zbiornikach. Roztwór jest pompowany ze zbiorników do mokrych młynów bębnowych. Zawartość wody w roztworze wynosi około 35%.

Po zmieleniu (do wielkości cząsteczek $< 0,1$ mm), roztwór jest przesiewany stopniowo i przechowywany w zbiornikach z mieszadłem. Roztwór jest przetwarzany do plastycznych czerepów („pasta do wytłaczania”) lub do proszku do prasowania. Produkcja i przetwarzanie masy lejnnej nie jest typowe dla produkcji płytek ściennych i podłogowych.

Pasty do wytłaczania są zwykle przygotowywane w młynach talerzowych lub urządzeniach laminujących. Aby wyprodukować taką pastę, roztwór zostaje odwodniony w prasach filtracyjnych lub filtrach rotacyjnych do zawartości wody na poziomie 20 do 25%. Substancje organiczne i nieorganiczne są dodawane do związków plastycznych, by zwiększyć plastyczność. Substancje te to, na przykład, alginiany, dekstryny, ligniny, metyloceluloza, etyloceluloza i parafina.

Specjalne procesy wykorzystywane do przygotowania surowców do plastycznego kształtowania do mielenie w suchych młynach, mieszanie a następnie dodawanie około 20% wody (proces Cuhctala) [23, TWG Ceramics, 2005].

Płytki są zwykle produkowane za pomocą prasowania proszku. Prasowanie proszku może odbywać się zarówno w suchym, jak i mokrym procesie.

W mokrym procesie, roztwór jest pompowany ze zbiorników wyposażonych w mieszadło za pomocą pomp do suszarek rozpyłowych lub zapłonowych. Suszenie odbywa się w temperaturze od 350 do 450°C do osiągnięcia zawartości wody na poziomie od pięciu do dziewięciu procent. Ciepło niezbędne dla suszarek rozpyłowych wytwarzane jest za pomocą spalania gazu ziemnego lub oleju opałowego. Organiczne płynne dodatki są dodawane by zwiększyć lejne właściwości proszku. Dodatki lejne mogą być organiczne lub nieorganiczne: najpowszechniej stosowane dodatki służące do przygotowania składu czerepów to: krzemian sodu, trójfosforan sodu i akrylany. Zwykle, z wyjątkiem przypadków szczególnych (np. przy dużych rozmiarach), nie jest konieczne stosowanie do przygotowania składu czerepów czynników wiążących takich jak karboksymetyloceluloza, metyloceluloza, polialkohol winylowy, etc. z uwagi na ich znaczną zawartość w glinkach [23, TWG Ceramics, 2005].

Suchy proces obejmuje suche mielenie w młynach stożkowych, udarowych lub pierścieniowych, po których następuje odpowiednie nawilżanie zmielonego proszku, aby uzyskać średnią zawartość wilgoci około 5 do 7%.

2.3.5.3 Nadawanie kształtu

„Pasta do wytłaczania” jest kształtowana w wytłaczarce aż do osiągnięcia właściwego kształtu i cięta na kawałki. Typowe produkty wytwarzane z takich plastycznych składników przycinane płytki. Fajansowe i kamionkowe płytki są zwykle produkowane za pomocą prasowania proszku. Proszek jest kształtowany w udarowych prasach tłoczących, prasach skrętnych lub prasach hydraulicznych, przy ciśnieniu około 35 MPa. Zwykle stosuje się prasy wielonarzędziowe, które mogą formować cztery płytki w jednym cyklu. Prasowane surowe produkty są polerowane i wkładane do wózków pieca tunelowego lub suszarek obrotowych ręcznie lub automatycznie.

2.3.5.4 Suszenie

Prasowane czerepy są suszone przede wszystkim w piecach tunelowych, rolkowych lub pionowych. Straty ciepła z pieca oraz palniki opalane olejem i gazem ziemnym są wykorzystywane do ogrzewania suszarki. Suszenie jest przeprowadzane w temperaturze w temperaturze wahającej się w zależności od technologii, np. w suszarkach pionowych od 200 do 220°C oraz suszarkach tunelowych od 300 do 350°C. Suszenie trwa od jednej do czterech godzin w zależności od zawartości wody w surowych produktach. Wymagana zawartość wilgoci wynosi mniej niż jeden procent, aby uniknąć pęknięć oraz błędów glazurniczych w procesie wypalania.

2.3.5.5 Wypalanie i glazurowanie

Płytki są produkowane jako glazurowane lub nieglazurowane pojedynczo wypalane produkty lub jako glazurowane podwójnie lub nawet potrójnie wypalane produkty. W procesie podwójnego wypalania, płytki przechodzą najpierw etap wypalania biskwitu. Proces ten przeprowadzany jest w temperaturze od 1050 do 1150°C w klasycznych piecach tunelowych (trwa od 20 do 50 godzin) lub w nowoczesnych piecach z rolkowym paleniskiem, gdzie trwa od jednej do dwóch godzin. Piece działające okresowo są rzadko stosowane w procesie wypalania biskwitu. Po tym etapie, płytki są automatycznie sortowane i dostarczane do procesu glazurowania. Glazura jest nakładana na płytki na pomocą rozpylania lub zraszania. Urządzenia glazurujące są wyposażone w elementy ścierające do płytek marmurowych. Ponadto, do dekorowania wykorzystuje się drukarki sitodrukowe lub techniki grawerowania i fleksografii. Surowce glazur są często dostarczane jako fryty. Wszystkie składniki fryt zostają wcześniej podzielone na partie, wypalone i zmielone. Substancje takie jak ołów są związane we frytach w postaci cząsteczkowej, tak aby woda nie mogła ich wymyć na kolejnych etapach procesu.

Końcowe wypalanie odbywa się w piecach z paleniskiem rolkowym, piecach tunelowych lub piecach działających okresowo. Glazurowane płytki są umieszczane na akcesoriach do wypalania i wypalane w temperaturze od 1050 do 1300°C w piecach tunelowych lub w piecach o palenisku rolkowym bez wspomagaczy wypalania. Specjalnie formowane płytki są wypalane w piecach wahadłowych lub tunelowych w temperaturze do 1100°C. Poniższa tabela prezentuje przykłady danych operacyjnych na temat pieców tunelowych i pieców z paleniskiem rolkowym.

	Jednostka	Piec tunelowy wypalanie biskwitu	Piec z paleniskiem rolkowym	
			końcowe wypalanie	pojedyncze wypalanie
Produkt		Płytki o wyższej absorpcji wody		
Wydajność	t/h	2,8	1,2	1,6
Długość pieca	m	120	60	80
Przekrój	m ²	1,5 – 2,0	0,8 – 1,2	0,5 – 1,0
Zakres gęstości	kg/m ³	500 – 700	10 – 30	10 – 30
Temperatura wypalania	°C	1100	1250	1300
Specjalne wymagania energetyczne	kJ/kg	3500	2900	2200
Objętość strumienia spalin	m ³ /h	15000	10000	13000
Temperatura spalin	°C	180	160	200

Produkt	Jednostka	Piec tunelowy	Piec z paleniskiem rolkowym	
			Płytki o niższej absorpcji wody	
			nieglazurowane	glazurowane
Wydajność	t/h	1,2	2,1	2,1
Długość pieca	m	130	80	60
Przekrój	m ²	1,5 – 2,0	1,2	0,8 – 1,0
Zakres gęstości	kg/m ³	700 – 1000	20 – 30	20 – 30
Temperatura wypalania	°C	1200	1220	1230
Specjalne wymagania energetyczne	kJ/kg	3900	2900	2500
Objętość strumienia spalin	m ³ /h	15000	10000	13000
Temperatura spalin	°C	220	160	160

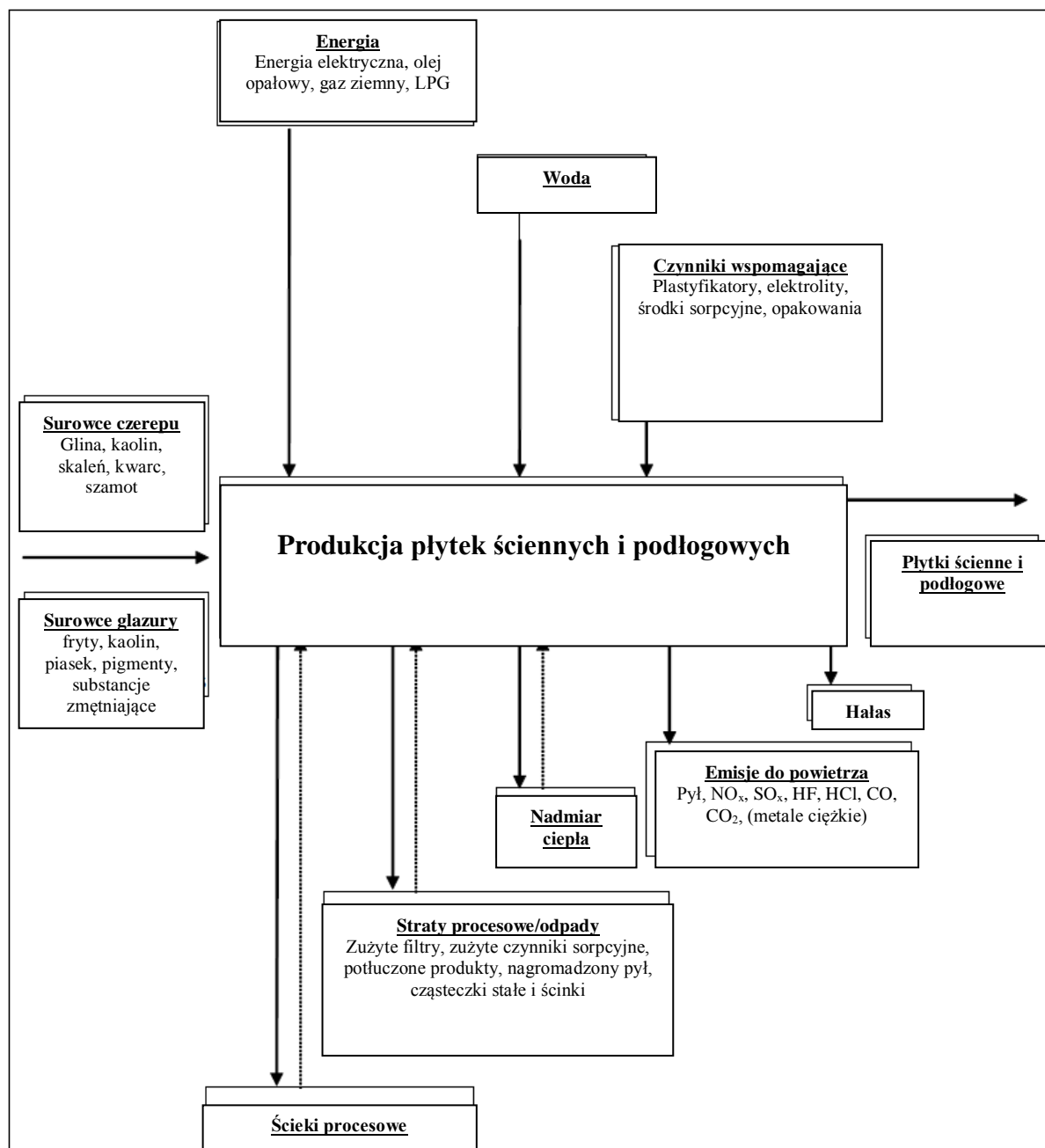
Tabela 2.14: Dane operacyjne na temat pieców tunelowych i pieców z paleniskiem rolkowym

2.3.5.6 Obróbka końcowa

Po końcowym wypaleniu, niektóre rodzaje płytek (przede wszystkim nieglazurowanych płytek gresowych) mogą być szlifowane lub polerowane. Na koniec płytki są, ręcznie lub automatycznie, sortowane, pakowane i układane na paletach. Palety są następnie pokrywane folią w maszynie pakującej.

2.3.5.7 Strumienie wejściowe i wyjściowe w produkcji płytek ściennych i podłogowych

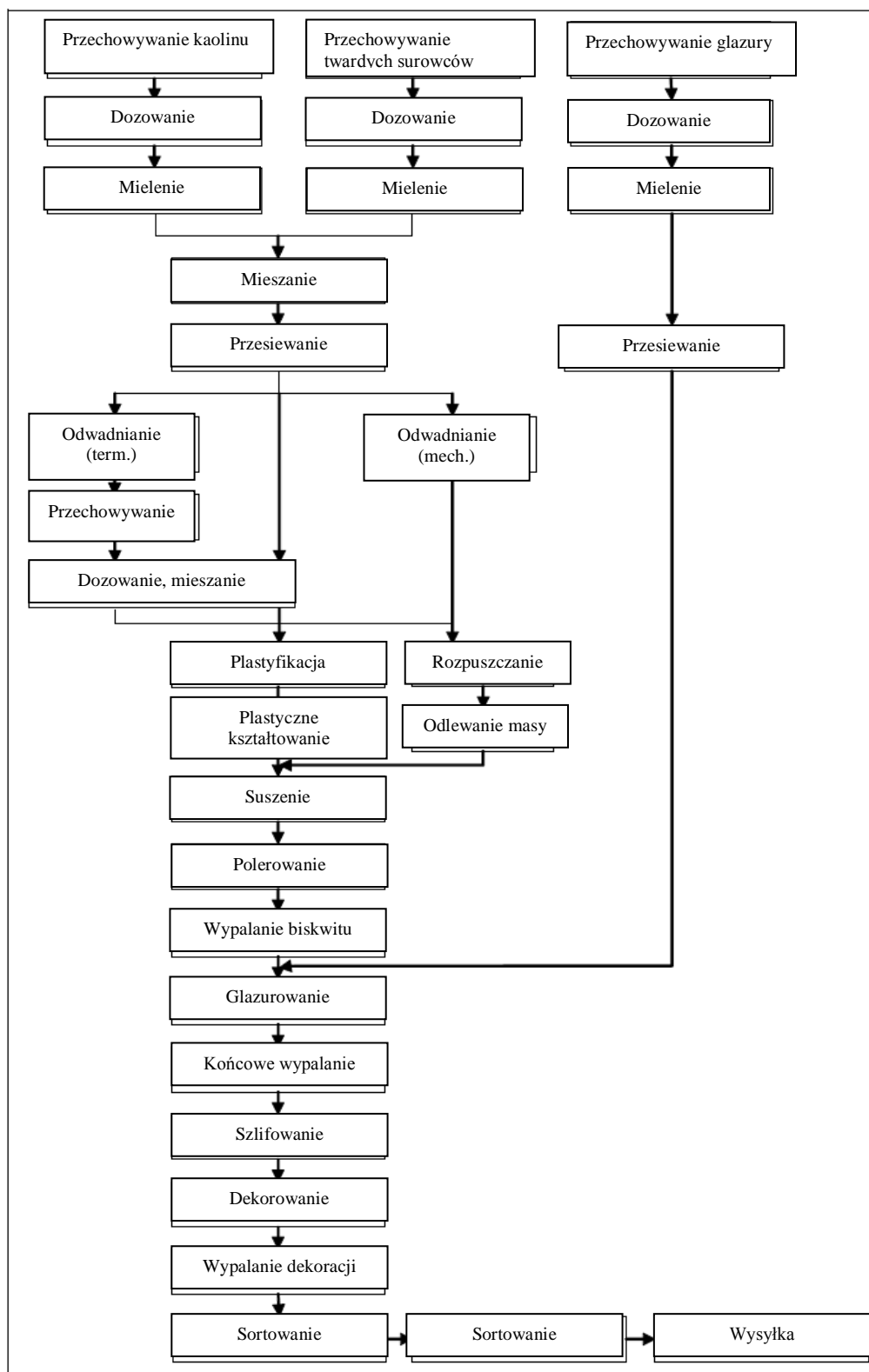
Kluczowe strumienie początkowe i końcowe w procesie produkcji płytek ściennych i podłogowych zostały zaprezentowane na poniższym rysunku [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].



Rysunek 2.21: Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji płytek ściennych i podłogowych

2.3.6 Zastawa stołowa i dekoracje (ceramika domowa)

Proces produkcji ceramiki domowej składa się z następujących podstawowych etapów: przechowywanie surowców, przygotowanie surowców, nadawanie kształtu, suszenie, wypalanie, glazurowanie, dekorowanie i obróbka końcowa. Poniższy rysunek prezentuje etapy produkcji porcelany stołowej jako typowego przykładu produkcji ceramiki domowej [4, UBA, 2001].



Rysunek 2.21: Schemat produkcji porcelany stołowej**2.3.6.1 Surowce**

Plastyczne glinki, skaień i kwarc są wykorzystywane jako surowce przy produkcji ceramiki domowej. Różne składniki dla partii czerepów oraz partii glazury są dostarczane do fabryki i, w zależności od zawartości wilgoci w surowcach, metody przechowywania i wielkości cząsteczek, są przechowywane w silosach, workach i pojemnikach. Aby osiągnąć dobre charakterystyki czerepów stosuje się szereg różnych surowców o różnych parametrach.

Tabele 2.15 oraz 2.16 pokazują typowe zakresy mineralnego i chemicznego składu surowców stosowanych przy produkcji ceramiki domowej [3, CERAME-UNIE, 2003].

Mineral (%)	Ceramika	Zeszkłona	Porcelana	Porcelana kostna	Kamionka
Kaolin	25	25	55	25	0
Glina garncarska	15 – 25	25	0	0	0
Skaleń*	0 – 15	20	15	25	30
Talk	0 – 35	0	0	0	0
Krzem	20 – 35	0	30	0	70
Krzemień	0	30	0	0	0
Popiół kostny*	0	0	0	50	0

*Sjenit nefelinowy: zwykle stanowi alternatywę dla skalenia i popiołu kostnego

Tabela 2.15: Typowe zakresy mineralnego składu surowców stosowanych przy produkcji ceramiki domowej

Mineral (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Inne
Kaolin	55	35	10
Glina garncarska	75	20	5
Skaleń	70	20	10
Sjenit nefelinowy	60	25	15
Talk	60	0	40 (MgO)
Krzem	95	0	5
Krzemień	90	0	10
Popiół kostny	0	0	100 (Ca ₅ (PO ₄) ₃ OH)

Tabela 2.16: Typowe zakresy chemicznego składu surowców stosowanych przy produkcji ceramiki domowej

2.3.6.2 Przygotowanie surowców

Przygotowanie surowców do produkcji ceramiki domowej odbywa się za pomocą mokrych lub suchych procesów. Zwykle używa się „pasty do wytłaczania” i „proszku do prasowania”. Składniki czerepów zwykle dozowane są grawimetrycznie. Jeżeli składniki kaolinu są rozpuszczone w wodzie, stosuje się także dozowanie objętościowe. Zasadniczo, surowce glazury są dozowane grawimetrycznie. Składniki plastycznego czerepu są rozpuszczone w wodzie w zbiornikach wyposażonych w mieszadła, aby przygotować składniki do procesu mieszania. Następnie odbywa się mielenie na mokro w młynach bębnowych lub młynach beltających. Twarde składniki są często dostarczane już pokruszone do odpowiedniej wielkości cząsteczek, a zatem dodatkowe mielenie nie jest już konieczne. Plastyczne składniki czerepów oraz twarde składniki są mieszane w mieszalnikach lub mieszarkach. Składniki są przesiewane, aby uniknąć zanieczyszczeń pochodzących z odżelaziania, w trakcie którego usuwane są obce związki żelaza. Odżelazianie odbywa się w polu elektromagnetycznym. Masa lejna jest mechanicznie odwadniania w prasie filtracyjnej lub termicznie w suszarkach rozpyłowych. Przy produkcji „pasty do wytłaczania” zawartość wody w masie jest zredukowana z 65% do 20 – 25% za pomocą prasy filtracyjnej lub filtrów rotacyjnych. Placki filtracyjne są homogenizowane i formowane w grudki w prasach tłoczących. Do produkcji „proszku do prasowania” masa lejna jest odwadniana za pomocą suszarek rozpyłowych do poziomu od 5 do 8% zawartości wody. Masa lejna jest pompowana do suszarek rozpyłowych za pomocą specjalnie do tego przeznaczonych pomp. Zawartość wody jest zredukowana za pomocą strumienia gorącego gazu. Spaliny pochodzące z suszarki ogrzewanej gazem oraz odparowana woda opuszczają suszarkę w jej górnej części.

Organiczne dodatki smarujące oraz czynniki wiążące są dodawane do „proszku do prasowania”, aby osiągnąć miękką i gładką charakterystykę proszku. Karboksymetyloceluloza, metyloceluloza, eteroceluloza, polialkohol winylowy, polioctan winylu i polisacharydy są do tego wykorzystywane. Dodaje się także oleinian, olej mineralny, kwas stearynowy oraz wosk. Zawartość czynników smarujących i wiążących w prasowanym proszku waha się od 0,2 do 0,4 procent wagi. Prasowany proszek wytwarzany w procesie odbywającym się na złożach fluidalnych może być stosowany przy zmniejszonej zawartości dodatków smarujących i czynników wiążących, a zatem zapewniając lepsze parametry odkształcania.

Granulacja w złożu fluidalnym z jednej strony oraz proces nietermicznej granulacji z drugiej, stanowią przyszłościowe alternatywy dla produkcji „prasowanego proszku”. Specyficzne zużycie energii przy granulacji w złożu fluidalnym jest wyższe niż w standardowym procesie suszenia rozpyłowego, ale specyficzne zużycie energii cieplnej jest niższe.

Jeżeli pasta do wytłaczania służąca do miękkiego plastycznego kształtowania jest wytwarzana za pomocą prasowanego proszku, proszek i pozostała masa lejna są mieszane aż do osiągnięcia zawartości wody na poziomie około 20-25%. Wytłoczone, cylindryczne odcinki są przechowywane przez jakiś czas, by zagwarantować jednolite nawilżenie i napięcie. Dodatki i czynniki organiczne oraz nieorganiczne czynniki wiążące, takie jak chlorek magnezu, siarczan magnezu, fosforan lub boraks są stosowane w celu zwiększenia wytrzymałości składników plastycznych podczas miękkiego plastycznego kształtowania.

Placki filtracyjne, odpady plastyfikatorów w przypadku twardego kształtowania plastycznego lub prasowanego proszku są rozpuszczane w wodzie, aby wytworzyć składniki odlewu (masa lejna). Zawartość wody w masie lejnej mieści się od 25 do 35%. Aby zagwarantować odpowiednie nasmarowanie, nawet przy niższej zawartości wody, dodaje się sodę, sól, krzemian sodu lub potasu, zasady lub kwasy humusowe.

2.3.6.3 Nadawanie kształtu

Istnieją trzy różne rodzaje procesu nadawanie kształtu stosowane do produkcji ceramiki domowej. Zastawa, na przykład talerze są zwykle produkowane w procesie suchego prasowania. Wyroby puste w środku, na przykład wazony są produkowane w procesie odlewania, podczas gdy kubki i filiżanki są tworzone w procesie plastycznego kształtowania.

W suchym procesie prasowania prasowany proszek (zawartość wody około 5%) jest prasowany izostatycznie wraz z czynnikami pomocniczymi. Prasowany proszek jest wsypywany do prasy. Prasa składa się z części dolnej i górnej. W dolnej części membrana izostatyczna działa jako główny element kompresji. W zależności od produktu, górna część prasy ma różne kształty. Poziome prasy wykorzystują końcówki o różnym kształcie i mogą wytwarzać różne produkty z dużą wydajnością. Prasy o podwójnej głowicy mogą wytwarzać do 1200 elementów na godzinę. Proszek jest włączany do formy przy ciśnieniu 30 MPa. Zaletą tego procesu jest niska zawartość wody w surowych produktach.

W procesie plastycznego kształtowania pasta do wytłaczania (zawartość wody od 20 do 25%) jest formowana w tokarce z pomocą narzędzi profilujących. Dynamicznie zbilansowane produkty są produkowane w formach gipsowych, które są produkowane w specjalnych instalacjach. Cylindryczne plastyczne czerepy są cięte na podobne plastry. W kolejnym etapie, plastry są mechanicznie rozdzielane do form gipsowych w maszynach toczących. Żywotność form gipsowych jest bardzo krótka. Formy są wykorzystywane do produkcji jedynie od 100 do 150 fragmentów. Ostatnio, porowate formy wykonywane z materiałów polimerowych są wykorzystywane, aby zagwarantować ich dłuższą żywotność.

Niedynamicznie balansowane produkty są wytwarzane w procesie odlewania. Nadawanie kształtu czerepów odbywa się za pomocą odwodnionej masy lejnej w formach gipsowych. Odlewanie kokilowe jest wykorzystywane przede wszystkim do produkcji płaskich elementów. Wazony i dzbanki są produkowane z masy odlewniczej. Maszyny odlewnicze są wykorzystywane do produkcji na skalę przemysłową. Produkcja na małą skalę odbywa się ręcznie. Czas formowania czerepów może zostać skrócony dzięki zastosowaniu ciśnienia. Odlewanie ciśnieniowe odbywa się w porowatych formach polimerowych przy ciśnieniu do 4 MPa. Odlewanie ciśnieniowe jest znacznie szybsze niż tradycyjne procesy odlewnicze, a cykl odlewniczy w tym procesie trwa zaledwie dwie lub trzy minuty.

Plastyczne prasowanie jest procesem dodatkowym wykorzystywanym w produkcji ceramiki domowej. Produkty są wytwarzane w dwuczęściowych formach gipsowych lub polimerowych. W porównaniu z procesem odlewania masy lejnej, ten proces znacznie redukuje czas formowania czerepów.

2.3.6.4 Suszenie

Produkty wytworzone w procesie odlewania masy odlewniczej lub procesie kształtowania plastycznego muszą zostać wysuszone w specjalnych suszarkach do zawartości wody poniżej dwóch procent. Do odwadniania wykorzystywane są suszarki komorowe i tunelowe ogrzewane ciepłem z pieca, gazem ziemnym lub olejem opałowym. Alternatywę dla konwencjonalnego procesu suszenia są suszarki podczerwone lub mikrofalowe. Suszarki te są stosowane do wstępnego wysuszania składników odlewu, a także do suszenia nowych i używanych form gipsowych. Suszarki mikrofalowe są budowane jako suszarki komorowe, tunelowe lub komorowo-przepływowe.

Nierówności powierzchni oraz odbicia formy powstające podczas procesu formowania są usuwane podczas procesu dekorowania. Ozdoby nakładane są pomocą noży oraz na etapie obróbki końcowej za pomocą mokrej gumki gąbczastej. Prasowane i toczone produkty są oczyszczane przede wszystkim maszynowo, pozostałe produkty są poddawane ręcznej obróbce. Do produkcji na skalę przemysłową kształtowania, suszenia oraz dekorowania zostają scalone w jeden etap produkcyjny.

2.3.6.5 Wypalanie, glazurowanie i dekorowanie

Ceramika domowa jest wypalana jedno- a nawet czterokrotnie, w zależności od materiału oraz techniki produkcyjnej. Na pierwszym etapie, wypalanie biskwitu pozwala uzyskać półprodukt o wytrzymałości i właściwościach absorpcyjnych niezbędnych podczas glazurowania. Temperatura wypalania biskwitu waha się od 900 do °C, czas wypalania klasycznym piecem tunelowym wynosi od 18 do 30 godzin. Piece do szybkiego wypału umożliwiają wypalanie w czasie od trzech do siedmiu godzin.

Po wypalaniu biskwitów następuje glazurowanie. Glazura składa się ze szklistych składników o zwiększonej zawartości topników rozpuszczonych w wodzie. Wydrążone produkty (z wyjątkiem filiżanek) są glazurowane za pomocą ręcznego zanurzenia. Płaskie produkty oraz filiżanki są glazurowane mechanicznie w procesie zanurzenia, podczas gdy produkty wytwarzane na niewielką skalę są glazurowane poprzez ręczne zanurzenie. Płaskie produkty są także glazurowane rozpyłowo. Czynniki adhezyjne (na przykład poliaminy lub dekstryna) są stosowane jako organiczne czynniki wiążące i kleje.

Wypalanie zawierającej glazury przeprowadzane jest w atmosferze utleniającej lub redukującej w temperaturze od 1320 do 1430°C. Piece do wypalania glazury oraz piece tunelowe z wózkami, (wielkopoziomowe) piece z paleniskiem rolkowym, piece tunelowe do szybkiego wypalania z ruchomymi blatami, płaskie piece oraz piece z podajnikiem taśmowym. Piece działające okresowo, takie jak piece komorowe, piece wahadłowe i okapowe działają z mniejszym obciążeniem. Produkty, które mają zostać wypalone są ustawiane na ognioodpornych wspornikach (tzw. wyposażenie pieca). Czas wypalania glazury zawierającej ołów wynosi od 25 do 36 godzin w piecach oraz około 3,5 do 5 godzin w piecach do szybkiego wypału bez wewnętrznego wyposażenia.

Tabele 2.17 oraz 2.18 pokazują przykładowe dane operacyjne pieców działających okresowo i ciągle [4, UBA, 2001].

Charakterystyka pieca wahadłowego	Jednostka	Porcelana
Wydajność	t/h	0,91
Objętość komory spalania	m ³	7,0
Zakres gęstości	kg/m ³	12,8
Temperatura wypalania	°C	1400
Specjalne wymagania energetyczne		20000
	kJ/kg	
Objętość strumienia spalin	m ³ /h	12500
Temperatura spalin	°C	800

Tabela 2.17: Dane operacyjne dla pieców wahadłowych

Charakterystyka pieca tunelowego	Jednostka	Porcelana		Porcelana	Porcelana
		Biskwit	Glazura	Wtórne wypalanie	Wtórne wypalanie
Wypalanie					
Wydajność	t/h	0,3-0,7	0,2-0,4	0,58	0,47
Długość pieca	m	60-100	80	70	56
Przekrój	m ²	0,5-1,0	0,5-1,0	0,7	0,94
Zakres gęstości	kg/m ³	60-70	60-70	<100	<100
Temperatura wypalania	°C	850-1260	1200-1400	1420	1420
Specjalne wymagania energetyczne (suszenie + wypalanie)	kJ/kg	25000	20000	12500 bez suszenia	19700
Objętość strumienia spalin	m ³ /h	3500-5000	3500-5000	nie dotyczy	nie dotyczy
Temperatura spalin	°C	120-170	120-170	nie dotyczy	nie dotyczy

Tabela 2.18: Dane operacyjne dla pieców tunelowych

Glazura topi się podczas procesu wypalania i uszczelnia porowate ceramiczne czerepy. Powierzchnia staje wodoodporna i gładka. Po powtórnym wypaleniu, produkty są dzielone na odpowiednie grupy jakościowe. Części bez glazury są szlifowane i polerowane, aby zwiększyć wartość produktów.

Porcelana kostna jest specjalnym produktem stosowanym do tradycyjnej zastawy stołowej i serwisów do herbaty. Do kluczowych surowców wykorzystywanych do produkcji ceramiki kostnej należy glina kornwalijska oraz łupki oraz do 50% kalcynowanych kości wołowych. Temperatura wypalania glazury waha się od 1250 do 1350°C a temperatura wypalania biskwitu mieści się od 1100 do 1150°C. Atmosfera w piecu wraz z parującą glazurą zapewnia uzyskanie bardzo gładkiej powierzchni.

Proces dekorowania maksymalizuje wartość produktów i pozwala na ich indywidualizację. Do dekorowania wykorzystuje się barwniki nakładane na glazurę, dodawane do glazury, nakładane pod glazurę, a także składniki metaliczne. W procesie nakładanie dekoracji na glazurę dekorowane są produkty glazurowane i już wypalone. Dekoracje nakładane na glazurę są wtapiane w glazurę za pomocą dodatkowego etapu wypalania. W procesie dekorowania jednoczesnego z glazurowaniem pigmenty są łączone z glazurą. W procesie dekorowania pod glazurę, produkty są ozdabiane przed rozpoczęciem procesu dekorowania. Typowy proces dekorowania wykorzystuje kalkomanię, reprinty, bezpośredni sitodruk, druk offsetowy, kreskowanie, prążkowanie, wytlaczanie, proszkowanie, malowanie, rozpylanie, drukowanie, trawienie. Oprócz dekoracji wykonywanych ręcznie, stosuje się także drukarki sitodrukowe i kolorowe. Szereg tlenków wykorzystuje się jako topniki, środki matujące do bezpośredniego barwienia w procesie glazurowania i dekorowania. Barwniki dodawane do glazury i dekoracji składają się z licznych pigmentów. Poniżej znajduje się lista elementów oraz ich chemiczna wartościowość (w nawiasach), z jaką występują jako związki tlenu w pigmentach: Cu (1, 2), Ca (2), Zn (2), Al (3), In (3), Si (4), Sn (4), Pb (2), Ti (3, 4), Zr (4), Ce (4), Pr (4), V (4, 5), Sb (3, 4, 5), Cr (3, 6), Mo (4, 6), Mn (2, 4), Fe (2, 3), Co (2), Ni (2) oraz Cd (2).

Oprócz procesu dekorowania, przykładowe dane operacyjne na temat różnego rodzaju pieców zostały zaprezentowane w tabelach 2.19 oraz 2.20 [4, UBA, 2001], [21, Almeida, 2004].

Typ pieca	Proces	Temperatura wypalania (°C)	Czas wypalania
Elektryczny piec topiący z kosztami do transportu	Dekoracje wtapiane	760 – 840	2 – 4 h
Piece tunelowe do szybkiego wypału (wózki lub blaty wypalające)	Dekoracje na glazurze	850 – 950	40 – 70 min
Piece z paleniskiem rolkowym i wyposażeniem pomocniczym	Dekoracje na glazurze	850 – 950	40 – 70 min
Piece z paleniskiem rolkowym z wyposażeniem kwarcowym	Dekoracje na glazurze	1080	40 – 70 min
Dwubieżny piec z przenośnikiem taśmowym	Dekoracje na glazurze	850 – 950	40 – 70 min
Dwubieżny piec z przenośnikiem taśmowym (specjalny przenośnik)	Dekoracje na glazurze	1050	40 – 70 min
Piec tunelowy z przenośnikiem talerzowym	Dekoracje wypalane na twardo	1300 – 1400	7 – 16 h
Piec wahadłowy	Dekoracje na glazurze	850 - 950	8 – 10 h

Tabela 2.19: Dane operacyjne na temat dekoracji nanoszonych na glazurę

Typ pieca	Proces	Temperatura wypalania (°C)	Czas wypalania
Piec wahadłowy	Dekoracje wypalane na twardo	1300 – 1400	14 – 24 h
Piece tunelowe do szybkiego wypału (wózki lub blaty wypalające)	Dekoracje wypalane na twardo	1350 – 1420	2 – 4 h
Piece tunelowe do szybkiego wypału (wózki lub blaty wypalające)	Dekoracje dodawane do glazury	1200 – 1280	60 – 90 min
Piece z paleniskiem rolkowym i specjalnymi rolkami	Dekoracje dodawane do glazury	1200	60 – 90 min
Piec wahadłowy	Dekoracje nakładane pod glazurą	1370 – 1420	18 – 30 h
Piec tunelowy z wózkiem	Dekoracje nakładane pod glazurą	1370 – 1420	18 – 30 h
Piec tunelowy z blatem	Dekoracje nakładane pod glazurą	1370 – 1420	12 – 16 h
Piece tunelowe do szybkiego wypału (wózki lub blaty wypalające)	Dekoracje nakładane pod glazurą	1370 – 1420	3 – 4 h
Piece z paleniskiem rolkowym i specjalnymi rolkami	Dekoracje nakładane pod glazurą	1350	2 – 4 h

Tabela 2.20: Dane operacyjne na temat dekoracji nanoszonych razem z glazurą i pod glazurą

Inny proces produkcji ceramiki domowej, wykorzystywany niekiedy do produkcji obejmuje wyłącznie jeden proces wypalania bez wypalania wstępnego. Taki jednokrotny proces wypalania jest wystarczający w przypadku produktów bez dekoracji oraz do produktów, na które dekoracje są nakładane przed glazurowaniem. Wypalanie trwa 20 godzin w piecach wahadłowych w temperaturze 1260°C. Złote, platynowe i inne metaliczne kolory muszą być wypalane w niższej temperaturze 890°C [17, Burkart, 2004], [22, SYKE, 2004].

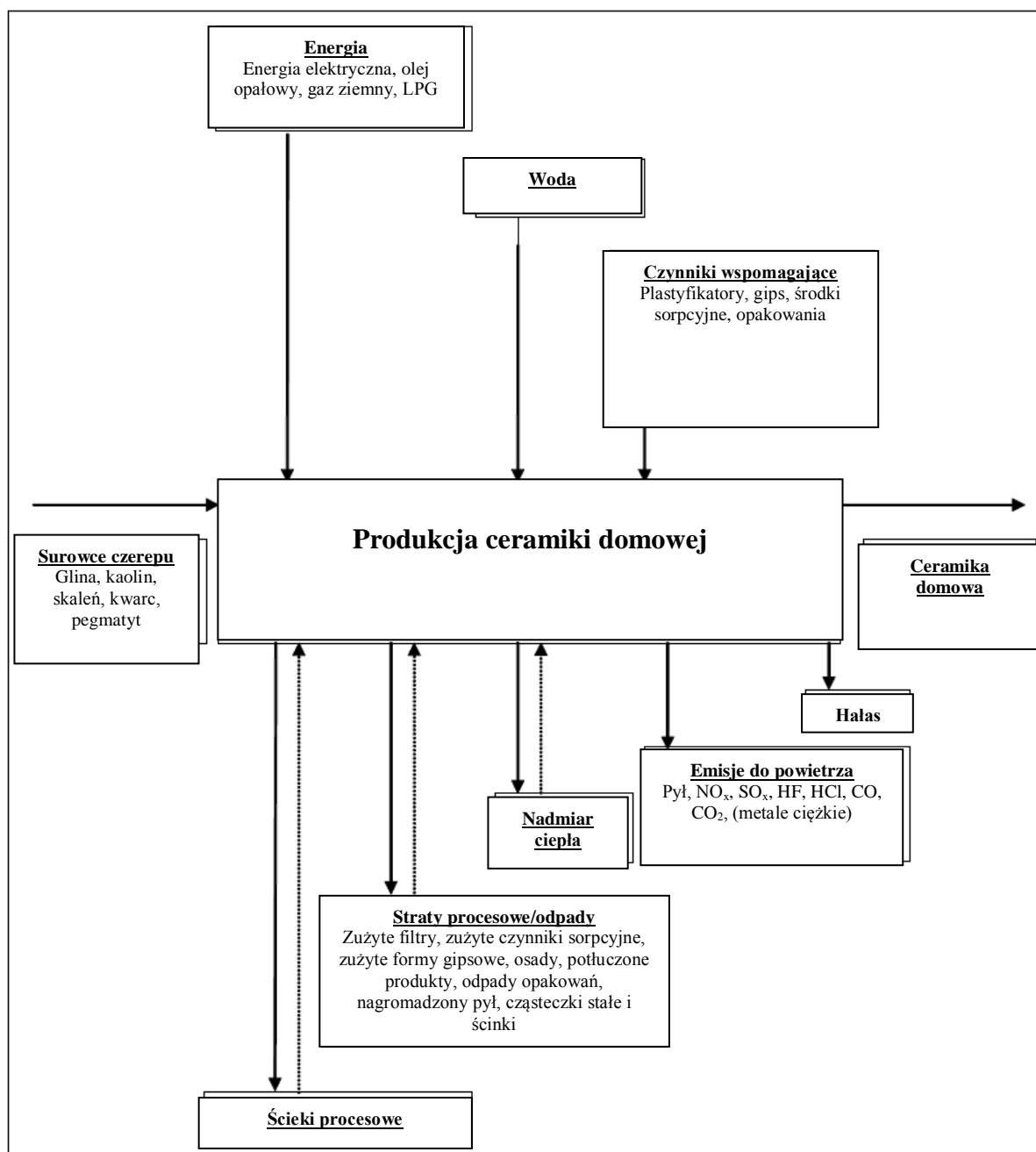
W procesie wytwarzania ceramiki domowej, w różnych typach pieców, jako paliwa wykorzystuje się przede wszystkim gaz ziemny i gaz LPG. Paliwa takie jak olej opałowy są rzadko stosowane w tym sektorze.

2.3.6.6 Obróbka końcowa

Po dekorowaniu i kontroli jakości, produkty są sortowane. Mokra obróbka końcowa jest przeprowadzana poprzez szlifowanie i polerowanie wygładzające powierzchnię produktów. Niektóre produkty są wstępnie pakowane mechanicznie. Następnie zestawy i partie przeznaczone do sprzedaży są zestawiane ze sobą i ręcznie pakowane. W produkcji nowoczesnej zastawy stołowej, półprodukty są automatycznie przenoszone przez roboty pomiędzy etapami kształtowania, wypalania i obróbki końcowej.

2.3.6.7 Strumienie wejściowe i wyjściowe w produkcji płytek ściennych i podłogowych

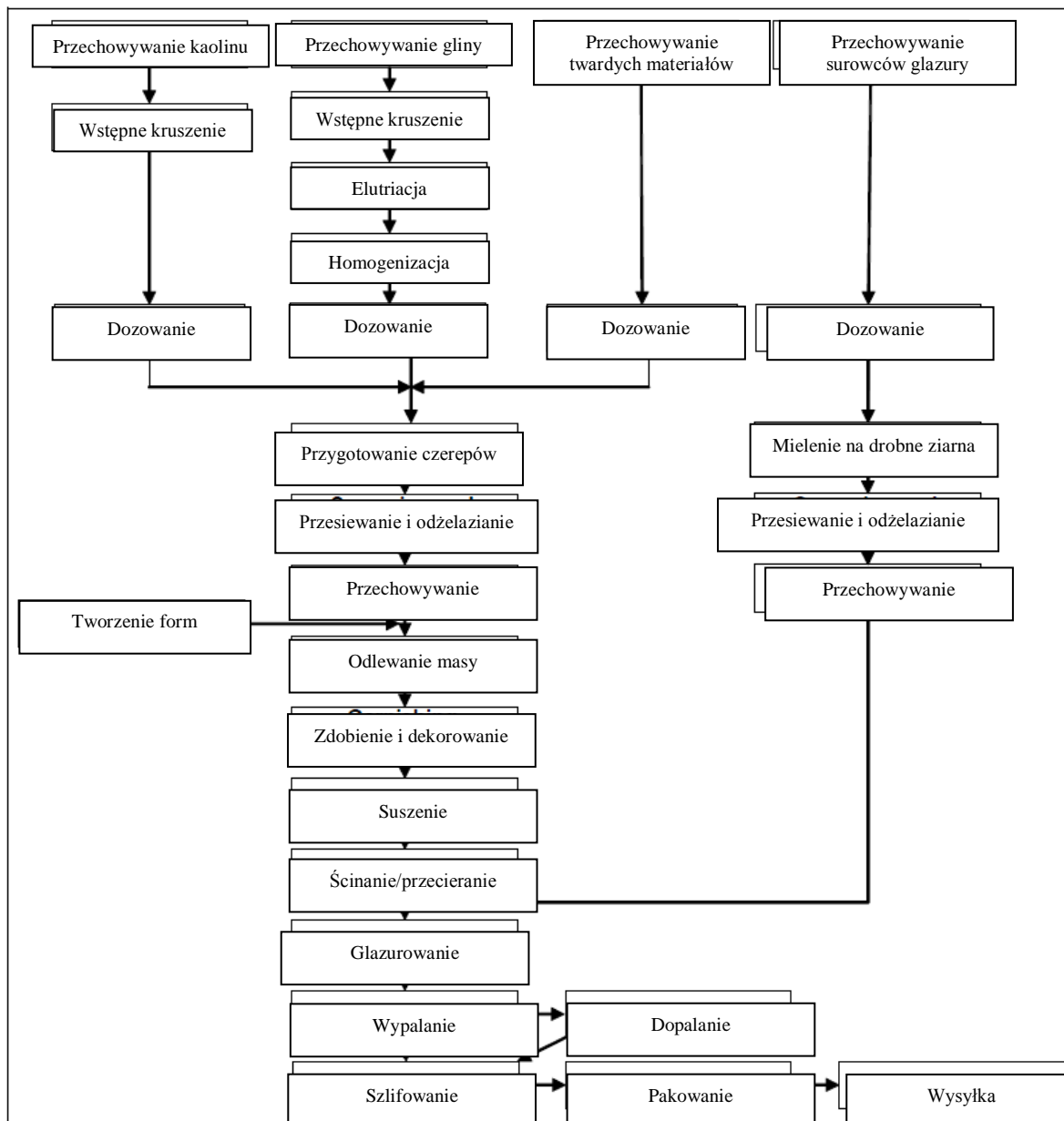
Kluczowe strumienie początkowe i końcowe w procesie produkcji ceramiki domowej zostały zaprezentowane na poniższym rysunku [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].



Rysunek 2.23: Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji ceramiki domowej

2.3.7 Ceramika sanitarna

Do głównych procesów w produkcji ceramiki sanitarnej należą przechowywanie surowców, przygotowanie surowców, nadawanie kształtu, suszenie i glazurowanie, wypalanie i obróbka końcowa. Poniższy rysunek prezentuje schemat procesu produkcji ceramiki sanitarnej [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].



Rysunek 2.24: Schemat produkcji ceramiki sanitarnej

2.3.7.1 Surowce

Surowce wykorzystywane w tym procesie to kaolin, glina, kwarc, skaień i węglan wapnia. Typowa partia składa się z 40-50% kaolinu i gliny, 20-30% kwarcu, 20-30% skalenia oraz 0-3% węglanu wapnia. Kaolin jest przechowywany zwykle w postaci zbrylonej z maksymalną zawartością wody na poziomie 15%. Twarde materiały, takie jak kwarc i skaień są rozdrabniane na niewielkie cząstki i dodawane przy zawartości wody poniżej jednego procenta. Surowce są przechowywane w silosach lub opakowaniach, aby zabezpieczyć je przed wpływami atmosferycznymi.

2.3.7.2 Przygotowanie surowców

Surowce do produkcji ceramiki sanitarnej są przygotowywane głównie w procesie mokrej obróbki. Kaolin oraz glina są roztrzāsane w kruszarkach z wałem zębatym lub innych podobnych urządzeniach. Po tym etapie materiały są rozdrabniane do cząstek o średnicy nieprzekraczającej 5 mm w procesie mielenia na drobno. Materiał jest wymywany za pomocą wody a zanieczyszczenia są usuwane z zawiesiny za pomocą przesiewania. Po tym etapie, przesiany roztwór gliny jest homogenizowany w zbiornikach za pomocą powolnego mieszania. Dozowanie twardych materiałów odbywa się grawimetrycznie z dodatkiem elektrolitów.

Takie przygotowanie surowców nie jest często wykonywane przez producentów ceramiki. Dostarczane surowce są często dozowane przez producenta, a następnie produkowana jest masa odlewnicza w mieszalnikach [23, TWG Ceramics, 2005].

Następnie przechowywanie w zbiornikach z mieszalnikiem przez kilka dni zwiększa właściwości plastyczne masy lejnej. Czynniki stabilizujące i upłynniające takie jak soda, płynne szkło, zasady, potaż i kwasy humusowe są wykorzystywane, aby osiągnąć możliwość odlewania przy jednoczesnej niskiej zawartości wody. Materiały glazurnicze są dozowane a następnie mieszane i szlifowane w młynach kulowych (partiami) lub poziomych, lub walcarkach szczelinowych (stałych). Czynniki wiążące, takie jak karboksymetyloceluloza lub poliaminy są dodawane do glazury, aby zmaksymalizować właściwości adhezyjne i wytrzymałość po szlifowaniu. Odżelazianie czerepów i glazurowanie jest przeprowadzane za pomocą działających stale magnesów, aby uniknąć zabarwienia produktów przez magnetyczne zanieczyszczenia.

2.3.7.3 Nadawanie kształtu

Większość wyrobów ceramicznych nadal formuje się w formach gipsowych. Rozwój prowadzi w kierunku stosowania procesu formowania bez gipsu w formach z porowatych polimerów. Odlewanie zwykle odbywa się w formach gipsowych. Woda jest usuwana z masy lejnej przez pory formy gipsowej podczas nadawania kształtowania czerepów. Formowanie czerepów może trwać krócej dzięki zastosowaniu ciśnienia. Złożone wyroby sanitarne są produkowane w procesie odlewania spustowego. Dodatkowe stałe odlewane części są wytwarzane w równoległym procesie i są dodawane i łączone do głównego korpusu. Podczas procesu dekorowania produkty otrzymują końcowy kształt. Po oddzieleniu czerepu i formy, ślady z formy są formowane i poddawane dalszej obróbce. Przenoszenie i dekorowanie czerepów zwykle odbywa się automatycznie.

Czerepy ceramiki sanitarnej są coraz częściej formowane maszynowo, za pomocą wielkoczęściowych form polimerowych przy zastosowaniu odlewania ciśnieniowego. W zależności od rodzaju wyrobu, wykorzystuje się formy cztero- lub pięcioczęściowe. Aby skrócić czas formowania czerepów stosuje się ciśnienie 3 MPa. Cykl formowania muszli klozetowych został skrócony do 5-8 minut. Korzyści z zastosowania form polimerowych w porównaniu z formami gipsowymi polegają na tym, że są one łatwiejsze do czyszczenia i mają większą wytrzymałość.

2.3.7.4 Suszenie i glazurowanie

Surowe produkty są suszone dwuetapowo. O wysuszeniu twardej skórki, surowe produkty są poddawane dokładnej obróbce. Następujące później suszenie minimalizuje zawartość wody do poziomu poniżej 1%. Proces suszenia odbywa się w suszarkach tunelowych lub komorowych. Suszarki mikrofalowe są budowane w formie suszarek tunelowych i stosowane do suszenia twardej skórki i białego suszenia. Poniższa tabela przedstawia dane operacyjne na temat suszarek działających okresowo [4, UBA, 2001], [21, Almeida, 2004].

Charakterystyka suszarki komorowej	Jednostka	Musze klozetowe i umywalki
Wydajność	t/h	4 – 45
Objętość komory suszenia	m ³	30 – 375
Zakres gęstości	kg/m ³	30 – 200
Temperatura suszenia	°C	60 – 90
czas suszenia	h	8 – 20
Specjalne wymagania energetyczne	kJ/kg	300 – 1400
Objętość strumienia spalin	m ³ /h	2000 – 20000
Temperatura spalin	°C	60 – 150

Tabela 2.21: Dane operacyjne na temat suszarek działających okresowo (suszarki komorowe)

Po białym suszeniu, surowe produkty są kontrolowane a ich powierzchnia jest oczyszczana z kurzu i obcych cząsteczek. Glazura jest nakładana na powierzchnię wyrobów rozpyłowo przez roboty i rozpylana ręcznie. Grubość glazury waha się od 0,3 do 0,5 mm, w zależności od koloru czerepu oraz zawartości substancji zmętniających w glazurze. Rozpylanie w polu elektrycznym zwiększa jakość glazury.

2.3.7.5 Wypalanie

Wyroby sanitarne są wypalane w piecach tunelowych i piecach z paleniskami rolkowymi w temperaturze od 1250 do 1290°C w atmosferze tlenowej. Produkcja na małą skalę jest prowadzona w elastycznych, okresowo działających piecach, takich jak piece wahadłowe. Piece wahadłowe są wykorzystywane do zmiany krzywej wypalania produktu w krótkich cyklach. Zakres danych operacyjnych dla pieców stosowanych do produkcji ceramiki sanitarnej zostały zaprezentowane w tabelach 2.22 oraz 2.23 [23, TWG Ceramics, 2005], [21, Almeida, 2004], [30, TWG Ceramics, 2005].

Charakterystyka pieca tunelowego	Jednostka	Ceramika sanitarna
Wydajność	t/h	1,5 – 2,0
Długość pieca	m	70 – 110
Przekrój	m ²	1,5 – 2,5
Zakres gęstości	kg/m ³	100 – 150
Temperatura wypalania	°C	1250 – 1290
Specjalne wymagania energetyczne	kJ/kg	8300
Objętość strumienia spalin	m ³ /h	12000
Temperatura spalin	°C	150 – 550

Tabela 2.22: Dane operacyjne na temat pieców tunelowych

Charakterystyka pieca tunelowego	Jednostka	Ceramika sanitarna
Wydajność	t/h	5 – 15
Objętość komory	m ³	50 – 150
Zakres gęstości	kg/m ³	100
Temperatura wypalania	°C	1210 – 1250
Specjalne wymagania energetyczne	kJ/kg	8300 – 11300
Objętość strumienia spalin	m ³ /h	do 50000
Temperatura spalin	°C	150 – 550

Tabela 2.23: Dane operacyjne na temat pieców wahadłowych

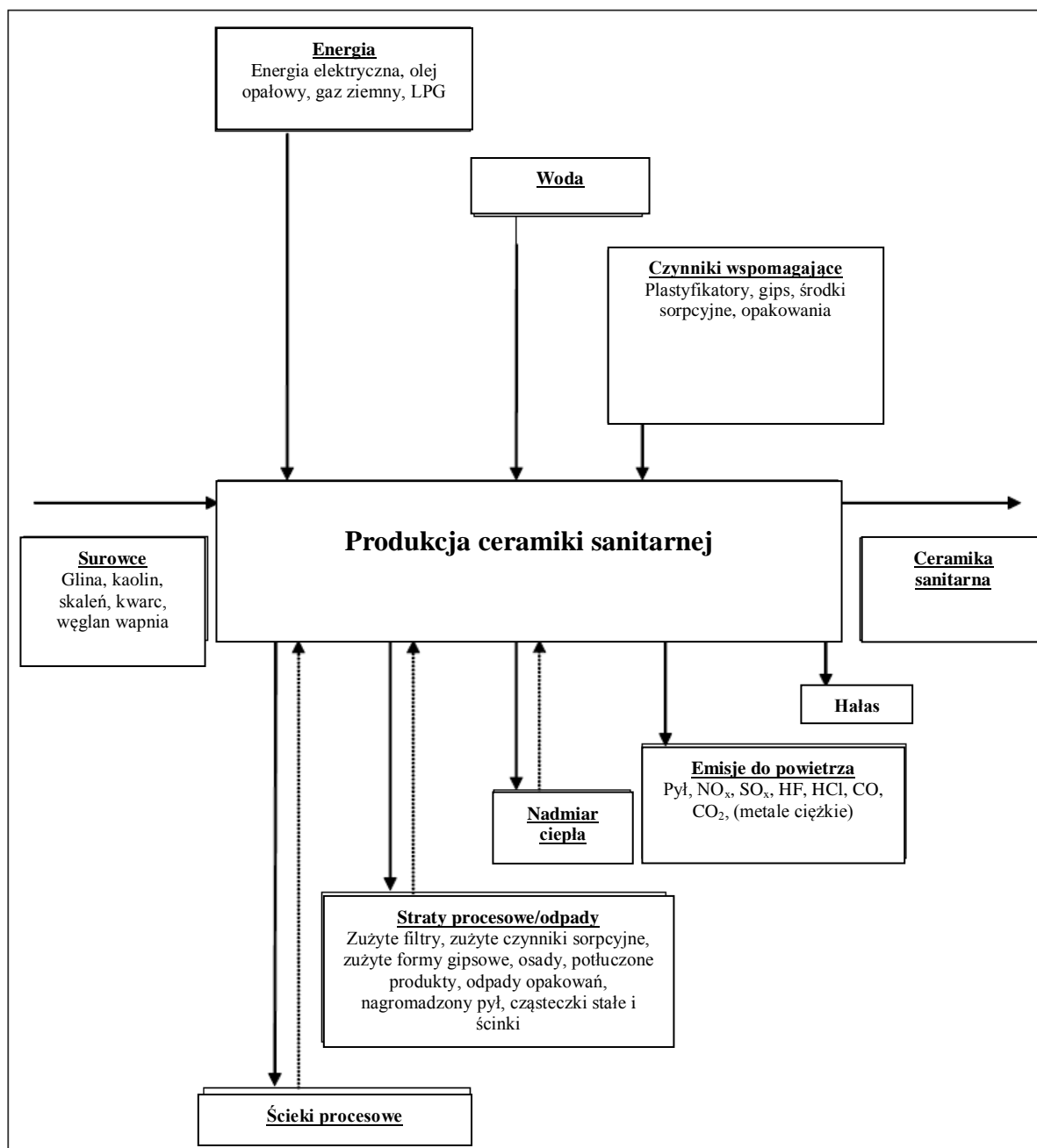
W procesie produkcji ceramiki sanitarnej jako paliwa dla różnych rodzajów pieców wykorzystuje się gaz ziemny oraz gaz LPG. Paliwa takie jak olej opałowy oraz ciężkie oleje są rzadko stosowane w tym sektorze. W trakcie procesu wypalania powstają potłuczone wypalone produkty oraz odpady ogniotrwałe. Potłuczone wypalone produkty składają się z produktów uszkodzonych po procesie wypalania. Odpady ogniotrwałe powstają z popsutych części pieca lub z potłuczonych wsporników, lub z części wózków pieców tunelowych.

2.3.7.6 Obróbka końcowa

Po końcowym sortowaniu, górne powierzchnie są ścierane za pomocą szlifowania na mokro i polerowania. W szczególnych przypadkach do muszli klozetowych i umywalek dodawane są okucia, a następnie wyroby te są pakowane.

2.3.7.7 Strumienie wejściowe i wyjściowe w produkcji ceramiki sanitarnej

Kluczowe strumienie początkowe i końcowe w procesie produkcji ceramiki sanitarnej zostały zaprezentowane na poniższym rysunku [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].



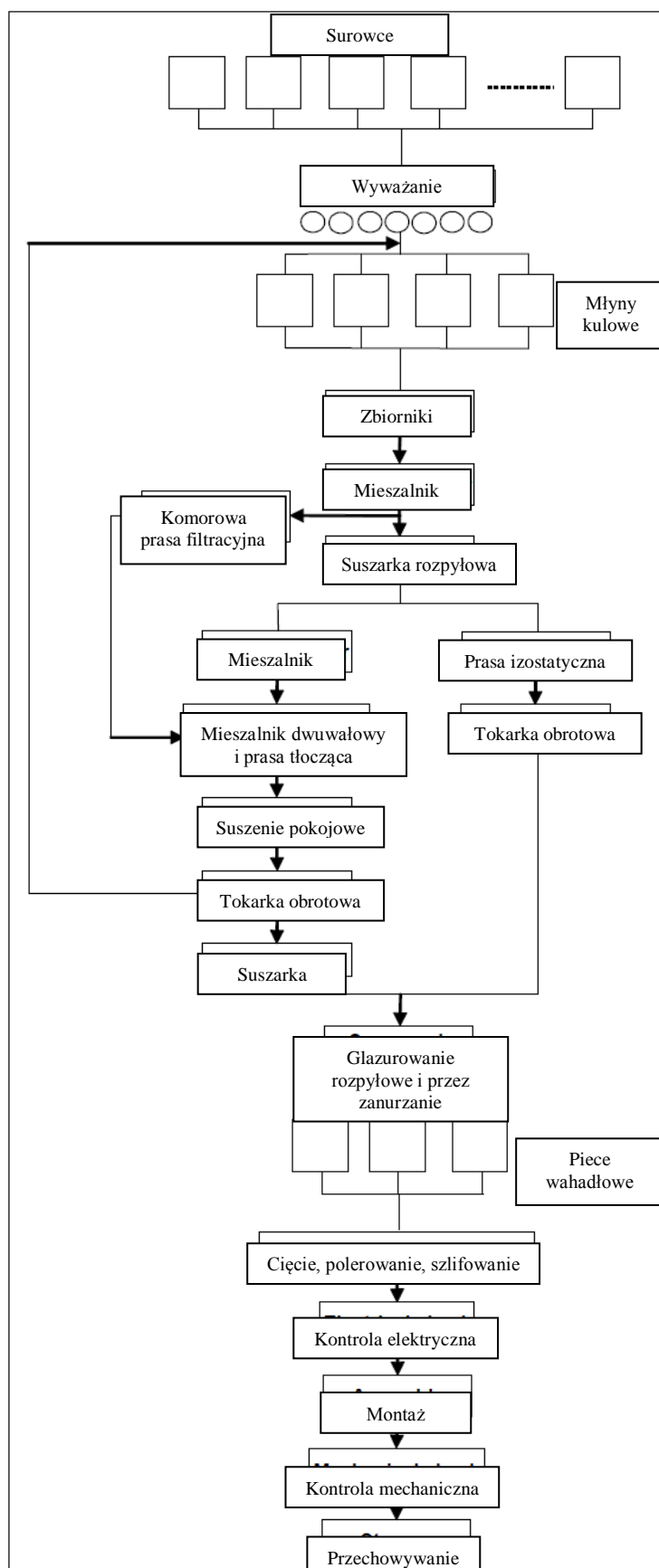
Rysunek 2.25: Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji ceramiki sanitarnej

2.3.8 Ceramika techniczna

Ceramika techniczna nie jest produkowana wyłącznie z gliniek, ale także z surowców syntetycznych. Podobnie, jak w innych sektorach ceramicznych, surowce są wypalane w piecach, przede wszystkim opalanych gazem ziemnym, ale także energią elektryczną.

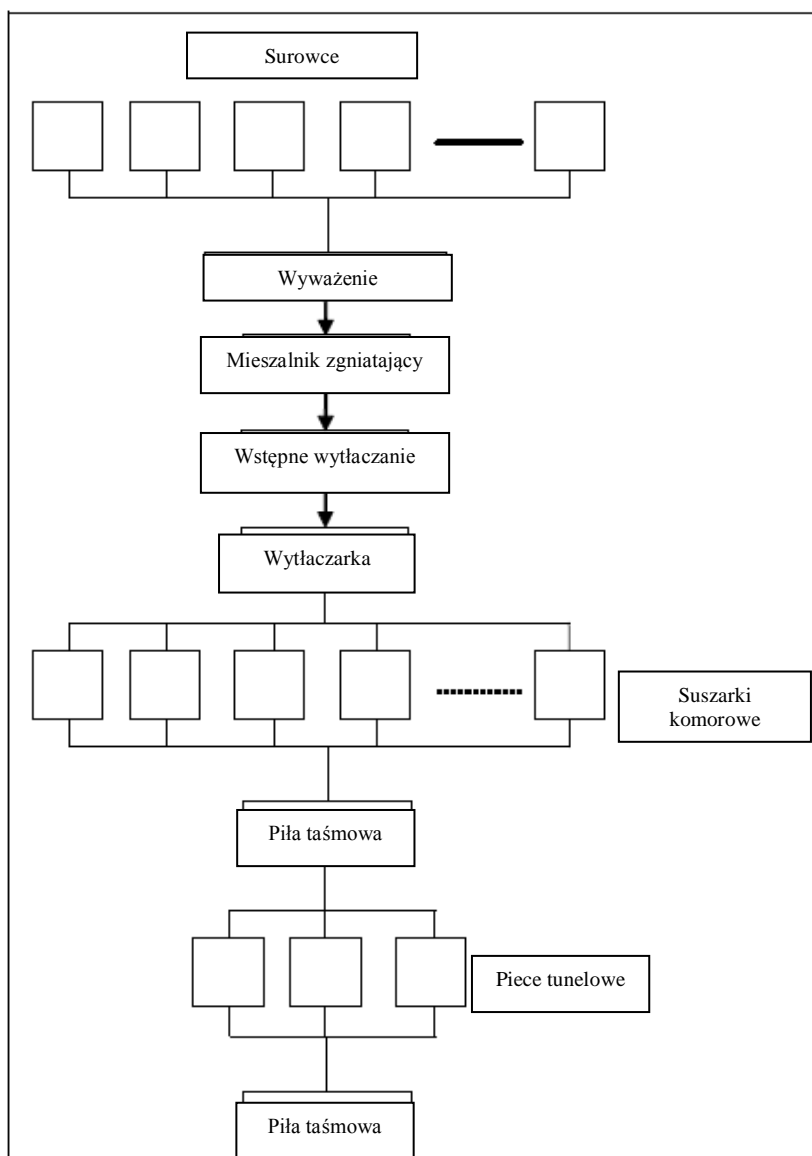
Z uwagi na dużą różnorodność ceramiki technicznej oraz wariantów procesów produkcyjnych, trudno zdefiniować ogólny schemat procesu produkcyjnego, ale przykłady schematów różnych procesów zostały przedstawione na rysunkach poniżej.

Rysunek poniżej prezentuje schemat procesu produkcyjnego izolatorów elektrycznych [1, BMLFUW, 2003].



Rysunek 2.26: Schemat procesu produkcyjnego izolatorów elektrycznych

Poniższy rysunek pokazuje schemat procesu produkcyjnego katalizatorów ceramicznych [1, BMLFUW, 2003].



Rysunek 2.27: Schemat procesu produkcyjnego katalizatorów ceramicznych

2.3.8.1 Surowce

Ceramika techniczna, zawierająca jedynie niewielką frakcję gliny lub nie zawierają jej wcale, składają się z następujących materiałów: tlenki, węgliki, azotki i borki Al., Mg, Mn, Ni, Si, Ti, W, Zr oraz innych jonów metali. Typowe przykłady to Al_2O_3 (aluminium), MgO (peryklaż lub wypalona magnezja), SiC (węglík krzemu), TiN (azotek tytanu) oraz WB2 (borek wolframu) [8, Ullmann's, 2001].

Jednak glinki plastyczne (np. kaolin), skałen i kwarc mogą także być wykorzystywane jako surowce do produkcji ceramiki technicznej, na przykład izolatorów elektrycznych [1, BMLFUW, 2003].

Ponadto, stosuje się także dodatki (czynniki pomocnicze), takie jak (nieorganiczne) środki wspomagające spiekanie oraz (zwykle organiczne) środki wspomagające formowanie, takie jak skraplacze, plastyfikatory lub środki wiążące, które są równie ważne, jak surowce [24, VKI-Geramny, 2004].

2.3.8.2 Przygotowanie surowców

Istnieją dwie możliwości przygotowywania surowców:

a) producenci ceramiki technicznej otrzymują niezbędne surowce i przeprowadzają wszystkie kolejne etapy przygotowania. Dla różnych procesów kształtowania niezbędne jest zastosowanie specjalnych metod przygotowawczych:

- granulowanie – do prasowania
- materiał plastyczny – do wytłaczania
- masa lejna – do odlewania.

b) producenci ceramiki technicznej otrzymują już przygotowane niewypalone materiały i rozpoczynają od ich etapów dozowania i kształtowania [24, VKI-Germany, 2004].

Ceramika techniczna często wymaga chemicznej konwersji surowców w związki pośrednie. Te związki pośrednie przyczyniają się do oczyszczania i ostatecznej chemicznej przemiany do postaci końcowej. W przypadku niektórych wyrobów ceramiki technicznej, konieczne jest syntezywanie specjalnych proszków a do ich syntezy wykorzystuje się różne metody. Metody chemiczne, takie jak przetwarzanie zol-żelu, mogą także omijać etap proszkowania.

Wymagania związane z dużą wytrzymałością i gładkim wykończeniem, szczególnie drobnych elementów, wymagają zastosowania proszków drobnoziarnistych. Zatem, jeden z kierunków badań nad ceramiką techniczną zajmuje się produkowaniem bardzo drobnego, koniecznie sferycznego, jednolitego w rozmiarze proszku. Zwykle osiąga się to za pomocą chemii koloidalnej tlenków. Wymienione powyżej azotki i węgliki obejmują nukleację i wzrost reakcji w fazie gazowej. Jednak większość skomplikowanych wyrobów ceramiki technicznej nadal produkuje się z proszków o szerokim rozkładzie wielkości ziarna w skali submikrometrowej [8, Ullmann's, 2001].

Niektóre surowce są kalcynowane (wypalane w wysokiej temperaturze), aby przygotować je do produkcji ceramiki technicznej. Więcej informacji na ten temat można znaleźć w sekcji 2.2.2.8.

Do produkcji ceramiki technicznej wykorzystuje się także proces suszenia rozpyłowego. Wodny roztwór surowców powstający w wyniku mokrego mielenia w młynach kulowych (zawartość cząstek stałych ~60 – 70%) są wtryskiwane pod ciśnieniem, aby wytworzyć drobne krople, które wchodzi w kontakt ze strumieniem gorącego powietrza. Suszenie kropelek daje jednorodne, z grubsza sferyczne i puste granulki (zwykle o zawartości wilgoci rzędu 5,5-7%). Prasowany proszek jest lotny, co ułatwia dokładne wypełnianie prasy i prasowanie wyrobów ceramiki technicznej [3, CERAME-UNIE, 2003].

Należy zauważyć, że zwłaszcza materiały syntetyczne, takie jak węgiel krzemu, surowce kalcynowane, a także rozpyłowo wysuszony prasowany proszek są często wytwarzane przez wyspecjalizowanych dostawców, ale mogą jeszcze wymagać rozdrobnienia.

Jednak, nie tylko prasowany proszek, ale także wytłaczana pasta może być wytwarzana, szczególnie, w przypadku, gdy jako surowce do produkcji ceramiki technicznej wykorzystuje się glinki plastyczne (np. do produkcji elektroporcelany lub katalizatorów ceramicznych) [1, BMLFUW, 2003]. Do produkcji pasty do wytłaczania zawiesina jest odwadniana w prasach filtracyjnych lub filtrach rotacyjnych do poziomu 20-25% zawartości wody.

Inną możliwością przygotowania surowców jest produkcja masy lejnej w mokrym procesie obróbki. Dostarczane surowce są często dozowane przez producenta, a następnie produkuje się masę w mieszalniku [23, TWG Ceramics, 2005].

2.3.8.3 Nadawanie kształtu

Metody kształtowania elementów ceramiki technicznej można podzielić na następujące podstawowe typy [24, VKI-Germany, 2004]:

- prasowanie (0-15% zawartości wilgoci; suche, izostatyczne, wilgotne i mokre prasowanie)
- kształtowanie plastyczne (15-25% zawartości wilgoci; wytłaczanie)
- odlewanie (>25% zawartości wilgoci; wtryskarki, odlewanie, odlewanie taśmowe).

Suche prasowanie

Suche prasowanie jest stosowane do produkcji wyrobów precyzyjnych na masową skalę. Luźne granulaty są prasowane w stalowych matrycach zaprojektowanych specjalnie dla produkowanych części. Wysokie koszty matryc (niekiedy wykonywanych z karbidu) są uzasadnione zwykle tylko w przypadku długich serii.

Suche prasowanie jest najbardziej ekonomicznym procesem w przypadku produkcji długich serii i jest odpowiednie zarówno dla prostych, jak i złożonych form. Zagłębienia i otwory są zwykle projektowane zgodnie z kierunkiem zgniatania. W zależności od projektu prasy, możliwe jest produkowanie przedmiotów o wielkości wahającej się od płytki do główki zapalki. Niewielkie płytki lub tarcze mogą być prasowane do grubości około 0,8 do 1,0 mm. Możliwe jest produkowanie elementów o niewielkich wypukłościach na powierzchni lub podobnych strukturach, jeżeli prasowany granulat może skutecznie wypełnić otwory w urządzeniach prasujących i pod warunkiem, że możliwe jest wyprodukowanie odpowiednich narzędzi.

Prasowanie izostatyczne

Prasowanie izostatyczne jest metodą odpowiednią do produkcji równomiernie prasowanych półproduktów i dużych części, które są odpowiednie do obróbki w stanie surowym. Ceramika techniczna o wysokiej jakości wymaga jednolitego zagęszczania proszku prasowanego, co można osiągnąć stosując równomierne ciśnienie na wszystkie powierzchnie. W prasach izostatycznych, kauczukowe lub poliuretanowe formy są wypełniane proszkiem ceramicznym i umieszczane w wypełnionych płynem zbiornikach. Stosowane jest wysokie ciśnienie hydrostatyczne, a następnie wyroby są usuwane z form.

Ten rodzaj nadawania kształtów jest odpowiedni do produkcji zaawansowanych prototypów oraz krótkich serii, ale niektóre produkty prasowane izostatycznie mogą być w pełni zautomatyzowane (świece zapłonowe, kule mielące, małe tłoki, dysze spawalnicze).

Mokre/wilgotne prasowanie

Mokre/wilgotne prasowanie pozwala na wytwarzanie części o złożonych kształtach, takich jak gwinty, boczne otwory, wgłębienia i podcięcia. Niewypalony materiał stosowany do tego celu zwykle zawierają od 10 do 15% wody. Prasowanie wzdłuż jednej osi sprawia, że materiał może swobodnie przepływać, tak, że możliwe jest osiągnięcie relatywnie jednolitej kompresji. Wadą jest jednak to, że materiały prasowane na mokro wytrzymują niewielki nacisk. Oznacza to także, że zakres prasowania jest ograniczony. W znacznej mierze zależy on od zawartości wilgoci w niewypalonym materiale, i jest niższy niż w przypadku elementów prasowanych na sucho.

Ponadto, w niektórych sytuacjach, konieczne jest prasowanie części na sucho przed wypalaniem. Średnie tolerancje zostały ustalone w zgodzie z DIN 40680-1.

Wytłaczanie

Wytłaczanie odbywa się za pomocą tłoków lub próżniowych pras próżniowych. W procesie plastycznego kształtowania, na przykład podczas produkcji izolatorów elektrycznych, pasta do wytłaczania (o zawartości wody od 20-25% lub od 19 do 23% w przypadku wytłaczania izolatorów wysokiego napięcia) jest formowana w prasie do właściwego kształtu, cięta na fragmenty i dodatkowo formowana na obrotowych tokarkach [1, BMLFUW, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005].

Wytłaczanie jest odpowiednie do produkcji innych obrotowo symetrycznych części, takich jak osie lub rury. Złożone profile mogą dodatkowo być wytwarzane za pomocą odpowiedniego kształtu dysz. Długości kawałków, które zostaną wyprodukowane zależą w dużej mierze od tendencji prasowanego materiału zwijania.

Wtryskiwanie

Wtryskiwanie jest odpowiednie zasadniczo do masowej produkcji złożonych przedmiotów. Zastosowanie tej metody jest ograniczone wysokimi kosztami i złożonym procesem wypalania dodatków organicznych. Wydajność (wagowa) dużych wtryskarek zwykle wynosi około 70g. Zasadniczo części powinny być projektowane w taki sposób, by ich grubość była możliwie jednolita i nie przekraczała 12 mm.

Odlewanie masy

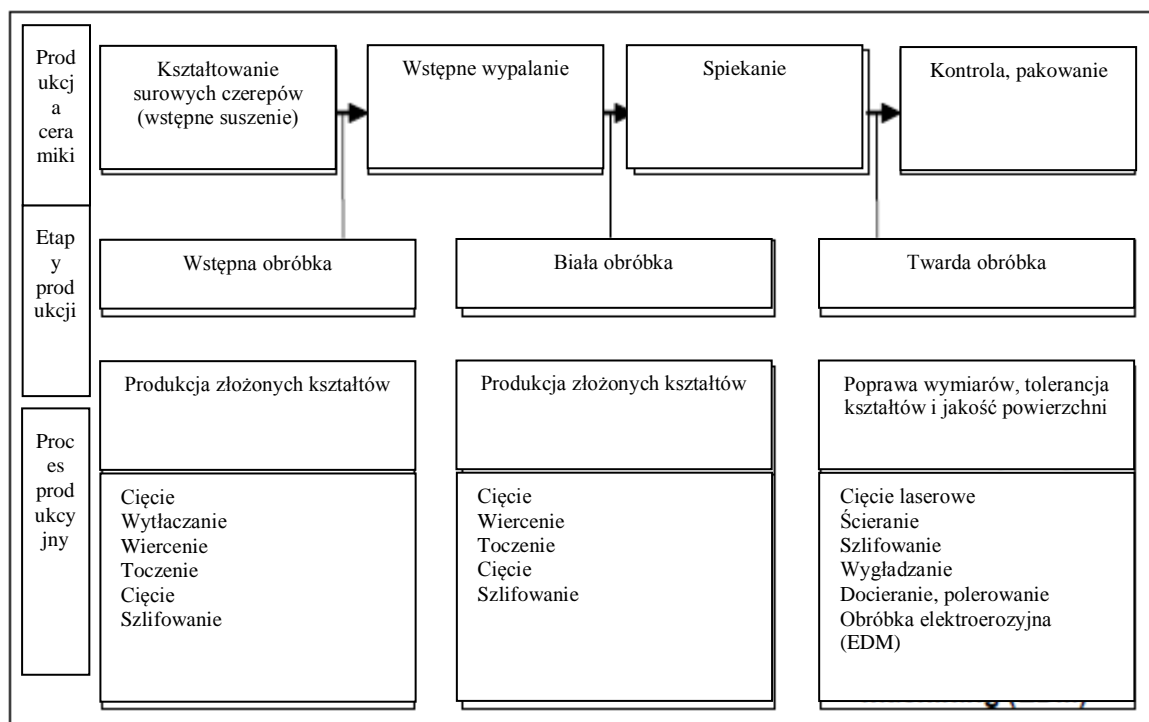
Odlewanie masy jest prostą metodą stosowaną do produkcji prototypów, części o złożonych kształtach i względnie dużych przedmiotów. Można ją także stosować do produkcji zarówno cienkościennych, jak i masywnych wyrobów. Odlewanie masy polega na wlewaniu stabilnego roztworu, nazywanego masą lejną, do porowatych absorbujących form gipsowych. Wytłaczanie rozruszania powoduje powstawanie warstwy cząsteczek na ściankach formy. Ta warstwa, podczas odlewania narasta, by wytworzyć w pełni odlany czerep. W przypadku wyrobów drążonych, nadmiar masy jest usuwany po osiągnięciu odpowiedniej grubości ścianek.

Odlewanie folii ceramicznych

Odlewanie folii ceramicznych polega na wlewaniu gęstwy ceramicznej zawierającej różne dodatki organiczne do niezakończonego stalowego pasa przenoszonego na rolkach. Gęstwa wypływa stale ze zbiornika przez otwór o regulowanej średnicy bezpośrednio na pas. Gorące powietrze jest nadmuchiwane na pas w przeciwnym kierunku, aby go osuszyć. W ten sposób, na końcu pasa, dzięki zastosowaniu dodatków organicznych, otrzymuje się elastyczna płytką surowego produktu, którą można zwijać i przechowywać, a następnie poddawać dalszej obróbce lub może być przetwarzana natychmiast poprzez cięcie, puncowanie, tłoczenie lub inne podobne metody. Odlewanie folii zwykle jest stosowane do produkcji elementów ceramicznych o grubości od 0,25 do 1,0 mm. Formowane produkty są odpowiednie do produkcji półproduktów, obudów, kondensatorów oraz wielowarstwowych przetworników.

2.3.8.4 Obróbka

Zgodnie z tym, co zostało pokazane na poniższym rysunku, wyróżnić można następujące typy obróbki: surowa obróbka (po suszeniu), biała obróbka (po wypaleniu i wypaleniu wstępnym) oraz twarda obróbka (po wypaleniu/spieczeniu) [24, VKI-Germany, 2004].



Rysunek 2.28: Etapy obróbki w procesie produkcji ceramiki technicznej

Surowa obróbka jest stosowana do suchych części, które zawierają dodatki organiczne. Nadaje się do produkcji pojedynczych elementów oraz krótkich serii. Jest także stosowana do produkcji dużych serii kształtów, które nie mogą być produkowane bezpośrednio na etapie wstępnego kształtowania, takie jak otwory prostopadłe do kierunku suchego prasowania.

Biała obróbka stosowana jest w przypadku wstępnie wypalonych części, pobawionych dodatków organicznych. Wytrzymałość zależy od procesu wstępnego wypalania. W ten sposób można osiągnąć szybkie tempo usuwania, przy relatywnie niskim zużyciu narzędzi, przy użyciu konwencjonalnych, ceramicznych lub diamentowych narzędzi. Proces ten jest stosowany przez producentów zarówno do produkcji prototypów, jak i masowej produkcji.

Twarda obróbka stosowana jest do w pełni wypalonych/spieczonych przedmiotów, które zostały możliwie maksymalnie dostosowane do końcowych wymiarów za pomocą formowania, lub poprzednich etapów obróbki. Najmniejsza możliwa tolerancja może zostać osiągnięta za pomocą obróbki końcowej obejmującej usuwanie nadmiaru materiału. Wąskie wymagania precyzyjnego kształtowania oraz szereg różnych kształtów oraz jakość powierzchni wymaga zastosowania nowoczesnych metod obróbki do przetwarzania składników ceramicznych. Z uwagi na dużą twardość materiałów ceramicznych, stosuje się niemal wyłącznie narzędzie diamentowe (pasty lub tarcze).

2.3.8.5 Glazurowanie, angobowanie i metalizacja

Glazurowanie i angobowanie

Dzięki nałożeniu glazury powierzchnie stają się gładkie i bardziej atrakcyjne wizualnie, ale przede wszystkim glazura może znacząco poprawić szereg istotnych z technicznego punktu widzenia właściwości wyrobów ceramicznych (na przykład właściwości elektryczne, wytrzymałość mechaniczną, odporność na substancje chemiczne, etc.). Różnorodność kolorów glazur można osiągnąć dzięki mieszanemu barwników (tlenków metali). Aby osiągnąć znaczny wzrost wytrzymałości, współczynnik termicznej rozszerzalności glazury musi być dopasowany do odpowiedniego współczynnika czerepu. Niewielki nacisk na glazurę zwiększa wytrzymałość gotowego wyrobu, ale rozciąganie ogranicza ten efekt i w związku z tym jest niepożądane.

W przeciwieństwie do glazurowania, angoby są porowate i pozbawione materiałów szklistych. Zwykle składają się z ogniotrwałych tlenków (Al_2O_3 , SiO_2 , MgO , ZrO_2), ich mieszanki lub materiałów ogniotrwałych, takich jak mulit, spinel, krzemian cyrkonu, a nawet kaolin lub glina. Angoby są stosowane w procesie wypalania, aby chronić powierzchnię ceramiki przed mechanicznymi i korozyjnymi czynnikami. Zastosowane do ogniotrwałego wyposażenia pieca, takiego jak płyty, belki lub skrzynki, zapobiegają zachodzeniu reakcji pomiędzy dodatkowymi materiałami wspomagającymi i czynnikami adhezyjnymi pochodzącymi z glazury odpadającej z wypalanych przedmiotów, które ustawiono na wyścielanych elementach wyposażenia pieca [24, VKI-Germany, 2004].

Cienka warstwa mineralnej glazury lub angoby jest nakładana na powierzchnie ceramiczne za pomocą zanurzania, obracania, spryskiwania lub szczotkowania.

Metalizacja

Niektórzy producenci ceramiki technicznej oferują ceramikę metalizowaną. Tlenek aluminium oraz azotek aluminium wykorzystywane są jako substraty w tym procesie. Metalizacja jest metodą odpowiednią do lutowania i opiera się na położeniu bazowej warstwy wolframu o grubości co najmniej $6\ \mu\text{m}$ nakładanej techniką sitodruku. Warstwa niklu, o grubości co najmniej $2\ \mu\text{m}$ jest nakładana nieelektrostatycznie na powierzchnię aby wspomagać przepływ topników. Warstwa złota o grubości około $1\ \mu\text{m}$ może być nałożona, aby zapobiec korozji. Alternatywnie, warstwa nakładanego nieelektrostatycznie niklu może zostać wzmocniona warstwą złota. Dodatkowa warstwa cyny może także być nakładana, w przypadku, gdy wykonuje się lutowanie [24, VLI-Germany, 2004].

2.3.8.6 Suszenie, wypalanie i wypalanie wstępne

Suszenie

W zależności od różnorodności surowców oraz wariantów zastosowanego procesu, który jest dopasowywany, by osiągnąć konkretne własności produktów, stosuje się różne rodzaje suszarek, jednak często stosowane są suszarki komorowe, zwłaszcza w przypadku realizowania produkcji na małą skalę.

Wypalanie

Surowe czerepy uformowane z plastycznych materiałów są zwykle odporne na uszkodzenia, ale ta odporność może zostać jeszcze zwiększona za pomocą dodatków organicznych. Takie dodatki są jednak niezbędne, jeżeli niewypalony materiał nie jest plastyczny. Wypalanie pozostałych plastyfikatorów i czynników wiążących wraz z innymi dodatkami organicznymi wymaga precyzyjnego dopasowania profilu temperatury-ciśnienia-atmosfery-czas, aby osiągnąć nieinwazyjne i powtarzalne usuwanie tych dodatków z czerepów o drobnych porach. Jeden z wariantów wypalania określany jest jako „węglowanie” lub „koksowanie”, na przykład za pomocą SiC. Na tym etapie elementy organiczne są pokrywane węglem, który pozostaje w ich strukturze i podczas reakcji spiekania jest przekształcany, za pomocą dodawanych odczynników, do postaci macierzy ceramicznej. Po wysuszeniu lub wypaleniu (lub węglowaniu/koksowaniu) struktura surowych czerepów (uformowany prasowany proszek) jest utrzymywany wyłącznie za pomocą słabych sił spajających i wymaga szczególnie delikatnej obróbki na kolejnych etapach procesu. Z tego względu, o ile to możliwe, suszenie i wypalanie są łączone z etapem wypalania/spiekania [24, VKI-Germany, 2004].

Wstępne wypalanie

Aby ograniczyć poziom ryzyka związanego z przenoszeniem, a także, aby umożliwić alternatywną białą obróbkę, uformowane surowe czerepy mogą zostać wzmocnione za pomocą wypalania przy relatywnie niewielkim kurczeniu się na etapie wstępnego wypału. To wymaga możliwości odtwarzania wytrzymałości i kurczliwości za pomocą kontroli parametrów procesu [24, VKI-Germany, 2004].

2.3.8.7 Wypalanie/spiekanie

Do wypalania, w zależności od wykorzystanych surowców i wariantów procesu, stosuje się różne rodzaje pieców. Produkcja na niewielką skalę jest prowadzona w elastycznych, okresowo działających piecach, takich jak piece wahadłowe, które mogą być wykorzystywane do szybkiej zmiany krzywej wypalania produktów.

Typowe temperatury spiekania w przypadku materiałów stosowanych do ceramiki technicznej zostały zaprezentowane w poniższej tabeli [24, VKI-Germany, 2004].

Material do produkcji ceramiki technicznej	Temperatura spiekania (°C)
Porcelana alumina	około 1250
Porcelana kwarcowa	około 1300
Steatyt	około 1300
Kordieryt	1250 – 1350
Tlenek aluminium	1600 – 1800
Rekrystalizowany węgiel krzemu	2300 – 2500
Spieczony węgiel krzemu	około 1900
Azotek krzemu	około 1700

Tabela 2.24: Temperatura spiekania materiałów stosowanych do produkcji ceramiki technicznej

Energia niezbędna do wypalania zwiększa się odwrotnie proporcjonalnie do wzrostu temperatury wypalania. Oprócz nakładów energetycznych, wykorzystuje się także elementy wspomagające wypalanie (wyposażenie pieca) są wykorzystywane do ustawiania surowych czerepów w piecu wykonane z materiałów ogniotrwałych, które mogą wytrzymać bardzo wysokie temperatury. Szczególna różnorodność materiałów może zostać osiągnięta za pomocą zastosowania różnych rodzajów procesu wypalania [24, VKI-Germany, 2004]:

Prasowanie na gorąco (HP)

Prasowanie na gorąco jest wykorzystywane do produkcji elementów o gęstości zbliżonej do maksymalnej. Jest to proces spiekania wspierany prasowaniem jednoosiowym.

Gorące prasowanie izostatyczne (HIP)

Gorące prasowanie izostatyczne pozwala na osiągnięcie maksymalnej gęstości drobnych elementów za pomocą izostatycznego ciśnienia gazu do 3000 bar przy temperaturze do około 2000°C (zwykle w składanej krzemianowej pokrywie).

Jednym z przykładów wypalania ceramiki technicznej w dużych piecach wahadłowych jest produkcja izolatorów elektrycznych za pomocą programów regulujących temperaturę (objętość pieca 100 m³ przy zakresie gęstości 260 kg/m³, temperaturze wypalania 1300°C i czasie wypalania łącznie z fazą chłodzenia od 80 do 105 godzin) przy zastosowaniu gazu ziemnego jako paliwa [1, BMLFUW, 2003].

Innym przykładem zastosowania pieców wahadłowych jest produkcja elementów wspierających wypalanie (wyposażenia pieca) [17, Burart, 2004]:

- Kasety w kształcie litery H, które są wytwarzane ze specjalnych glin ogniotrwałych, są wypalane w piecach wahadłowych (gęstość poniżej 300 kg/m³, objętość pieca 12 m³) w temperaturze 1360-1390°C z wykorzystaniem gazu ziemnego jako surowca energetycznego. Są one wykorzystywane jako elementy wspomagające wypalanie w procesie produkcji dachówek;
- Dodatki wspomagające wypalanie, wykonane z proszku SiC oraz spoiwami organicznymi są wypalane w elektrycznych indukcyjnych piecach wahadłowych (gęstość poniżej 300kg/m³) przy temperaturze 2000-2500°C w azotowej/wodorowej atmosferze. Są one także wykorzystywane także w innych procesach, w szczególności podczas szybkiego wypalania porcelany pokrywanej ołowiem.

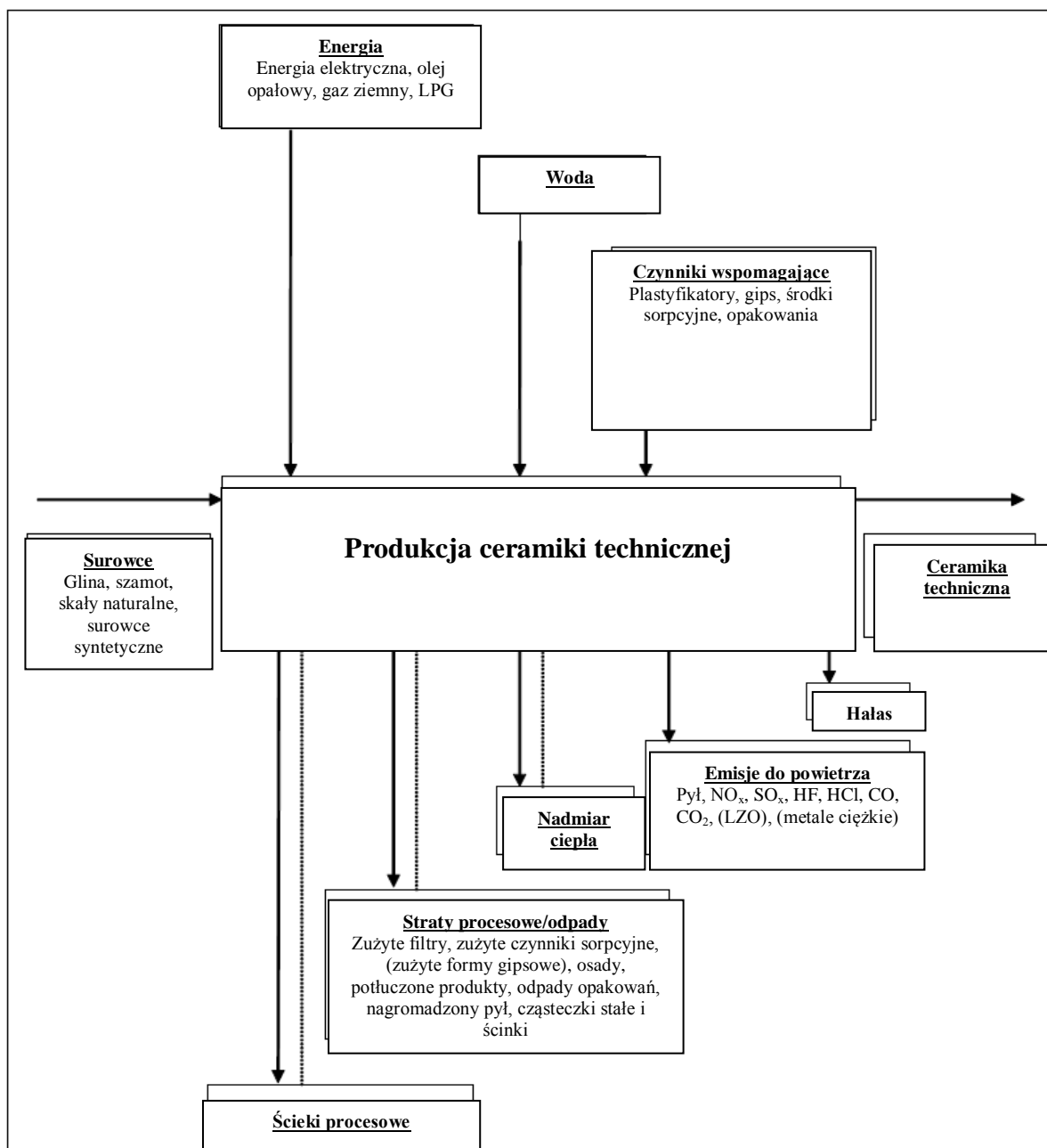
Jednakże, piece tunelowe są także stosowane do produkcji ceramiki technicznej. Przykład stanowi wypalanie katalizatorów ceramicznych w długich na 63 m piecach tunelowych w maksymalnej temperaturze 650°C i przy wydajności 0,76 m³/h [1, BMLFUW, 2003].

2.3.8.8 Obróbka końcowa

W zależności od rodzaju ceramiki technicznej często niezbędna jest obróbka końcowa, jak na przykład cięcie, piłowanie, szlifowanie, polerowanie i montaż z innymi częściami. Więcej informacji na ten temat można znaleźć w sekcji 2.3.8.4, szczególnie w części dotyczącej twardej obróbki. Po ostatecznej kontroli jakości produkty są sortowane i pakowane.

2.3.8.9 Strumienie wejściowe i wyjściowe w produkcji ceramiki technicznej

Kluczowe strumienie początkowe i końcowe w procesie produkcji ceramiki technicznej zostały zaprezentowane na poniższym rysunku [23, TWG Ceramics, 2005], [24, VKI-Germany, 2004].



Rysunek 2.29: Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji ceramiki technicznej

2.3.9 Ścierniwa nieorganiczne spoiste

2.3.9.1 Surowce

Nieorganiczne spoiste ścierniwa ceramiczne składają się z ziaren ścierających, substancji wiążących i szeregu dodatków, które są mieszane, kształtowane, suszone i wypalane [14, UBA, 2004].

Najczęściej do produkcji nieorganicznych spoistych ścierniw wykorzystuje się ziarna ścierające specjalnie topionego aluminium, korundu, czarnego i zielonego węgliku krzemu. Stosuje się także sześcienny azotek boru (CBN) oraz diament.

Czynniki wiążące zwykle wykonuje się z następujących składników:

- Skaleń
- Krzemiany
- Kwarc
- Fryty (szkło o określonym składzie)
- Kaolin (chińska glina)
- Glina
- Sjenit
- Pigmenty.

Skład zmienia się w zależności od zastosowania ścierniw. W związku z tym, można stosować czyste fryty wiążące lub specjalne czynniki wiążące o określonym współczynniku cieplnego rozszerzania i/lub punkcie topnienia. W niektórych przypadkach fryty mogą zawierać znaczną ilość alkaliów i boru. Aby uzyskać konkretne kolory można dodawać barwiące tlenki metali, szkło lub pigmenty.

Aby nadać ścierniwom określony kształt i właściwości w procesie produkcyjnym dodaje się do nich substancje pomocnicze. Jednak substancje te nie wchodzi w skład produktu końcowego.

Tymczasowe substancje wiążące są niezbędne do produkcji ścierniw nieorganicznych, aby utrzymać właściwy kształt mieszanki składającą się z granulatu i substancji wiążącej przed procesem wypalania. Alternatywnie, jako tymczasowe substancje wiążące stosuje się kleje rozpuszczalne w wodzie, emulsje woskowe, przeistoczona skrobia – na przykład dekstryny, preparaty polioksyetylenowe, lignosulfoniany, przeistoczone produkty kondensacji mocznikowo-formaldehydowej, żywice syntetyczne, etc.

Środki formujące pory generują postawienie określonego profilu porów ścierniw. Środki te są dodawane do surowców i, w zależności od zastosowanej substancji, odparowują, sublimują, depolimeryzują lub spalają się podczas suszenia i wypalania. W zależności od rodzaju produktu końcowego, stosuje się różne substancje formujące pory. Stosuje się naftalen lub inne substancje kalcynujące.

2.3.9.2 Przygotowanie surowców

Pierwszym etapem procesu produkcyjnego nieorganicznych ścierniw jest ważenie i mieszanie (np. w poziomym mieszalniku złożowym) składników zgodnie ze składem ścierniwa.

2.3.9.3 Nadawanie kształtu

Podczas produkcji nieorganicznych spoistych ścierniw surowe wyroby są mechanicznie prasowane do określonej gęstości zgodnie z określoną formą i wymaganiami wagowymi. W tym celu stosuje się prasy hydrauliczne lub mimośrodowe o ciśnieniu do 2500 MPa [14, UBA, 2004].

2.3.9.4 Suszenie

Ponieważ sprasowany materiał jest nawilżany wodą zawierającą klej, surowe wyroby muszą zostać wysuszone. Stosuje się suszarki komorowe, w których produkty są suszone w temperaturze od 50 do 150°C. Dłuższy czas suszenia, do 45 godzin jest niezbędny w przypadku suszenia bezrysowego. Dodatkowo, aby zapewnić suszenie niepowodujące rys, suszarki mogą być wentylowane (w szczególności suszarki próżniowe wyposażane są w urządzenia do kontroli wilgotności) [14, UBA, 2004], [28, Schorch, 2005].

2.3.9.5 Wypalanie

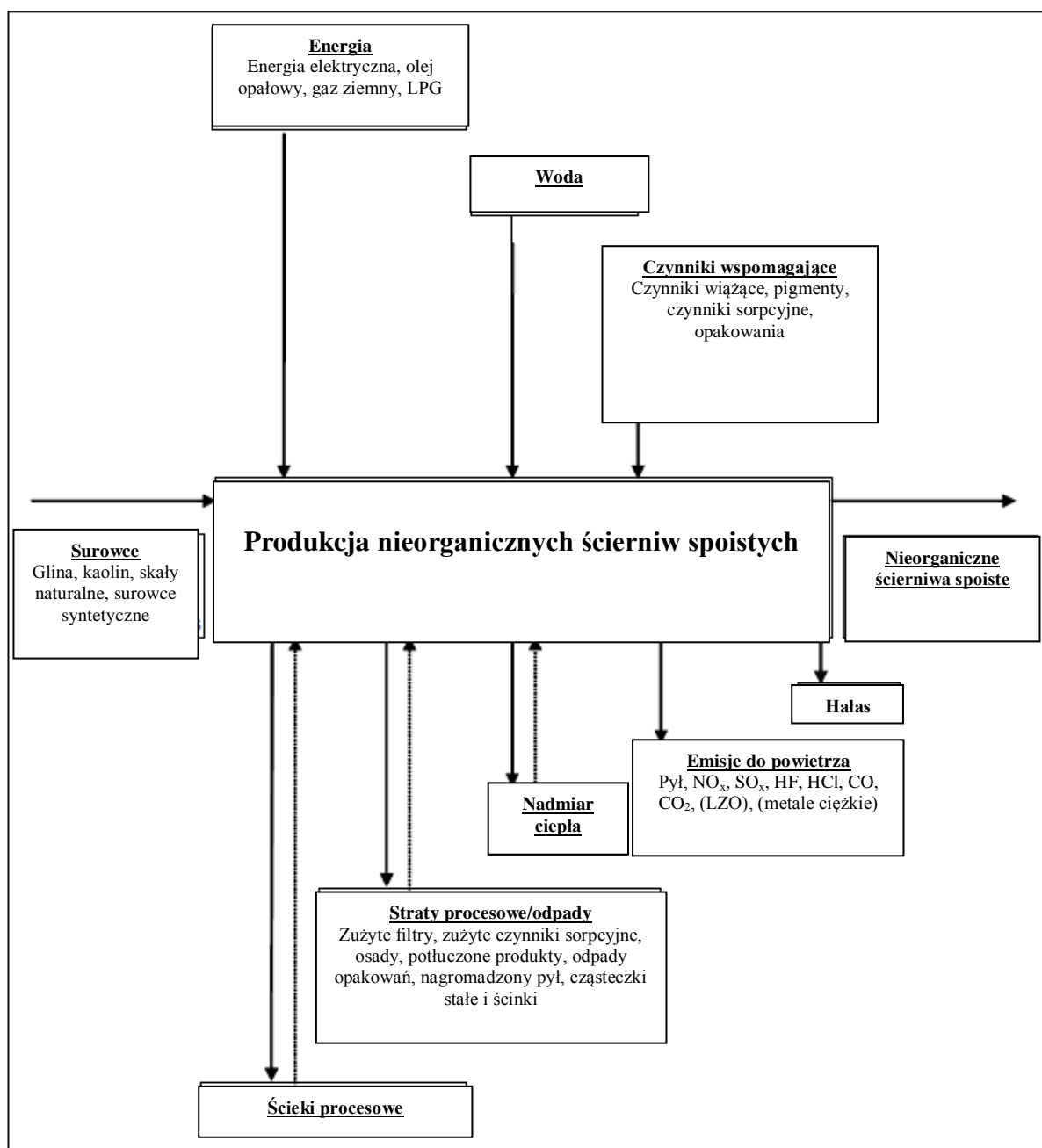
Wypalanie nieorganicznych ścierniw spoistych odbywa się w opalanych gazem ziemnym lub elektrycznych piecach działających okresowo lub ciągle. Przykładowe zakłady stosują piece o wydajności powyżej 4 m³ (do 11 m³), temperaturze od 850 do 1300°C i gęstości od 360 do 1400 kg/m³ [14, UBA, 2004]. Zawartość szklistych substancji wiążących w produktach, które mają zostać wypalone sięga w piecu około 10% całkowitej masy nieorganicznych ścierniw. W zależności od wielkości tarcz ściernych, cykl wypalania trwa od 40 do 120 godzin [28, Schorcht, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

2.3.9.6 Obróbka końcowa

Po ustaleniu jakości (gatunek, gęstość) ścierniw, następuje obróbka końcowa zgodna z wymaganiami klienta – na przykład wspomagane komputerowo toczenie lub szlifowanie. Następnie, zgodnie ze standardami, przeprowadzana jest inspekcja końcowa, która zwykle obejmuje kontrolę wyważenia, rozmiarów, test pierścieniowy oraz kontrolę wzrokową, a także badanie bezpiecznej prędkości i prędkości rozrywającej. Po końcowej inspekcji, nieorganiczne ścierniwa są oznaczane jako spełniające standardy i pakowane do wysyłki [14, UBA, 2004], [30, TWG Ceramics, 2005].

2.3.9.7 Strumienie wejściowe i wyjściowe w produkcji ścierniw nieorganicznych

Kluczowe strumienie początkowe i końcowe w procesie produkcji ścierniw nieorganicznych zostały zaprezentowane na poniższym rysunku [14, UBA, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005].



Rysunek 2.30: Strumienie wejściowe i wyjściowe w procesie produkcji ścierniw nieorganicznych

3. AKTUALNE POZIOMY EMISJI I ZUŻYCIA

3.1 Emisje – informacje ogólne

3.1.1 Emisje do powietrza

3.1.1.1 Pył (cząstki stałe)

Przetwarzanie gliny oraz innych surowców ceramicznych nieuchronnie prowadzi do formowania się pyłu – szczególnie w przypadku suchych materiałów. Suszenie (w tym także suszenie rozpyłowe), rozdrabnianie (szlifowanie, mielenie), przesiewanie, mieszanie, przenoszenie mogą powodować emisje drobnego pyłu, co zmusza do instalowania pochłaniaczy. Pył tworzy się także podczas dekorowania i wypalania produktów, a także podczas obróbki i czynności końcowych wykonywanych na wypalonych produktach. Pył jest jednym z podstawowych zanieczyszczeń, w znaczeniu ilościowym, powstających w wyniku procesów ceramicznych.

3.1.1.2 Emisje gazowe

Składniki gazowe uwalniane podczas suszenia, kalcynowania i wypalania pochodzą zarówno w surowców, jak i paliw. Związki fluoru stanowią jeden z podstawowych typów zanieczyszczeń pochodzących z procesów ceramicznych. Emisje gazowe istotne dla przemysłu ceramicznego zostały opisane w sekcjach od 3.1.1.2.1 do 3.1.1.2.7:

3.1.1.2.1 Dwutlenek siarki i inne związki siarki

Stężenie SO_x (przede wszystkim SO_2) w spalinach jest ściśle powiązane z zawartością siarki w surowcach oraz paliwem. Materiały ceramiczne mogą zawierać siarkę w postaci pirytu (FeS_2), gipsu lub innych siarczanów oraz organicznych związków siarki. Paliwa gazowe zasadniczo nie zawierają siarki, ale paliwa stałe i oleje opałowe uwalniają tlenki siarki podczas spalania. Należy zauważyć, że podstawowe związki pochodzące z surowców (np. CaO wytwarzający się podczas wypalania z $CaCO_3$) mogą ograniczać emisje siarki dzięki wchodzeniu w reakcje w tlenkami siarki. Produkty reakcji są zatrzymywane wewnątrz czerepów.

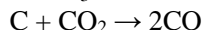
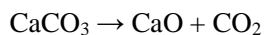
3.1.1.2.2 Tlenki azotu i inne związki azotu

NO_x produkowane są głównie na etapie termicznego utrwalania azotu i tlenu pochodzących z powietrza spalającego. Reakcji tej sprzyjają wysokie temperatury (szczególnie $>1200^\circ C$) oraz nadmiar tlenu. Utrwalanie może zachodzić w gorących płomieniach, nawet, jeżeli temperatura pieca jest niższa niż $1200^\circ C$.

Związki azotu obecne w paliwach (głównie stałych lub płynnych) lub w organicznych dodatkach, tworzą NO_x podczas spalania w znacznie niższych temperaturach.

3.1.1.2.3 Tlenek i dwutlenek węgla

Tlenek węgla, CO , powstaje w wyniku spalania substancji organicznych zawartych w czerepach ceramicznych – szczególnie w warunkach niskotlenowych. Może być także formowany w reakcji stałego węgla zawartego w czerepach z dwutlenkiem węgla (CO_2) uwalnianym podczas wypalania w wyniku termicznej dysocjacji alkaliów i węglanów borowców, na przykład wapnia lub magnezu:



(Dwutlenek węgla formuje się podobnie i jest głównym tlenkiem węgla powstającym podczas spalania paliw kopalnych).

3.1.1.2.4 Lotne związki organiczne (LZO)

Surowce ceramiczne mogą zawierać substancje organiczne lub można do nich dodawać wiele związków organicznych służących jako czynniki wiążące, formujące pory, wspomagające suszenie, kleje, paliwa, dodatki do wypalania, etc.

Podczas wstępnego procesu ogrzewania, może zachodzić karbonizacja związków organicznych wraz z uwalnianiem różnych złożonych LZO.

3.1.1.2.5 Metale i ich związki

Zawartość metali ciężkich w większości surowców ceramicznych jest bardzo niska i nie powoduje problemów z emisją. Wyjątkiem są pigmenty ceramiczne oraz surowce glazurnicze, ale obecnie praktykuje się stosowanie substancji barwiących („bejce” zawierające pigmenty), które są stabilne w wysokich temperaturach i obojętne w systemach krzemianowych, w których tlenki metali mają stabilną strukturę krystaliczną, taką jak spinele lub cyrkon [23, TWG Ceramics, 2005]. Takie glazury są poddawane bardzo krótkiemu procesowi wypalania minimalizującego ryzyko ulatniania się.

Ciężkie oleje opałowe oraz paliwa stałe mogą zawierać niewielkie ilości niklu i wanadu, ale testy wykazały, że te elementy są w znacznej mierze absorbowane w reakcjach z produktem podczas wypalania.

3.1.1.2.6 Chlor i jego związki

Większość glin zawiera śladowe ilości chloru, często pochodzącego z pierwotnej morskiej formacji, ale potencjalnymi źródłami emisji kwasu solnego (HCl) są także dodatki lub woda zawierająca chlor (np. stężenie Cl w wodzie dodawanej podczas przygotowania surowców może wahać się od 50 do 100 mg/l lub nawet wyższe) [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005]. Z uwagi na dekompozycję soli mineralnych zawierających chlor w temperaturze przekraczającej 850°C oraz związków organicznych zawierających chlor w temperaturze od 450 do 550°C, HCl pojawia się podczas procesu wypalania w spalinach pochodzących z pieca [25, Voland, 2004].

3.1.1.2.7 Fluor i jego związki

Niemal wszystkie surowce naturalne zawierają śladowe ilości fluoru (który łatwo łączy się z grupami OH w glinach i uwodnionych minerałach). Kwas fluorowodorowy (HF) pochodzi przede wszystkim z dekompozycji fluorokrzemianów zawartych w glinie. Emisja HF odbywa się według dwóch różnych mechanizmów:

- Bezpośredni rozkład minerałów fluorkowych, który w znacznej mierze zależy od rodzaju gliny (np. smektytu w temperaturze od 550°C, illitu w temperaturze od 750°C, apatyty w temperaturze od 600 do 700°C);
- Rozkład CaF₂ w temperaturze przekraczającej 900°C, reakcji tej sprzyja obecność pary wodnej [23, TWG Ceramics, 2005], [25, Voland, 2004].

W związku z tym woda, obecna w atmosferze pieca (np. utworzona w wyniku spalania paliw), odgrywa istotną rolę w mechanizmie formowania się HF. Zachodzą następujące reakcje;

- Mineralny-F + H₂O → mineralne-OH + HF (1) (uwalnianie HF w wyniku hydrolizy mineralnego-F)
- 2HF + CaO → CaF₂ + H₂O (2) (resorpcja HF)
- CaF₂ + H₂O → 2HF + CaO (3).

Reakcja (2) zachodzi przy relatywnie niskich temperaturach, w sekcji wstępnego podgrzewania w piecu. Wyjaśnia, dlaczego obecność CaCO₃/CaO (wapienia/wapna) może powodować znaczną redukcję emisji HF. Wolne podgrzewanie zwiększa czas reakcji resorpcji i może powodować niższe emisje HF. Reakcja (3) zachodzi w wyższych temperaturach (>900°C), jeżeli stężenie wody w piecu jest bardzo wysokie [2, VITO, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005].

Stężenie fluoru w spalinach jest związane nie tylko z jego zawartością w surowcach, obecności pary wodnej, składu czerepu oraz krzywej temperaturowej, ale także ustawień oraz konkretnej powierzchni produktu, która ma zostać wypalona – wszystkie te czynniki skutkują dyfuzją H₂O oraz HF wewnątrz oraz na zewnątrz produktu (por. sekcja 4.3.3.1 oraz 4.3.2.2) [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

3.1.2 Emisje do wody

Woda jest niezwykle istotnym surowcem w przemyśle ceramicznym, ale jej zużycie znacznie różni się w zależności od procesu i sektora. Woda dodawana bezpośrednio do mieszanek ceramicznych nie stanowi problemu, ponieważ zostaje następnie odparowana do powietrza podczas etapów wypalania i suszenia. Ścieki procesowe są generowane przede wszystkim, gdy materiały ilaste są wypłukiwane i rozpuszczane w przepływającej wodzie podczas procesu produkcyjnego i czyszczenia urządzeń, ale emisje do wody pojawiają się także podczas działania mokrych płuczek odgazowujących.

Ścieki procesowe pojawiają się w niewielkich ilościach podczas produkcji cegieł i dachówek, rur kamionkowych oraz produktów ogniotrwałych, jeżeli wykonywana jest obróbka powierzchniowa, na przykład glazurowanie i angobowanie lub szlifowanie na mokro. Dodatkowe ilości wody powstają w wyniku oczyszczania urządzeń służących do mieszania, angobowania i glazurowania oraz form. Podczas produkcji keramzytów, zwykle nie generuje się ścieków, jedynie woda chłodząca piec przechodzi przez separator olejowy i wraca do obiegu chłodniczego.

Podczas produkcji płytek ściennych i dachowych, zastawy stołowej, elementów dekoracyjnych, ceramiki sanitarnej i technicznej oraz nieorganicznych ścierniw spoistych, ścieki procesowe są przede wszystkim rezultatem zastosowania wody do czyszczenia elementów przygotowawczych i elementów służących do odlewania, a także do procesów glazurowania i dekorowania oraz w postaci wody ze szlifowania podczas obróbki końcowej.

Ścieki, które powstają w wyniku przetwarzania składników oraz oczyszczania urządzeń zwykle zawiera te same surowce i czynniki pomocnicze, które zostały użyte w danym procesie. Zasadniczo związki te są nierozpuszczalne w wodzie.

Ścieki procesowe zwykle są mętne i zabarwione z powodu zawartości bardzo drobnych cząsteczek glazury i minerałów ilastych. Z chemicznego punktu widzenia, charakterystyczna jest obecność:

- Zawiesin cząstek stałych: zasadniczo glin, fryt i nierozpuszczalnych krzemianów
- Rozpuszczonych anionów: siarczany
- Zawiesin i rozpuszczonych metali ciężkich: np. ołowiu i cynku
- Niewielkich ilości boru
- Śladowych ilości substancji organicznych (kleje i nośniki do sitodruku stosowane podczas glazurowania).

3.1.3 Straty procesowe/odpady

Straty procesowe/odpady pochodzące z produkcji wyrobów ceramicznych składają się przede wszystkim z następujących materiałów:

- Różnego rodzaju osadów pochodzących z oczyszczalni ścieków powstających w procesie, na przykład podczas czyszczenia urządzeń służących do przygotowywania czerepów, przygotowywania i nakładania glazury, a także ze szlifowania na mokro. Ilość oraz skład osadów jest różny, ponieważ, oprócz osadów powstających w różnych procesach produkcyjnych, stosuje się też różne surowce (różne glazury, fryty, glinki, etc.), a nawet w jednym zakładzie, co powoduje znaczną zmienność składu osadów.
- Potłuczone materiały/produkty powstające na etapie kształtowania, suszenia, wypalania oraz obróbki końcowej, a także zniszczone materiały ogniotrwałe.
- Pył powstający z urządzeń oczyszczających spaliny.
- Zużyte formy gipsowe powstające w procesie formowania.
- Zużyte czynniki sorpcyjne (granulowany wapień, pył wapienny) powstające w systemie oczyszczania spalin.
- Odpady opakowań (tworzywa sztuczne, drewno, metal, papier, etc.) powstające na etapie pakowania.
- Odpady stałe, np. popiół powstający podczas wypalania z użyciem paliw stałych.

Części wymienionych powyżej skumulowanych strat procesowych mogą zostać odzyskane i ponownie wykorzystane w zakładzie w zależności od charakterystyki produktu oraz wymagań procesu. Materiały, które nie mogą zostać odzyskane na miejscu, opuszczają zakład, aby mogły zostać zużyte w innych sektorach lub są dostarczane do zewnętrznych zakładów zajmujących się recyklingiem lub utylizacją.

3.1.4 Emisja hałasu

Hałas jest obecny na kilku etapach podczas procesu produkcji wyrobów ceramicznych, przede wszystkim spowodowany jest działaniem głośnych urządzeń oraz przeprowadzaniem procedur generujących hałas.

3.1.5 Możliwe źródła i ścieżki emisji

Poniższa tabela prezentuje przegląd możliwych źródeł emisji na ważnych etapach procesów produkcji wyrobów ceramicznych oraz odpowiadające im ścieżki emisji [23, TWG Ceramics, 2005], [26, UBA, 2005], [27, VDI, 2004], [30, TWG Ceramics, 2005].

Etap procesu	Emisje z				Emisje do			Emisja hałasu
	Surowców	Czerepów ceramicznych	Dekoracji	Paliw	Powietrza	Wody	Gruntu (straty procesowe/odpady)	
Przygotowanie surowców								
Wstępne/wtórne kruszenie i szlifowanie	x				x		x	x
Suche mielenie i mieszanie	x			x ¹⁾	x		x	x
Mokre mielenie i mieszania	x					x	x	x
Przesiewanie/klasyfikacja	x				x		x	x
Przenoszenie	x				x		x	x
Przechowywanie w silosach	x				x			x
Przygotowanie czerepów								
Odewanie gęstwy		x				x		
Pasta do wytłaczania do miękkiego kształtowania plastycznego		x			x	x	x	
Czerepy do twardego kształtowania plastycznego za pomocą usuwania wiórów		x				x	x	
Prasowany proszek, suchy proces		x			x	x	x	x
Prasowany proszek, proces suszenia rozpyłowego		x		x	x	x	x	x
Granulacja		x			x			x
Kształtowanie								
Odewanie gęstwy		x				x		
Miękkie kształtowanie plastyczne (wytłaczanie)		x				x	x	
Kształtowanie przez cięcie		x					x	
Prasowanie		x			x	x ²⁾	x	x
Obróbka surowych czerepów		x			x	x	x	
Suszenie								
Suszarki ciągłe i okresowe		x		x	x			x
Dekorowanie								
Glazurowanie			x		x	x	x	
Angobowanie			x		x ³⁾	x	x	
Drukowanie			x		x	x	x	
Wypalanie								
Piece ciągłe i okresowe	x	x	x	x	x			x
Obróbka końcowa								
		x	x		x	x	x	x
Przechowywanie materiałów								
	x	x		x	x ⁴⁾			x

1) Możliwe w specjalnych przypadkach, np. gorące suche szlifowanie keramzytów.
2) Wyłącznie woda chłodząca.
3) W przypadkach niektórych sektorów, np. płytki ceramiczne.
4) Przechowywanie materiałów obejmuje także przechowywanie paliw.

Tabela 3.1: Przegląd możliwych źródeł i ścieżek emisji w przemyśle ceramicznym

3.2 Zużycie – informacje ogólne

3.2.1 Zużycie energii

Pierwotne zużycie energii podczas produkcji wyrobów ceramicznych związane jest z wypalaniem w piecu, w wielu procesach także zużycie podczas suszenia półproduktów lub ukształtowanych produktów jest bardzo wysokie. Do większości czynności związanych z wypalaniem i suszeniem stosuje się gaz ziemny, gaz LPG oraz olej opałowy, ale także paliwa stałe, energia elektryczna, LNG oraz biogaz/biomasa.

Instalacje i urządzenia stosowane do rozdrabniania i mieszania surowców, a także formowania produktów, wymagają energii elektrycznej. Olej napędowy jest niezbędny do transportu na miejscu, który może obejmować przewóz surowców z kopalni, a także wewnętrzny transport na ciężarówkach. Dodatkowo do czynności transportowych na miejscu, na przykład podczas pracy wózków widłowych, wykorzystuje się energię elektryczną (baterie) oraz butle LPG (butan, propan).

Największymi konsumentami energii są sektory produkujące cegły, dachówki, płytki ścienne i podłogowe, ale ma to związek z największym tonażem ich produkcji. W zakresie zużycia energii, największą wydajność wykazują sektory produkujące cegły oraz dachówki [3, CERAME-UNIE, 2003].

Należy zauważyć, że ogrzewanie elektryczne stosuje się niekiedy w przypadku zastawy stołowej i ceramiki technicznej [14, UBA, 2004], [17, Burkart, 2004]. Jest to niezbędne, by osiągnąć wymaganą jakość.

3.2.2 Zużycie wody

Woda jest wykorzystywana zasadniczo we wszystkich procesach ceramicznych, natomiast do przygotowania gliniek oraz glazury, czerepów glinianych do wytłaczania, „mułów” do form, przygotowania proszków rozpyłowych, mokrego mielenia/szlifowania oraz omywania niezbędna jest woda o wysokiej jakości.

Woda jest używana do różnych czynności: przede wszystkim jako surowiec czerepów oraz do ich przygotowania, jako składnik glazur, płyn myjący oraz chłodziwo. Do glazur oraz do mycia i wymywania niezbędna jest woda o wysokiej jakości. Woda o niskiej jakości – na przykład nieoczyszczone ścieki procesowe pochodzące z mycia w sekcji glazurniczej – może być odpowiednia do czerepów. Techniki ponownego wykorzystania ścieków procesowych umożliwiają uzyskanie różnej jakości.

3.2.3 Zużycie surowców

W przemyśle ceramicznym wykorzystuje się szereg różnych surowców, omówionych w rozdziale 2. Obejmują one materiały wykorzystywane do formowania czerepów, zużywane w dużych ilościach, a także różne dodatki, spoiwa oraz materiały dekoracyjne nakładane na powierzchnię, które są stosowane w niewielkich ilościach.

3.3 Prezentacja danych na temat emisji i zużycia

Bieżąca sekcja przedstawia szereg aktualnie odnotowywanych poziomów emisji i zużycia podczas procesów produkcyjnych. Informacje zawarte tu obejmują obecnie obserwowane zużycie energii, wody i surowców oraz, o ile to możliwe, dane na temat emisji do powietrza i wody powstających w wyniku tych czynności, a także surowce i produkty podprocesów oraz skład osadów oraz stałych strat procesowych. Dane na temat emisji hałasu nie zostały uwzględnione, ponieważ wiele aspektów hałasu nie jest szczególnie związanych z sektorem a odpowiednie dane na temat emisji hałasu z przemyśle ceramicznym nie są dostępne.

Dane na temat wydajności zostaną sklasyfikowane, o ile to możliwe, wraz ze szczegółami na temat funkcjonowania, próbkowania oraz metod analitycznych i prezentacjami statystycznymi (np. średnie, wartości maksymalne, minimalne i zakresy).

Standardowe warunki pomiarów objętości przepływów oraz stężeń zostały zdefiniowane poniżej. Definicje zostały także powtórzone w Słowniku:

m ³ /h	Objętość przepływu: o ile w niniejszym dokumencie nie stwierdzono inaczej objętość przepływu odnosi się do 18% tlenu oraz stanu normalnego.
mg/m ³	Stężenie: o ile w niniejszym dokumencie nie stwierdzono inaczej, stężenie substancji gazowych lub mieszanin substancji odnosi się suchych spalin przy 18% tlenu i w stanie normalnym oraz stężenie benzenu odnosi się do 15% tlenu i stanu normalnego.
stan normalny	Odnosi się do temperatury 273 K oraz ciśnienia 1013hPa.

Dodatkowe użyteczne informacje można znaleźć w Dokumencie Referencyjnym dla ogólnych zasad monitoringu (MON).

Z uwagi na złożoność przemysłu ceramicznego, dane przedstawione jako przykłady oraz zakresy aktualnie obserwowanych poziomów emisji i zużycia zostały podsumowane dla sektorów w tabelach i wykresach zawartych w bieżącej sekcji.

3.3.1 Cegły i dachówki

3.3.1.1 Dane na temat emisji

W zakładach produkujących cegły i dachówki występują emisje do powietrza i wody, straty procesowe, odpady, a także emisje hałasu. W bieżącej sekcji zaprezentowano zakresy emisji zanieczyszczających powietrze powstających w wyniku wypalania cegieł i dachówek. Emisje do powietrza z innych etapów procesów, a także emisje do wody oraz straty procesowe także zostały opisane.

Emisje do powietrza

Podczas wypalania cegieł oraz dachówek generowane są znaczące emisje do powietrza. W tym kontekście, należy wspomnieć, że emisje różnią się znacznie pomiędzy państwami, a nawet w poszczególnych państwach, pomiędzy różnymi zakładami, w zależności od zastosowanych surowców ilastych – ze względu na geologiczne i geograficzne zróżnicowanie – zgodnie z tym, co zostało opisane w sekcji 2.3.1.1 (por. w szczególności tabela 2.1), a także ze względu na różnice w zastosowanych technikach produkcyjnych stosowanych w zależności od rodzaju produktu.

W tym kontekście, dane wymienione w poniższej tabeli prezentują zakresy emisji fluorków, chlorków, tlenków siarki, tlenków azotu, pyłu oraz tlenku węgla powstających w niektórych państwach europejskich. Wszystkie dane podane w tej tabeli dotyczą emisji w nieoczyszczonych spalinach pochodzących z pieca, tzn. nie uwzględniają żadnych urządzeń redukujących ich poziom [20, CERAME-UNIE, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [21, Almeida, 2004].

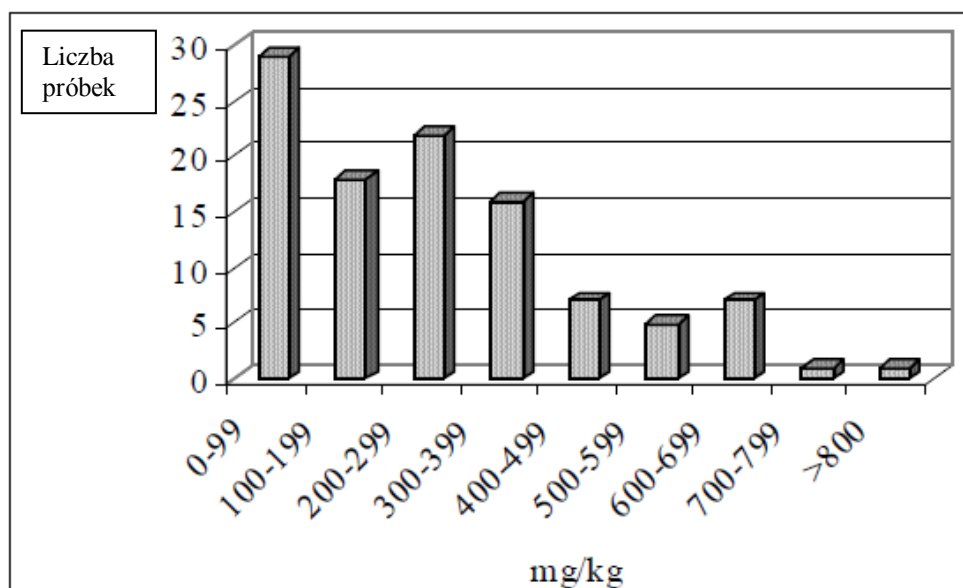
Składnik emisji (mg/m ³)	Austria	Francja	Holandia	Włochy	Dania*
Fluor w postaci HF					
Minimum	0	1	1	0	10
Maksimum	60	130	150	350	150
Chlor w postaci HCl					
Minimum		0	1	0	5
Maksimum		30	32	200	50
Siarka w postaci SO_x					
Minimum	5	0	2	0	20
Maksimum	100	1090	630	3200	700
Azot w postaci NO_x					
Minimum	9	5	27	5	50
Maksimum	80	200	464	100	200
Pyl					
Minimum	0	1	1	1	5
Maksimum	13	180	64	40	40
Tlenek węgla					
Minimum		0	7	100	
Maksimum		1200	701	500	

*) Stężenie tlenu 15-19% w zależności od zmierzonej zawartości tlenu w spalinach.

Składnik emisji (mg/m ³)	Belgia	Wielka Brytania	Niemcy	Węgry	Szwajcaria	Portugalia
Fluor w postaci HF						
Minimum	6	1	1	0	0	1
Maksimum	117	200	250	20	22	80
Chlor w postaci HCl						
Minimum	0	1	0			nie wykryto
Maksimum	270	125	95	50		160
Siarka w postaci SO_x						
Minimum	3	8	1	1	1	3
Maksimum	3485	2450	3000	350	281	443
Azot w postaci NO_x						
Minimum	0	0	10	0	36	14
Maksimum	174	160	450	780	147	132
Pyl						
Minimum	2	0	5	1	1	8
Maksimum	449	100	150	100	29	125
Tlenek węgla						
Minimum	23		0	1	7	2
Maksimum	1950		1500	1500	483	500

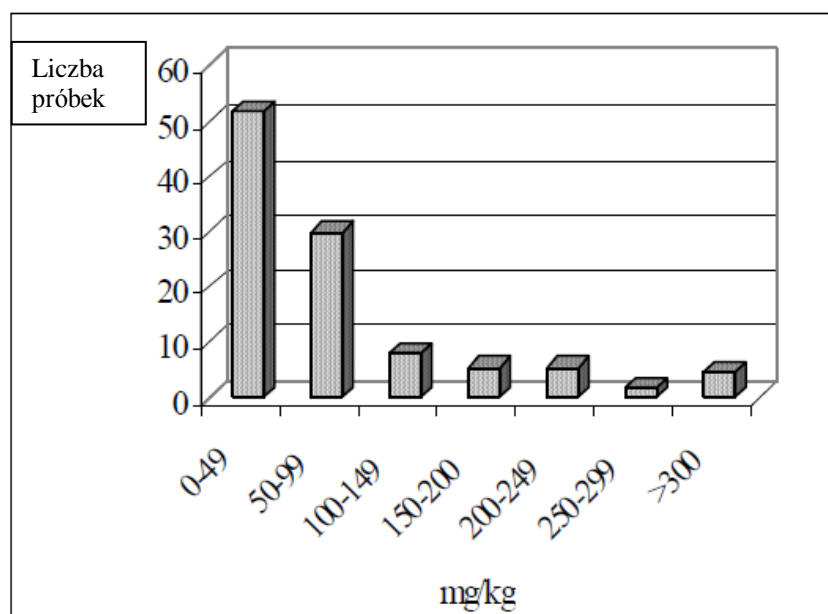
Tabela 3.2: Zakresy emisji surowych spalin z procesu wypalania cegieł i dachówek

Emisje fluoru znacznie różnią się, por. tabela 3.2, nie tylko z powodu zróżnicowanej zawartości fluoru w surowcach, ale także z uwagi na różnice w zastosowanych technikach produkcyjnych. Na przykład, poniższy rysunek pokazuje rozkład uwolnionego fluoru w zależności od produktu końcowego, w oparciu o włoskie badania i powiązane z rysunkiem 2.9 [20, CERAME-UNIE, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].



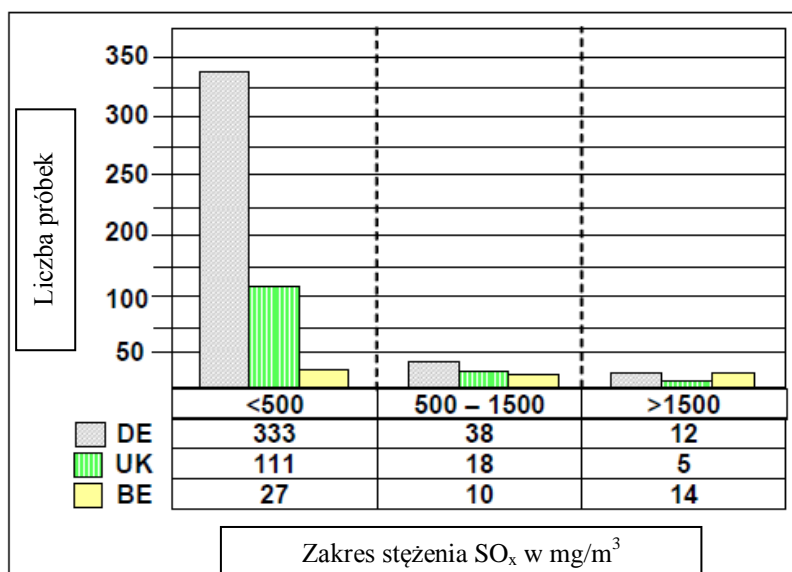
Rysunek 3.1: Dystrybucja uwolnionego fluoru we włoskim przemyśle wytwarzającym cegły i dachówki

Podobne zróżnicowanie ma miejsce w przypadku emisji chloru (por. tabela 3.2), na poniższym rysunku przedstawiono także rozkład uwolnionego chloru w zależności od końcowego produktu dla włoskiego przemysłu produkującego cegły i dachówki [20, CERAME-UNIE, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005].



Rysunek 3.2: Dystrybucja uwolnionego chloru we włoskim przemyśle wytwarzającym cegły i dachówki

Poniższa tabela pokazuje różne emisje siarki na terenie Niemiec, Wielkiej Brytanii oraz Belgii, przedstawione w postaci relacji pomiędzy liczbą zakładów produkujących cegły i dachówki i odpowiadających im zakresów emisji. Także w tym przypadku istotną rolę odgrywa zróżnicowanie zawartości siarki w glinie (por. rysunek 2.12), np. korzystając z gliny o niższej zawartości siarki uzyskuje się niższe wartości emisji siarki, niż w przypadku zastosowania gliny o wysokiej zawartości siarki [20, CERAME-UNIE, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [30 TWG Ceramics, 2005].



Rysunek 3.3: Emisje SO_x w Niemczech, Belgii i Wielkiej Brytanii

Zakresy danych operacyjnych na temat surowych gazów zostały zaprezentowane w poniższej tabeli w powiązaniu z zastosowanymi paliwami [4, UBA, 2001], [27, VDI, 2004], [30, TWG Ceramics, 2005].

Składnik emisji	Jednostka	Paliwa gazowe	Olej opałowy EL	Ciężki olej opałowy	Węgiel
Pył	mg/m ³	1 – 20	1 – 30	5 – 50	60 – 150***
NO _x wyrażone jako NO ₂	mg/m ³	20 – 200	20 – 200	20 – 200	20 – 200
SO _x wyrażone jako SO ₂ (zawartość siarki w surowcach <0,12%*)	mg/m ³	10 – 300**	10 – 300**	30 – 500**	30 – 500**
Nieorganiczne gazowe związki fluoru wyrażone jako HF	mg/m ³	1 – 20**	1 – 20**	1 – 20**	1 – 20**
Nieorganiczne gazowe związki fluoru wyrażone jako HCl	mg/m ³	1 – 120	1 – 120	1 – 120	1 – 120

*) Możliwe wartości powyżej 1500 mg SO₂/m³ przy zawartości siarki w surowcach >0,12%.
 **) Możliwe są niższe wartości HF i SO₂, jeżeli stosowane są surowce o wysokiej zawartości wapnia.
 ***) Podczas stosowania węgla brunatnego zawartość pyłu może sięgać 700 mg/m³.

Tabela 3.3: Dane operacyjne na temat surowych gazów w zależności od zastosowanych paliw

Dla pozostałych paliw wymienionych w sekcji 2.3.1.5, np. koks naftowego, dane na temat emisji nie są dostępne.

LZO nie muszą być obecne w surowych spalinach pochodzących z procesu wypalania cegieł, które występują przede wszystkim, gdy dodatki organiczne są wykorzystywane do zwiększenia porowatości. Zawartość składników organicznych w surowych spalinach zależy od stopnia porowatości oraz warunków panujących w strefie wstępnego podgrzewania w piecu. Często stosuje się mieszaniny różnych czynników formujących pory. Poniższa tabela prezentuje zakresy ilości spalin uzyskiwanych za pomocą różnych czynników formujących pory [4, UBA, 2001].

Składnik emisji	Jednostka	Polistyren	Trociny i papierowe substancje wiążące
Substancje organiczne wyrażone jako C	mg/m ³	50 – 250	50 – 250
Benzen	mg/m ³	1 – 65	1 – 5
Fenol	mg/m ³	1 – 5	1 – 20
Formaldehyd	mg/m ³	1 – 20	5 – 100
Aldehyd (C1 – C4)	mg/m ³	1 – 20	25 – 180
Tlenek węgla	mg/m ³	<300	<1500

*) Wysokie wartości CO wskazują na niekompletne wypalenie

Tabela 3.4: Zawartość surowych spalin w zależności od różnych czynników formujących pory

Przykłady oczyszczonych gazów zostały przedstawione w poniższej tabeli to średnie wartości odnoszące się do produkcji porowatych bloczków glinianych, natomiast żadne dane na temat urządzeń służących do oczyszczania spalin nie są dostępne. Odpowiednie zakresy danych operacyjnych znajdują się w górnej części tabeli. Tabela pokazuje także podstawowy związek pomiędzy danymi operacyjnymi, stężeniem emisji oraz odpowiednimi współczynnikami emisji (emisje związane z produkcją 1 kg cegieł (kg_B)) [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

Źródło emisji	Piec tunelowy
Objętość strumienia spalin (m ³ /h)	5000 – 50000
Temperatura spalin (°C)	100 – 200

Składnik emisji	Średnie stężenie czystych gazów (mg/m ³)	Współczynnik emisji, wartości średnie (mg/kg _B)
Pył	11,6	17,6
NO _x wyrażone jako NO ₂	121,0	184,0
SO _x wyrażone jako SO ₂	26,1	39,6
CO ₂	98200	149000
CO	124,6	189,0
Nieorganiczne gazowe związki fluoru wyrażone jako HF	2,7	4,1
Nieorganiczne gazowe związki fluoru wyrażone jako HCl	8,4	12,7
Substancje organiczne wyrażone jako C	22,7	34,5

Tabela 3.5: Średnie stężenia czystych gazów (porowate bloczki gliniane) oraz związane z produktem współczynniki emisji

Tabele 3.6 oraz 3.7 pokazują przykłady stężeń spalin pochodzących z produkcji bloczków glinianych oraz cegieł, cegieł elewacyjnych i dachówek, zmierzone przez zewnętrznych ekspertów (pojedyncze i nieciągłe pomiary) oraz odpowiadające im dane operacyjne (w górnej części tabeli). Większość zakładów posiada systemy oczyszczania spalin, zgodnie z tym, co zostało przedstawione w tabeli, a zatem wartości odpowiadają stężeniom czystych gazów [1, BMLFUW, 2003], [17, Burkart, 2004], [2, VITO, 2003].

Parametr	MB1	MB2	MB3	MB4	MB5
Przepływ strumienia spalin (m ³ /h)	22000	12400	25300	12440	32930
Temperatura spalin (°C)	153	107	224	171	197
Paliwo	Gaz ziemny	Gaz ziemny	Gaz ziemny	Gaz ziemny	Gaz ziemny
Czynniki formujące pory	Trociny, polistyren, papier	Trociny	Trociny, papier	Trociny, łuski słoneczników, węgiel brunatny	Trociny, łuski słoneczników, węgiel brunatny
Oczyszczanie spalin	Termiczne dopalanie	-	Termiczne dopalanie	Termiczne dopalanie	Termiczne dopalanie

Składnik emisji	MB1	MB2	MB3	MB4	MB5
Pył	18,0	27,0	4,0	8,4	2,8
SO _x wyrażone jako SO ₂	26,0	<4,0	178,0	72,2	2,8
Fluor wyrażony jako HF	3,0	<0,1	1,5	2,3	1,1
OWO bez CH ₄	<5,0	19,0	11,5	11,9	4,0
Aldehyd	-	<1	-	-	-
Benzen	0,18	<0,10	0,18	0,11	0,30
Styren	0,20	<0,10	0,14	0,03	0,90
Formaldehyd	0,005	<1,0	2,1	2,5	5,0
Fenol	0,12	<0,10	0,45	0,05	1,60
NO _x wyrażone jako NO ₂	98	18	113	162	187
Chlor wyrażony jako HCl	13,5	<1,0	10,5	7,0	9,9
CO	14	300	-	-	25

MB: murowane cegły, jednostki w mg/Nm³ odpowiada 18% O₂, Nm³/h_{suche} lub °C

Parametr	MB6	MB7	MB8	MB9	MB10
Przepływ strumienia spalin (m ³ /h)	15100	20740	15420	27344	18300
Temperatura spalin (°C)	131	155	153	102	186
Paliwo	Gaz ziemny	Gaz ziemny	Gaz ziemny	Gaz ziemny	Gaz ziemny
Czynniki formujące pory	Trociny, papier, węgiel brunatny	Papier	Trociny	Papier, polistyren	Papier, polistyren
Oczyszczanie spalin	-	Termiczne dopalanie	-	Wapienne złożo filtracyjne	Termiczne dopalanie

Składnik emisji	MB6	MB7	MB8	MB9	MB10
Pył	1,2	1,9	<1,0	10,7	0,9
SO _x wyrażone jako SO ₂	17,7	1,2	5,6	1,7	5,0
Fluor wyrażony jako HF	0,9	0,1	1,8	<0,1	1,1
OWO bez CH ₄	16,5	5,6	97,1	19,0	3,0
Aldehyd	-	-	-	<0,1	-
Benzen	4,7	1,5	3,0	0,4	0,1
Styren	7,5	1,7	3,0	<0,1	2,0
Formaldehyd	11,7	4,5	10,6	<0,1	1,3
Fenol	5,6	2,3	6,1	<0,1	0,1
NO _x wyrażone jako NO ₂	24,2	64,8	43,0	33,6	73,0
Chlor wyrażony jako HCl	2,4	1,2	5,0	<0,5	0,5
CO	-	39,2	-	-	44,0

MB: murowane cegły, jednostki w mg/Nm³ odpowiada 18% O₂, Nm³/h_{suche} lub °C

Tabela 3.6: Stężenie czystych gazów w zakładach produkujących cegły murarskie

Parametr	KB1	RT1	RT2	RT 3/4	RT5
Przepływ strumienia spalin (m ³ /h)	19500	13745	17214	31182	10500
Temperatura spalin (°C)	165	84	159	154	202
Paliwo	Gaz ziemny	Gaz ziemny	Gaz ziemny	Gaz ziemny	Gaz ziemny
Oczyszczanie spalin	Wapienne złożo filtracyjne	Wapienne złożo filtracyjne	Wapienne złożo filtracyjne	Wapienne złożo filtracyjne	Wapienne złożo filtracyjne

Składnik emisji	MB6	MB7	MB8	MB9	MB10
Pył	2,2	1,9	1,2	12,5	18,0
SO _x wyrażone jako SO ₂	6,8	17,1	9,6	<1,6	20,0
Fluor wyrażony jako HF	1,4	4,5	<0,5	3,1	4,2
OWO bez CH ₄	15,5	1,2	1,2	19,4	8,0
Formaldehyd	0,2	-	-	-	-
Benzen	2,5	-	-	-	-
Styren	2,5	-	-	-	-
Fenol	5,0	-	-	-	-
NO _x wyrażone jako NO ₂	70,0	26,8	38,3	107,3	88,0
Chlor wyrażony jako HCl	6,8	1,1	3,3	1,6	14,0

KB: zakłady produkujące cegły elewacyjne, RT: zakłady produkujące dachówki, jednostki w mg/Nm³ co odpowiada 18% O₂, Nm³/h_{suche} lub °C

Tabela 3.7: Stężenie czystych gazów w zakładach produkujących cegły klinkierowe i dachówki

Tabele 3.8 oraz 3.9 pokazują najnowsze przykłady dotyczące pieców produkcyjnych służących do wyrobu bloków glinianych oraz cegieł elewacyjnych stosowanych w Belgii oraz odpowiadające im dane operacyjne [30, TWG Ceramics, 2005]. Zakłady stosują różne metody takie jak środki zintegrowane i techniki oczyszczania spalin, tak zwane techniki „końca rury”. Zintegrowane metody obejmują dodawanie surowców zawierających niewielkie ilości siarki, a także dodatek CaCO₃ oraz dodatków bogatych w wapno. W związku z tym wartości przedstawione w tabeli dotyczą surowych spalin oraz spalin oczyszczonych (poddanych oczyszczeniu za pomocą zintegrowanych narzędzi).

Parametr	Bloki gliniane 1	Bloki gliniane 2	Bloki gliniane 3	Bloki gliniane 4
Przepływ strumienia spalin (m ³ /h)	58682	61027	51838	61156
Temperatura spalin (°C)	180 - 220	180 - 220	180 - 220	180 - 220
Paliwo	Gaz ziemny	Gaz ziemny	Gaz ziemny	Gaz ziemny
Zawartość siarki w surowcach ilastych (%)	0,5 - 0,75	>0,75	>0,75	>0,75
Czynniki formujące pory	Trociny	Trociny	Trociny	Trociny
Narzędzia zintegrowane	Surowce o niskiej zawartości siarki i wapnia	Surowce o niskiej zawartości siarki i wapnia	Surowce o niskiej zawartości siarki i wapnia	Surowce o niskiej zawartości siarki i wapnia, dodatki bogate w wapń
Oczyszczanie spalin	Suche oczyszczanie spalin za pomocą filtra	Adsorbery kaskadowe	Adsorbery kaskadowe	Adsorbery kaskadowe
Adsorbent	Ca(OH) ₂	CaCO ₃	CaCO ₃	CaCO ₃

Składnik emisji	Bloki gliniane 1			Bloki gliniane 2		
	Wartość dla surowych spalin mg/Nm ³	Wartość dla oczyszczonych spalin mg/Nm ³	Skuteczność redukcji %	Wartość dla surowych spalin mg/Nm ³	Wartość dla oczyszczonych spalin mg/Nm ³	Skuteczność redukcji %
Pył	36	3	92	117	71	39
SO _x wyrażone jako SO ₂	1436	1336	7	2051	1884	8
Fluor wyrażony jako HF	25	1	96	56	2	96
Chlor wyrażony jako HCl	5	11	0	11	9	18
NO _x	22	21	5	36	31	14
OWO bez CH ₄	105	77	27	108	71	34
CO	1021	1235	0	988	1038	0

Składnik emisji	Bloki gliniane 3			Bloki gliniane 4		
	Wartość dla surowych spalin mg/Nm ³	Wartość dla oczyszczonych spalin mg/Nm ³	Skuteczność redukcji %	Wartość dla surowych spalin mg/Nm ³	Wartość dla oczyszczonych spalin mg/Nm ³	Skuteczność redukcji %
Pył	127	26	80	165	69	58
SO _x wyrażone jako SO ₂	2883	2295	20	2893	2210	24
Fluor wyrażony jako HF	36	3	92	35	6	83
Chlor wyrażony jako HCl	7	3	557	9	7	22
NO _x	52	21	60	16	36	0
OWO bez CH ₄	219	106	52	51	86	0
CO	936	905	3	1137	1165	0

Tabela 3.8: Wartości emisji surowych i oczyszczonych spalin podczas produkcji bloków glinianych

Parametr	Cegły elewacyjne 1	Cegły elewacyjne 2	Cegły elewacyjne 3	Cegły elewacyjne 4
Przepływ strumienia spalin (m ³ /h)	56830	16319	35000	22915
Temperatura spalin (°C)	230	150	110	124
Paliwo	Gaz ziemny	Gaz ziemny	Gaz ziemny	Gaz ziemny
Zawartość siarki w surowcach ilastych (%)	0,5 – 0,75	<0,25	<0,25	<0,25
Oczyszczanie spalin	Suche oczyszczanie spalin za pomocą filtra	Adsorbery kaskadowe	Adsorbery kaskadowe	Adsorbery kaskadowe
Adsorbent	Ca(OH) ₂	CaCO ₃	CaCO ₃	CaCO ₃

Składnik emisji	Cegły elewacyjne 1			Cegły elewacyjne 2		
	Wartość dla surowych spalin mg/Nm ³	Wartość dla oczyszczonych spalin mg/Nm ³	Skuteczność redukcji %	Wartość dla surowych spalin mg/Nm ³	Wartość dla oczyszczonych spalin mg/Nm ³	Skuteczność redukcji %
Pył	9	14	0	19	12	37
SO _x wyrażone jako SO ₂	967	635	34	141	163	0
Fluor wyrażony jako HF	21	1	95	23	6	74
Chlor wyrażony jako HCl	6	1	83	3	3	0
NO _x	18	19	0	49	67	0

OWO bez CH ₄	6	4	33	6	15	0
CO	110	129	0	177	135	24
Składnik emisji	Cegły elewacyjne 3			Cegły elewacyjne 4		
	Wartość dla surowych spalin mg/Nm ³	Wartość dla oczyszczonych spalin mg/Nm ³	Skuteczność redukcji %	Wartość dla surowych spalin mg/Nm ³	Wartość dla oczyszczonych spalin mg/Nm ³	Skuteczność redukcji %
Pył	30	5	83	8	4	44
SO _x wyrażone jako SO ₂	150	36	76	27	10	63
Fluor wyrażony jako HF	60	0,5	99	12	0,1	99
Chlor wyrażony jako HCl	10	0,6	94	5	0,4	92,5
NO _x	100	64		110	98	11
OWO bez CH ₄				4,1	4	2,4
CO	150	97		90,5	54	40,3

Tabela 3.9: Wartości emisji surowych i oczyszczonych spalin podczas produkcji cegieł elewacyjnych

Emisje do powietrza występują nie tylko podczas procesu wypalania, ale także podczas innych etapów procesu [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005]:

- Podczas przechowywania surowców oraz wewnętrznego transportu, emisje pyłu powstają podczas przechowywania, ważenia, transportu oraz przenoszenia;
- Emisje pyłu powstają podczas suchej obróbki mas klinkierowych;
- Emisje pyłu powstają podczas kształtowania suchych mas (prasowanie);
- Emisje pyłu mogą powstawać podczas procesów glazurowania i angobowania, w zależności od zastosowanej techniki glazurowania i angobowania;
- Niektóre cegły, takie jak kalibrowane cegły są szlifowane po wypaleniu. W związku z tym pył może powstawać w procesie szlifowania.

Emisje do wody

Ścieki procesowe powstają w niewielkich ilościach podczas produkcji cegieł oraz dachówek z wody wykorzystywanej do mycia, jeżeli powierzchni podawana jest obróbce za pomocą glazurowania lub angobowania. Nadmiar glazury i angoby jest zbierany i wprowadzany ponownie do cyklu produkcyjnego. Dodatkowe ilości ścieków mogą powstawać podczas oczyszczania urządzeń służących do przygotowywania surowców oraz z form. Także ta woda jest często ponownie wykorzystywana w zamkniętym obiegu [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005], Dane dotyczące emisji do wody są niedostępne.

Straty procesowe/odpady:

- Potłuczone produkty mogą powstawać podczas różnych etapów procesu produkcyjnego (w szczególności podczas kształtowania, suszenia, wypalania oraz obróbki końcowej);
- Osady mogą powstawać podczas przygotowywania surowców (czyszczenie urządzeń) jedynie w niewielkich ilościach, a także podczas czyszczenia form oraz glazurowania i angobowania;
- Zużyte i potłuczone formy gipsowe powstają w procesie produkcji dachówek;
- Odpady, takie jak tworzywa sztuczne, papier, ścinki metali powstają podczas pakowania;
- Pył, osady oraz zużyte czynniki sorpcyjne można znaleźć w oczyszczalniach spalin;
- Stałe pozostałości, np. popiół, powstają podczas wypalania przy pomocy paliw stałych.

Część wymienionych wyżej skumulowanych strat procesowych można poddać recyklingowi i wykorzystać ponownie na miejscu w zależności od charakterystyki produktu oraz wymagań procesu. Materiały, które nie mogą zostać przetworzone na miejscu, opuszczają zakład i są wykorzystywane w innych przemysłach lub są dostarczane do zewnętrznych zakładów zajmujących się recyklingiem lub utylizacją odpadów [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

3.3.1.2 Dane na temat zużycia

Zużycie energii

Produkcja cegieł i dachówek wymaga dużej ilości energii, ponieważ są wytwarzane przy wysokiej temperaturze, aby można było zamienić surowce w materiał o całkowicie odmiennych właściwościach, mianowicie wypaloną glinę. W zależności od rodzaju produktu, udział kosztów energii w całkowitych kosztach produkcji waha się zwykle od 17 do 30%, a maksymalnie może osiągnąć nawet 40%. Obecnie jako źródło energii dla pieców najczęściej wykorzystuje się gaz ziemny, który stanowi niemal 90% całkowitego zużycia energii, ale w niektórych przypadkach wykorzystuje się także gaz LPG, olej opałowy, węgiel, koks naftowy, torf lub energię elektryczną [13, SYKE, 2004], [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

Podstawowe zapotrzebowanie energetyczne w tym przemyśle wiąże się z przetwarzaniem i transformacją gliny w trwałą postać, odpowiednią do wszystkich typów konstrukcji. Zużycie energii zależy od surowców, procesu produkcyjnego oraz typu produktów, a ponadto od rodzaju zastosowanej techniki wypalania. Choć jakiś proces wypalania może być bardziej wydajny energetycznie, może nie być odpowiedni do konkretnego rodzaju produktu.

W Europie odnotowuje się duże zróżnicowanie specyficznego zużycia energii, w zależności od różnych zastosowanych typów konstrukcji i produktów. Każdy typ produkty ma specyficzne wzorce zużycia w zależności od procesu wypalania (np. temperatury wypalania, czasu moczenia i gęstości).

W Austrii, Niemczech oraz we Włoszech, gdzie większość budynków buduje się z lekkich bloczków, zużycie energii jest niskie, np. 1,1 – 1,9 GJ/tonę. Niższa gęstość bloczków jest osiągnięta dzięki obecności i/lub dodatku materiałów forujących pory w glinie. Materiały te to przede wszystkim substancje organiczne. Równoważą one bilans energetyczny produkcji cegieł glinianych, a w związku z tym, specyficzne zużycie energii (gaz ziemny, olej opałowy) jest niskie.

Szczególnie w północnej Europie, zużywa się dużo cegieł elewacyjnych do układania zewnętrznych warstw. Cegły te zwykle mają wyższą gęstość i często są wypalane w temperaturze wyższej niż lekkie bloczki. W rezultacie, specyficzne zużycie energii do produkcji cegieł elewacyjnych jest wyższe, tzn. 2,5 – 2,7 GJ/tonę.

Duże zróżnicowanie notowane w Wielkiej Brytanii (1,4 – 2,4 GJ/t) jest spowodowane ilością materiałów organicznych w glinie wykorzystywanych do produkcji cegieł (duże ilości w glinkach oksfordzkich do cegieł Fletton oraz niewielki ilości do innych cegieł) [3, CERAME-UNIE, 2003].

Tabele 3.10 oraz 3.11 pokazują przykładowe dane na temat zużycia gazu ziemnego i energii elektrycznej podczas produkcji cegieł i dachówek w Austrii oraz dane na temat zużycia z Hiszpanii, a także ogólnego specyficznego zużycia energii w przemyśle produkującym cegły i dachówki [1, BMLFFUW, 2003], [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

Źródło/zużycie energii	Jednostka	Cegły murarskie	Cegły elewacyjne	Dachówki
Gaz ziemny (AT)	GJ/t	1,02 – 1,87	2,87	1,97 – 2,93
Energia elektryczna (AT)	GJ/t	0,08 – 0,22	0,27	0,23 – 0,41
Zużycie energii (ES)	GJ/t	1,50 – 2,50	2,50 – 3,00	1,90 – 2,95

Tabela 3.10: Dane na temat zużycia energii na tonę produktu w instalacjach przeznaczonych do produkcji cegieł i dachówek

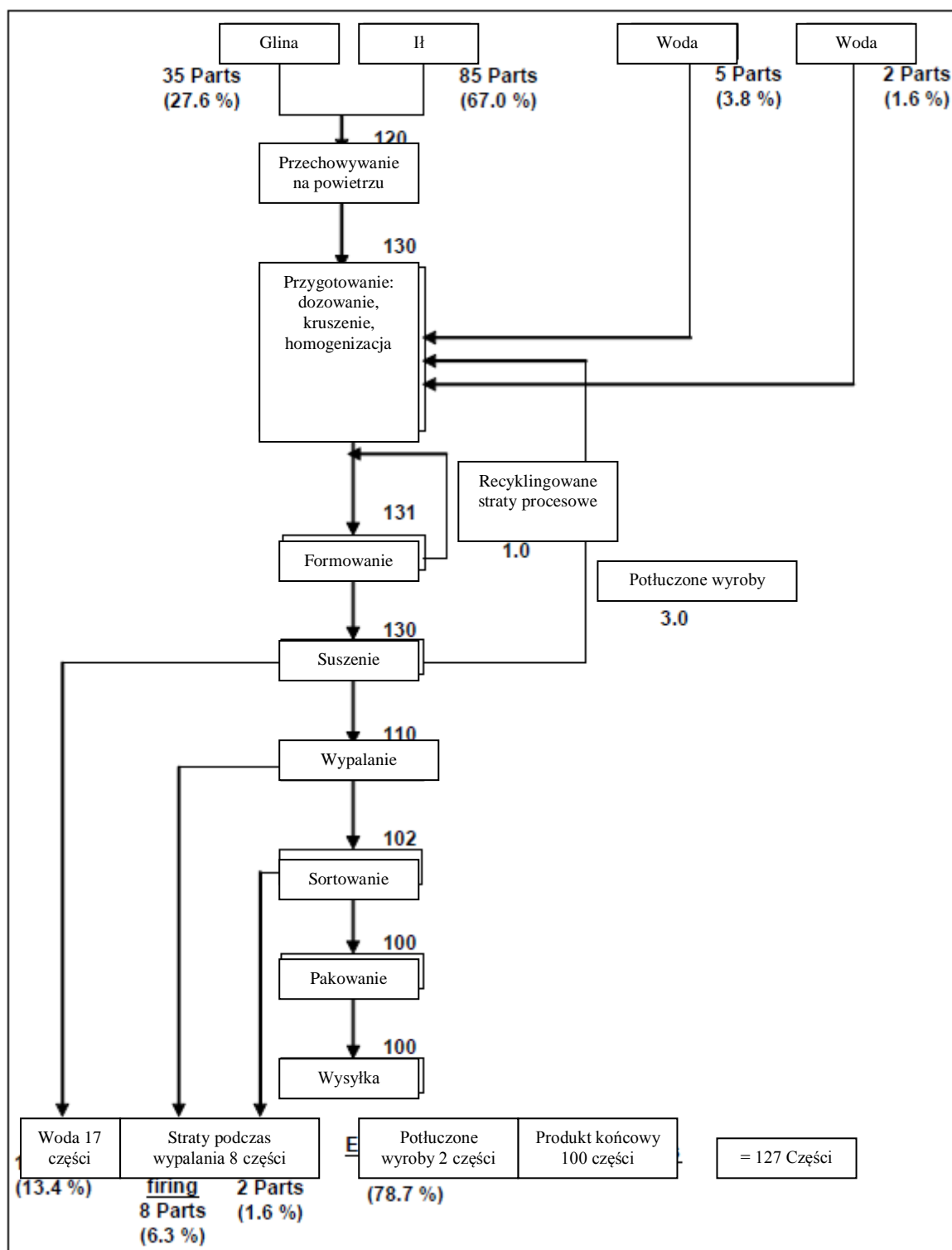
Państwo	Jednostka	1980	1985	1990	1995	2000	2003
Austria	GJ/t	2,38	2,09	1,17	1,72	1,63	1,69
Belgia	GJ/t	3,3	3,19	2,16	2,45	2,59	2,21
Niemcy	GJ/t	2,43	2,31	1,93	1,63	2,57	2,31
Dania	GJ/t	2,73	-	2,41	3,67	2,61	2,65
Hiszpania	GJ/t	2,38	2,30	2,24	2,18	2,28	2,26
Francja	GJ/t	2,87	2,62	2,77	2,62	2,80	2,61
Włochy	GJ/t	2,80	2,60	2,09	1,90	1,94	2,00
Holandia	GJ/t	3,63	2,93	2,19	2,70	3,05	3,35
Wielka Brytania	GJ/t	2,29	2,16	2,48	2,63	3,25	2,85
Szwajcaria	GJ/t	-	2,56	2,62	2,53	2,44	-

Tabela 3.11: Specyficzne zużycie energii w przemyśle produkującym cegły i dachówki

Tabele 2.2 oraz 2.4 także odnoszą się do tego zagadnienia.

Zużycie wody oraz surowców

Przykładowe dane na temat zużycia wody i surowców w jednym zakładzie produkującym cegły murarskie zostały przedstawione na poniższym rysunku jako diagram przepływów mas [1, BMLFUW, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005].



Rysunek 3.4: Przykład przepływu mas w produkcji cegieł murarskich

3.3.2 Rury kamionkowe

3.3.2.1 Dane na temat emisji

Podczas produkcji rur kamionkowych powstają emisje do wody i do powietrza, straty procesowe/odpady, a także hałas. W tej sekcji zaprezentowane zostały zakresy emisji zanieczyszczeń dla procesu wypalania rur kamionkowych. Omówione zostały także emisje do powietrza z innych etapów procesu oraz emisje do wody i straty procesowe.

Emisje do powietrza

Istotne emisje do powietrza podczas produkcji rur kamionkowych powstają w procesie wypalania. W poniższej tabeli zaprezentowano maksymalne wartości czystych gazów emitowanych przez europejskie zakłady produkujące rury kamionkowe (z wyjątkiem UK) oraz odpowiadające im dane operacyjne na temat pieców tunelowych (w górnej części tabeli) [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001].

Źródło emisji	Piec tunelowy
Objętość strumienia spalin (m ³ /h)	4000 – 18000
Temperatura strumienia spalin (°C)	160 – 200

Składnik emisji	Maksymalne stężenie czystych gazów (mg/m³)
Pył	30
NO _x wyrażone jako NO ₂	200
SO _x wyrażone jako SO ₂	200
CO	200
Nieorganiczne gazowe związki fluoru wyrażone jako HF	5
Nieorganiczne gazowe związki chloru wyrażone jako HCl	30

Tabela 3.12: Maksymalne stężenie czystych gazów podczas produkcji rur kamionkowych

W Wielkiej Brytanii maksymalne stężenia fluoru obserwowane są na poziomie 10 mg/m³, z uwagi na wyższy limit emisji wynoszący 10.

Emisje do powietrza nie powstają wyłącznie podczas procesu wypalania, ale także podczas następujących etapów produkcji [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005]:

- Podczas przechowywania oraz wewnętrznego transportu surowców, emisje pyłu powstają podczas przechowywania, ważenia, transportu oraz przenoszenia;
- Emisje gazowe, w określonych warunkach, mogą powstawać podczas procesu suszenia. Jeżeli nadmiar ciepła z pieca zawierającego spaliny ze strefy wypalania wykorzystywany jest podczas procesu suszenia surowych produktów oraz jeżeli nie zastosowano zamkniętego systemu ogrzewania, możliwe jest powstawanie emisji fluoru.
- Jeżeli stosuje się glazurowanie rozpyłowe, wówczas możliwe jest powstawanie emisji pyłu.
- Niektóre rury kamionkowe poddawane są szlifowaniu po procesie wypalania. Zatem, także podczas procesu szlifowania na sucho możliwe jest powstawanie emisji pyłu.

Emisje do wody

Podczas produkcji rur kamionkowych, ścieki powstają na etapie czyszczenia elementów służących do przygotowania surowców oraz urządzeń glazurniczych, a także podczas szlifowania na mokro. Woda często jest ponownie wykorzystywana w zamkniętym obiegu. Nadmiar glazury jest gromadzony i ponownie wprowadzany do cyklu produkcyjnego [4, UBA, 2001], [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005]. Dane dotyczące emisji do wody nie są dostępne.

Straty procesowe/odpady

- Potłuczone produkty mogą powstawać podczas kilku etapów produkcji (w szczególności podczas kształtowania, suszenia, wypalania oraz obróbki końcowej).
- Osady powstają podczas przygotowywania surowców (czyszczenie instalacji), podczas czyszczenia urządzeń służących do glazurowania, a także podczas szlifowania na mokro.
- Odpady, takie jak tworzywa sztuczne, papier oraz ścinki metalu powstają na etapie pakowania.
- Pył, osady oraz zużyte czynniki sorpcyjne są generowane w instalacjach oczyszczających spaliny.

Część wymienionych powyżej skumulowanych strat procesowych może zostać poddana recyklingowi i ponownie wykorzystana w zakładzie, w zależności od specyfikacji produktu oraz wymagań procesu. Materiały, które nie mogą zostać przetworzone na miejscu, opuszczają zakład i są wykorzystywane w innych przemysłach lub są dostarczane do zewnętrznych zakładów zajmujących się recyklingiem lub utylizacją odpadów [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

3.3.2.2 Dane na zużycia

Zużycie energii

Specyficzne zużycie energii podczas produkcji rur kamionkowych zostało opisane w poniższej tabeli. Rozróżnia się pomiędzy specyficznym zużyciem energii w związku z dostarczaniem surowców oraz energią wykorzystywaną podczas produkcji rur. Do surowców mineralnych zalicza się glinę, czynniki otwierające oraz glazurę, a źródłem energii jest gaz ziemny. Zużycie energii elektrycznej, w odniesieniu do energii pierwotnej, obejmuje cały proces produkcyjny, w tym także wtórne instalacje, takie jak oświetlenie zakładu, etc. Wykorzystane dane mają zastosowanie do około 90% produkcji niemieckiej. Poziomy zużycia w przypadku niewielkich rur kamionkowych (DN 200/DN 300) oraz dużych rur kamionkowych (DN 500) zostały zaprezentowane osobno [4, UBA, 2001].

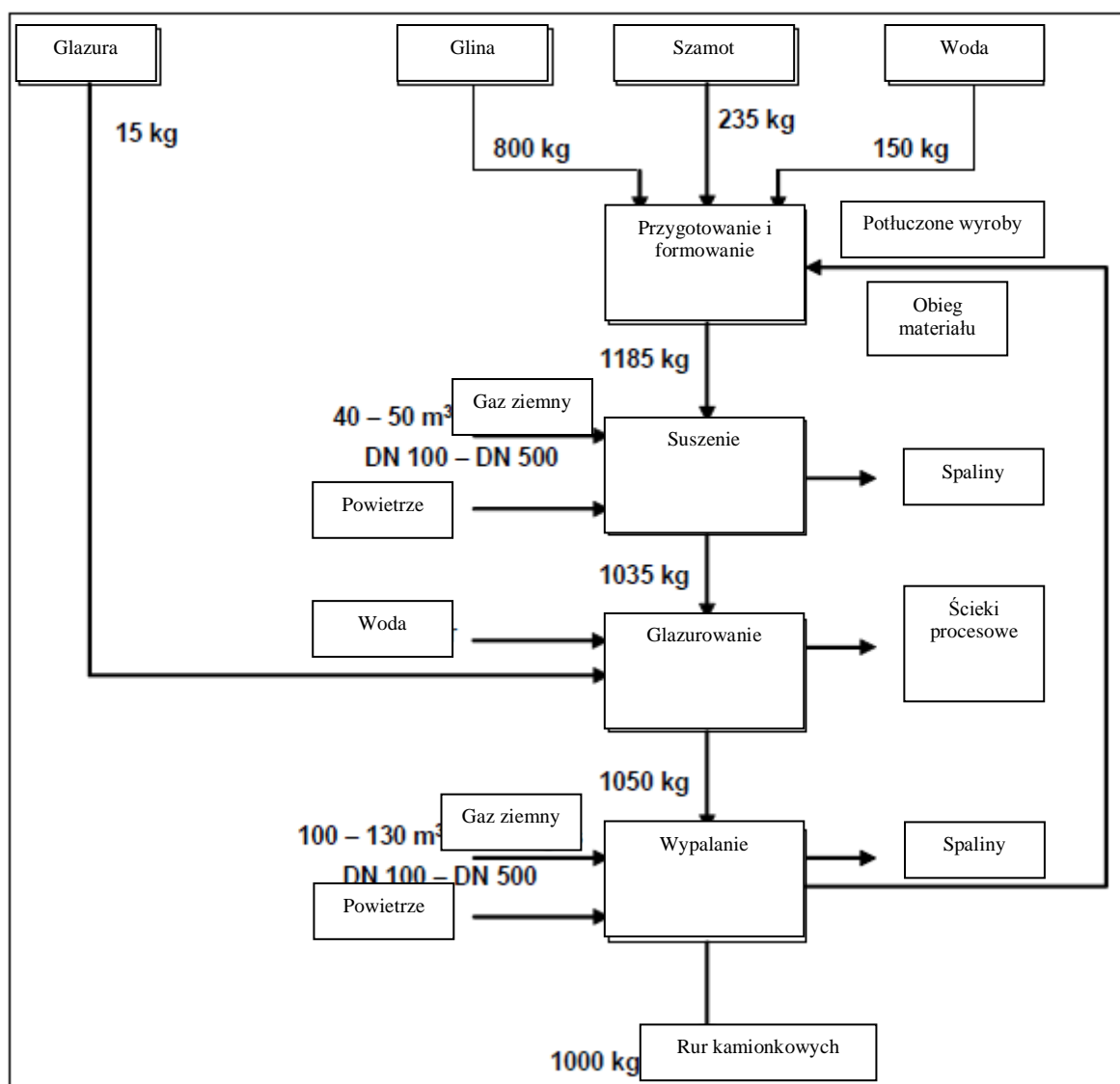
	DN 100, DN 150 (MJ/kg)	DN 200, DN 300 (MJ/kg)	DN 500, akcesoria (MJ/kg)
Dostarczanie			
Surowców mineralnych	0,20	0,20	0,20
Gazu	0,41	0,49	0,56
Produkcja			
Przygotowanie	0,10	0,10	0,10
Suszenie	1,22	1,44	1,66
Wypalanie	3,06	3,60	4,14
Elektryczność	1,20	1,20	1,20
Łącznie	6,19	7,03	7,86

Tabela 3.13: Specyficzne zużycie energii podczas produkcji rur kamionkowych

W tym zakresie zastosowanie ma także tabela 2.7.

Zużycie wody oraz surowców

Dane na temat zużycia wody oraz surowców podczas produkcji rur kamionkowych zostały zaprezentowane na poniższym rysunku w formie schematu przepływu masy [4, UBA, 2001].



Rysunek 3.5: Przykład przepływu mas w produkcji rur kamionkowych

3.3.3 Wyroby ogniotrwałe

3.3.3.1 Dane na temat emisji

Podczas produkcji wyrobów ogniotrwałych powstają emisje do wody i do powietrza, straty procesowe/odpady, a także hałas. W tej sekcji zaprezentowane zostały zakresy emisji zanieczyszczeń dla procesu wypalania wyrobów ogniotrwałych. Omówione zostały także emisje do powietrza z innych etapów procesu oraz emisje do wody i straty procesowe.

Emisje do powietrza

Istotne emisje do powietrza podczas produkcji wyrobów ogniotrwałych powstają w procesie wypalania. W poniższej tabeli zaprezentowano dane operacyjne (w górnej części tabeli) oraz odpowiadające im wartości surowych gazów dla wypalania różnych produktów w piecach tunelowych [4, UBA, 2001].

Źródło emisji	Piec tunelowy			
	Produkt	Magnezyt	Duża zawartość aluminium	Krzem
Objętość strumienia spalin (m ³ /h)	15000-25000	9000-17000	8000-12000	
Temperatura strumienia spalin (°C)	250-400	120-250	150-250	

Składnik emisji	Stężenie (mg/m ³)		
	Magnezyt	Duża zawartość aluminium	Krzem
Produkt			
Pył	8-35	5-80	10-25
NO _x wyrażone jako NO ₂	110-470	30-250	5-100
SO _x wyrażone jako SO ₂	90-580	10-430	20-150
CO	12-180	30-150	10-50
Nieorganiczne gazowe związki fluoru wyrażone jako HF	0,5-1,5	5-50	1-3

Tabela 3.14: Stężenie surowych gazów podczas produkcji różnych wyrobów ogniotrwałych

Poniższa tabela prezentuje zakres emisji z pieców w przypadku produktów innych niż podstawowe wyroby ogniotrwałe [3, CERAME-UNIE, 2003].

Składnik emisji	mg/m ³
Pył	44-113
SO ₂	260-490
NO _x	25-200
Fluor, HF	0,4-2,5
CO ₂	1-3% objętości

Tabela 3.15: Emisja z pieców dla produktów ogniotrwałych innych niż podstawowe

W specjalnych procedurach (formowanie substancji wiążących węgiel, impregnacji smołą), formowane są specyficzne produkty rozkładu (amoniak, formaldehyd, fenol, etc.) w zależności od czynników wiążących (pak węglowy, smoła, żywica). Przykładowe wartości surowych gazów dla specjalnych procedur zostały zaprezentowane w poniższej tabeli [4, UBA, 2001].

Składnik emisji (mg/m ³)	Komora utwardzająca	Piec hartujący		Pokrywanie smołą
	Wiązanie żywica *	Wiązanie żywica *	Wiązanie smołą**	Wiązanie smołą**
Amoniak	2500	20	-	-
Formaldehyd	25	10	-	-
Fenol	350	80	-	-
Substancje organiczne	>3000	1000	2500	1500

*) Fenol-rezol-żywica
 **) Wartości dla całkowitego C obejmują wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (PAH)

Tabela 3.16: Wartości surowych gazów dla procedur specjalnych

Emisje do powietrza powstają nie tylko podczas procesu wypalania, ale także podczas następujących etapów [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005]:

- Podczas przechowywania oraz wewnętrznego transportu surowców, emisje pyłu powstają podczas przechowywania, ważenia, transportu oraz przenoszenia.
- Emisje pyłu powstają podczas procesu przygotowywania suchych surowców.
- Emisje pyłu oraz oparów czynników wiążących oraz dodatków powstają podczas formowania w prasach.
- Emisje gazowe, w określonych warunkach, mogą powstawać podczas procesu suszenia. Jeżeli nadmiar ciepła z pieca zawierającego spaliny ze strefy wypalania wykorzystywany jest podczas procesu suszenia surowych produktów oraz jeżeli nie zastosowano zamkniętego systemu ogrzewania, możliwe jest powstawanie emisji organicznych i nieorganicznych zanieczyszczeń powietrza.
- Niektóre wyroby ogniotrwałe są poddawane szlifowaniu po procesie wypalania. W związku z tym pył może powstawać także na etapie szlifowania na sucho.

Emisje do wody

Podczas produkcji wyrobów ogniotrwałych, ścieki procesowe mogą powstawać podczas czyszczenia instalacji przeznaczonych do przygotowywania surowców, odlewania, a także podczas szlifowania na mokro. Woda często jest ponownie wykorzystywana w zamkniętym obiegu. [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005]. Dane dotyczące emisji do wody nie są dostępne.

Straty procesowe/odpady

- Potłuczone produkty mogą powstawać podczas kilku etapów produkcji (w szczególności podczas kształtowania, suszenia, wypalania oraz obróbki końcowej).
- Osady powstają podczas przygotowywania surowców (czyszczenie instalacji), podczas czyszczenia urządzeń służących do odlewania, a także podczas szlifowania na mokro.
- Zużyte i potłuczone formy gipsowe mogą powstawać podczas odlewania gęstwy.
- Odpady, takie jak tworzywa sztuczne, papier oraz ścinki metalu powstają na etapie pakowania.
- Pył, osady oraz zużyte czynniki sorpcyjne są generowane w instalacjach oczyszczających spaliny.

Część wymienionych powyżej skumulowanych strat procesowych może zostać poddana recyklingowi i ponownie wykorzystana w zakładzie, w zależności od specyfikacji produktu oraz wymagań procesu. Materiały, które nie mogą zostać przetworzone na miejscu, opuszczają zakład i są wykorzystywane w innych przemysłach lub są dostarczane do zewnętrznych zakładów zajmujących się recyklingiem lub utylizacją odpadów [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].

3.3.3.2 Dane na zużycia

Zużycie energii

Poniższa tabela prezentuje zakresy specyficznego zużycia energii podczas różnych etapów produkcji cegieł ogniotrwałych zawierających magnezję [1, MBLFUW, 2003], [17, Burkart, 2004].

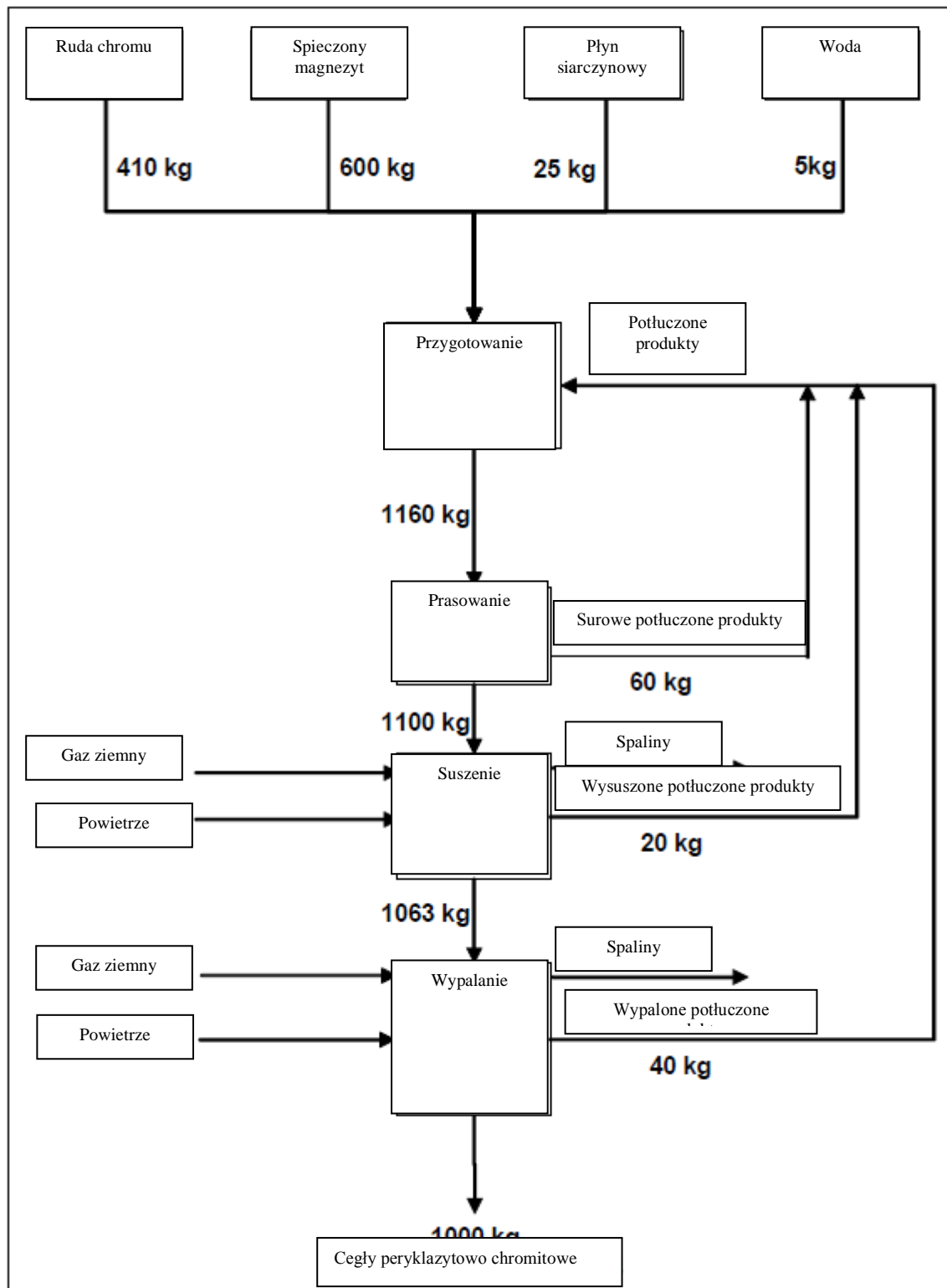
Proces	MJ/kg
Przygotowanie, przesiewanie	0,35-0,50
Ważenie, dozowanie, mieszanie	0,045-0,070
Formowanie	0,13-0,20
Suszenie, wypalanie	3,0-6,3
Obróbka końcowa, pakowanie	0,08

Tabela 3.17: Dane na temat zużycia energii podczas produkcji cegieł ogniotrwałych zawierających magnezję (na kg produktu)

W tym zakresie zastosowanie mają także tabele 2.9, 2.10, 2.11, 2.12.

Zużycie wody oraz surowców

Przykładowe dane na temat zużycia wody oraz surowców do produkcji wyrobów ogniotrwałych przedstawione na poniższym rysunku w postaci schematu przepływu masy dla cegieł peryklazowo-chromitowych [4, UBA, 2001].



Rysunek 3.6: Przykład przepływu mas w produkcji cegieł peryklazowo-chromitowych

3.3.4 Keramzyt

3.3.4.1 Dane na temat emisji

Podczas produkcji keramzytu powstają emisje do wody i do powietrza, straty procesowe/odpady, a także hałas. W tej sekcji zaprezentowane zostały zakresy emisji zanieczyszczeń dla procesów wstępnego kruszenia, szlifowania na mokro, granulacji, wypalania, przesiewania oraz obróbki piaskowania. Omówione zostały także emisje do powietrza z innych etapów procesu oraz emisje do wody i straty procesowe.

Emisje do powietrza

Istotne emisje do powietrza podczas produkcji keramzytu podczas składowania, transportu surowców, wstępnego kruszenia oraz szlifowania na sucho surowej gliny, granulacji, podczas wypalania (rozszerzania), a także podczas przesiewania oraz piaskowania. Procesy przechowywania oraz przenoszenia surowców oraz składowania lekkich kruszyw (LWA), a także podczas transportu pojazdami na miejscu powstają emisje przede wszystkim o charakterze rozproszonym.

Przechowywanie i transport surowców:

Podczas przechowywania oraz transportu surowców, emisje pyłu, w zależności od właściwości surowców, występują w miejscach transferu w systemach przenośników oraz przechowywania.

Wstępne kruszenie:

Czynności związane z wstępnym kruszeniem, które jest stosowane głównie w przypadku bardziej suchych typów gliny (półsuchy proces) prowadzą do emisji pyłu. Poniższa tabela prezentuje zakresy emisji pyłu pochodzących ze wstępnego kruszenia poniżej filtrów tkaninowych [26, UBA, 2005].

Wstępne kruszenie	Wartości
Pył	0,7-3,4 mg/m ³ 1)
1) W oparciu o suche spaliny (273 K, 1013 hPa)	

Tabela 3.18: Zakresy emisji pyłu dla wstępnego kruszenia poniżej filtrów tkaninowych

Suche szlifowanie:

Podczas procesu szlifowania na sucho, stosowanego w przypadku raczej suchych rodzajów gliny, podczas spalania ciężkich paliw oprócz pyłu generowane są także dwutlenek siarki oraz tlenki azotu. Poniższa tabela prezentuje rzeczywiste wartości emisji pochodzące ze szlifowania na sucho poniżej właściwego systemu filtrów [26, UBA, 2005], [30. TWG Ceramics, 2005].

Pył poniżej elektrofiltru lub filtru tkaninowego	6-50 mg/m ³ 1)2)
Dwutlenek siarki	0,02-0,20 mg/m ³ 1)
Tlenki azotu wyrażone jako NO ₂	0,11-0,14 mg/m ³ 1)
1) W oparciu o wilgotne spaliny oraz 17% objętości tlenu (273 K, 1013 hPa)	
2) Wartości dla średnich rocznych	

Tabela 3.19: Zakresy rzeczywistych emisji podczas suchego szlifowania poniżej odpowiedniego systemu filtrów

Granulowanie:

Granulowanie jest techniką stosowaną do raczej suchych rodzajów gliny i prowadzi do emisji pyłu. Poniższa tabela prezentuje zakresy emisji pyłu powstające podczas granulowania poniżej filtrów tkaninowych [26, UBA, 2005].

Granulowanie	Wartości
Pył	5-15 mg/m ³ ¹⁾

1) W oparciu o suche spaliny (273 K, 1013 hPa)

Tabela 3.20: Zakresy wartości emisji pyłu z granulowania poniżej filtrów tkaninowych

Proces wypalania:

Technologia oraz paliwa wykorzystywane podczas produkcji keramzytu mają tylko niewielki wpływ na emisje w zakładzie. Głównym czynnikiem jest jakość surowców. Emisje organiczne oraz dwutlenku siarki związane z surowcami (zwykle z pirytu oraz markazytu) w surowym gazie stanowią część rzeczywistego procesu rozszerzania.

Poniższa tabela prezentuje zakresy wartości emisji powstających w wyniku wypalania oraz suszenia poniżej odpowiednich systemów filtrów (elektrofiltrów oraz mokrego oczyszczania spalin) [26, UBA, 2005], [28 Schorcht, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005]:

Parametr	Jednostka	Wartość emisji
Pył	mg/m ³	9-200
SO ₂	mg/m ³	200-2000
NO _x	mg/m ³	120-930
HCl	mg/m ³	2,7-250
HF	mg/m ³	0,4-20
CO	mg/m ³	50-2600
OWO	mg/m ³	10-800
Dioksyny	ng/m ³	<0,1

Dane dla normalnego poziomu O₂ 13-16%. Dla składników innych niż pył i SO₂ wykonano ograniczoną liczbę pomiarów.

Tabela 3.21: Zakresy wartości emisji dla procesu wypalania poniżej odpowiednich systemów filtrów

Kolejny zestaw danych dla wartości spalin z procesu wypalania keramzytu w piecach obrotowych (technika Leca) wyposażonych w elektrofiltry do odpylania kształtuje się następująco [17, Nurkart, 2004]:

- Pył: poniżej 50 mg/m³
- SO_x: 1700-1800 mg/m³ (zawartość siatki w surowych surowcach powyżej 0,75%)
- Fluor, wyrażony jako HF: poniżej 5 mg/m³

Przesiewanie i piaskowanie:

Podczas przesiewania oraz piaskowania dochodzi do emisji pyłu o różnej wielkości ziarna. Poniższa tabela zawiera informacje na temat zakresów wartości emisji pyłu z instalacji przesiewowych [26, UBA, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

Parametr	Jednostka przesiewowa I (z kruszarką piasku)
Pył	4,3-50,0 mg/m ³

Tabela 3.22: Wartość emisji pyłu dla jednostek przesiewowych

Emisje do wody

Obecnie w niektórych zakładach wykorzystuje się mokre płuczki. Poniższa tabela prezentuje wartości dla ścieków wyrażone jako średnie tygodniowe [30, TWG Ceramics, 2005].

Parametr	Wartość
pH	6—9
Zawiesiny cząstek stałych	≤50 mg/l

Tabela 3.23: Ilość ścieków z mokrych płuczek

Woda jest wykorzystywana przede wszystkim do przygotowania (oraz formowania) surowców. Emisje do wody nie są istotne, ponieważ ścieki procesowe nie są generowane podczas produkcji keramzytu. Woda chłodząca dla układu piecowego przechodzi przez separator olejowy i jest zawracana do obiegu chłodniczego. Woda wykorzystywana w procesie jest w całości odparowywana podczas procesu suszenia.

Straty procesowe/odpady

Podczas produkcji keramzytu nie są generowane odpady. Odsiane zbyt duże lub zbyt małe cząsteczki są zawracane do kruszarek piaskowych. Cały zebrany pył jest zawracany do procesu produkcyjnego. Gips wytworzony podczas oczyszczania spalin jest wykorzystywany w przemyśle cementowym jako czynnik regulujący utwardzenie.

3.3.4.2 Dane na temat zużyciaZużycie energii

Zużycie energii do suchego szlifowania, które stosowane jest do przetwarzania raczej suchych rodzajów gliny (półsuchy proces) wynosi około 217 MJ/m³. Odpowiada to około 20% ogólnego zużycia energii cieplnej w całym procesie produkcyjnym raczej suchych gliniek (w procesie produkcji dla glin o dużej zawartości wilgoci, szlifowanie na sucho nie jest wykonywane). Zużycie energii elektrycznej podczas szlifowania na sucho wynosi około 26,3 MJ/m³.

Zużycie energii podczas procesu wypalania wynosi około 900-1300 MJ/m³, w zależności od surowców (zawartości wilgoci w glinie), technologii produkcyjnej oraz zdolności produkcyjnych [26, UBA, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

Całkowite specyficzne zużycie energii elektrycznej mieści się w przedziale od 43 do 83 MJ/m³, w zależności od wielkości cząstek, właściwości surowców oraz technologii produkcyjnej (przygotowanie gliny, technologia procesu termicznego) [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

Zużycie wody i surowców

Poniższa tabela podaje przykłady mieszanek surowców stosowanych do produkcji keramzytu [30, TWG Ceramics, 2005].

Material	Ilość (% wagi)	Cel
Glina (sucha)	>90	Surowiec
Tlenek żelaza	0-8	Topnik
Wapień/sproszkowany dolomit	0,5-3	Czynnik uwalniający
Nośnik węgla	0-1	Czynnik rozszerzający

Tabela 3.24: Mieszanka surowców do produkcji keramzytu

3.3.5 Płytki ścienne i podłogowe

3.3.5.1 Dane na temat emisji

Podczas produkcji płytek ściennych i podłogowych powstają emisje do wody i do powietrza, straty procesowe/odpady, a także hałas. W tej sekcji zaprezentowane zostały zakresy emisji zanieczyszczeń dla podstawowych etapów procesu. Omówione zostały także emisje do powietrza z innych etapów procesu oraz emisje do wody i straty procesowe.

Emisje do powietrza

Emisje z mielenia surowców składają się przede wszystkim z cząsteczek surowców, takich jak glina, kwarc oraz skał. Podczas suchego mielenia, współczynnik przepływu emisji wynosi około 6 Nm^3 powietrza/kg PM przy współczynniku emisji około 15 g pyłu/kg PM . Współczynniki emisji odnoszą się do nieoczyszczonych strumieni spalin.

Podczas procesu produkcji granulatu powstają zanieczyszczenia powietrza w postaci pyłu, tlenku azotu, tlenku siarki, tlenku węgla oraz dwutlenku węgla. Czynności związane z oczyszczaniem sekcji glazurniczej generują wodne roztwory, które zawierają materiały ceramiczne. Roztwory te są dodawane do schnących gęstw. W emisjach powstających w wyniku suszenia gęstwy należy uwzględnić elementy boru, chloru i ołowiu. Wydajność odparowywania w suszarkach rozpyłowych wynosi do 20000 l/h . Poniższa tabela prezentuje typowe zakresy danych operacyjnych (w górnej części tabeli) oraz odpowiednie wartości istotnych emisji surowych gazów powstających podczas suszenia rozpyłowego odlanych czerepów [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [10, Navarro, 1998], [23, TWG Ceramics, 2005].

Źródło emisji	Suszarka rozpyłowa
Przepływ strumienia spalin (m^3/h)	30000-200000
Temperatura spalin ($^{\circ}\text{C}$)	60-130
Wilgotność ($\text{m}^3 \text{ woda} / \text{m}^3 \text{ całkowite}$)	0,13-0,20
Tlen (%)	16-20

Składnik emisji	Stężenie (mg/m^3)
Pył	150-1500
NO_x wyrażone jako NO_2	5-300
CO	2-50
Związki chloru wyrażone jako HCl	1-5
Bor	<0,3
Ołów	<0,15
CO_2	1,5-4,0 % objętości

Tabela 3.25: Dane operacyjne oraz wartości surowych gazów dla instalacji suszarek rozpyłowych

Zastosowanie instalacji suszarek rozpyłowych wraz z urządzeniami do kogeneracji jest możliwe i wygodne z perspektywy zużycia energii, ale spaliny generowane w tych urządzeniach zwykle zawierają więcej NO_x (zakresy od 50 do $800 \text{ mg}/\text{m}^3$ wyrażone jako NO_2) [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

Podczas nadawania kształtu za pomocą prasowania współczynnik przepływu emisji wynosi około 5 Nm^3 powietrza/kg PM, natomiast współczynnik emisji wynosi około 7 g pyłu/kg PM dla nieoczyszczonych spalin. W zależności od wielkości prasy, przepływy spalin mieszczą się w przedziale od 2000 do $4000 \text{ m}^3/\text{h}$ przy temperaturze od 20 do 30°C . Dodatkowe emisje pyłu powstają podczas polerowania po prasowaniu. Proces wytlaczania dotyczy wyłącznie mokrych mas, a zatem nie mogą powstawać w jego wyniku emisje pyłu.

Poniższa tabela prezentuje zakresy danych operacyjnych (w górnej części tabeli) oraz odpowiadające im zakresy emisji nieoczyszczonych spalin pochodzących z suszarek (dane odnoszą się do poziomych i pionowych suszarek) [3, CERAME-UNIE, 2003], [10, Navarro, 1998], [23, TWG Ceramics, 2005], [21, Almeida, 2004].

Źródło emisji	Suszarka
Przepływ strumienia spalin (m ³ /h)	2000-7000
Temperatura spalin (°C)	50-190
Wilgotność (m ³ woda/ m ³ całkowite)	0,04-0,11
Tlen (%)	16-20

Składnik emisji	Stężenie
Pył	5-25 mg/m ³
CO ₂	1-3 % objętości

Tabela 3.26: Dane operacyjne oraz wartości surowych gazów dla suszarek

Cząstki stałe znajdujące się w emisji z suszarek pochodzą z cząsteczek pyłu przyczepionych do czerepów oraz z pyłu powstającego z potłuczonych w suszarce płytek, które wędrują wraz z gazami spalającymi. Relatywnie niska temperatura w tych instalacjach, zwykle nieprzekraczająca 300°C, utrudnia formowanie się w tym procesie tlenku azotu.

Gazowe i stałe emisje powstające podczas glazurowania są uzależnione od techniki nakładania oraz od składu glazury. Zasadniczo, emisje gazowe mogą powstawać podczas procesu rozpylania oraz przygotowywania glazury. Fizykochemiczne właściwości tych emisji są bardzo zmienne, w zależności od zastosowanych różnych glazur. Pył powstający podczas nakładania i przygotowywania glazury cechuje się zawartością krzemu, boru, cyrkonu, sodu, ołowiu, litu, potasu, baru, wapnia, magnezu, cynku oraz aluminium. Przepływ emisji wynosi około 5 Nm³ powietrza/kg przetworzonej glazury oraz współczynnik emisji 0,5 g pyłu/kg przetworzonej glazury w odniesieniu do nieoczyszczonych spalin. Przepływ spalin wynosi do 7000 m³/h przy temperaturze około 30°C.

W poniższej tabeli zaprezentowano dane operacyjne (w górnej części) oraz odpowiadające im zakresy wartości spalin dla pieców z paleniskiem rolkowym [4, UBA, 2001], [10, Navarro, 1998], [23, TWG Ceramics, 2005], [21, Almeida, 2004].

Źródło emisji	Piec z paleniskiem rolkowym
Przepływ strumienia spalin (m ³ /h)	5000-15000
Temperatura spalin (°C)	130-300
Wilgotność (m ³ woda/ m ³ całkowite)	0,05-0,1

Składnik emisji	Stężenie (mg/m ³)
Pył	5-30
NO _x wyrażona jako NO ₂	5-150
SO _x wyrażone jako SO ₂	1-300
CO	1-15
Związki fluoru wyrażona jako HF	5-60
Związki chloru wyrażone jako HCl	20-150
Bor	<0,5
Ołów	<0,15
CO ₂	1,5-4,0 % objętości

Tabela 3.27: Dane operacyjne oraz wartości surowych gazów dla procesu wypalania

Stężenie fluoru w glinie w przedziale od 500 do 800 mg/kg prowadzi do wspomnianych powyżej emisji fluoru. Bor i chlor w emisjach mogą pochodzić z wody zawartej w płytkach (bor pochodzi wyłącznie z wody recyklingowanej a chlor może także pochodzić z czystej wody z wodociągu), która następnie jest odparowywana w pierwszym etapie procesu wypalania. Stężenie ołowiu jest dość niskie i zasadniczo pochodzi z odparowywania niewielkich ilości glazury zawierającej go [4, UBA, 2001], [30, TWG Ceramics, 2005].

Poniższa tabela, która odpowiada sytuacji we Włoszech, pokazuje porównanie pomiędzy współczynnikiem emisji zanieczyszczeń w emisjach kontrolowanych (wartości dla czystych gazów) oraz odpowiadającym mu współczynnikiem emisji zanieczyszczeń dla emisji niekontrolowanych (tzn. emisji przed kontrolą zanieczyszczeń dla danego zakładu) dla różnych etapów (faz) produkcji płytek ściennych i podłogowych. Współczynniki emisji odnoszą się do etapu kończącego konkretną fazę [6, Timellini,], [23, TWG Ceramics, 2005].

Emisje gazowe z		Specyficzny przepływ (Nm ³ /kg)	Współczynnik emisji zanieczyszczeń (PEF) (g/kg)					
Faza	Czynność		Pył (cząstki stałe)		Związki ołowiu (Pb)		Związku fluoru (HF)	
			UC	C	UC	C	UC	C
Przygotowanie czerepów	Suche szlifowanie	6	40-60	0,05-0,1				
	Mokre szlifowanie	6	10-20	0,02-0,1				
	Suszenie rozpyłowe	5	5-10	0,1-0,2				
Formownie	Prasowanie	5	5-10	0,01-0,05				
Przygotowanie i nakładanie glazury		5	0,5-1,0	0,02-0,03				
Wypalanie		3-6	0,1-0,5	0,01-0,02	0-0,1	0,001-0,01	0,1-0,5	0,01-0,05

UC = emisje niekontrolowane, C = emisje kontrolowane

Tabela 3.28: Emisje gazowe z różnych faz procesu produkcji płytek ściennych i podłogowych. Współczynniki emisji zanieczyszczeń dla emisji niekontrolowanych (UC) oraz kontrolowanych (C)

Emisje do powietrza pochodzące z pyłu mogą także występować podczas przechowywania oraz wewnętrznego transportu surowców, kiedy to emisje pyłu generowane są w instalacjach przeznaczonych do przechowywania, ważenia, transportowania i przenoszenia surowców. Płytki ścienne i podłogowe są często szlifowane po procesie wypalania. W związku z tym pył może powstawać także w wyniku szlifowania na sucho [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].

Emisje do wody

Podczas produkcji płytek ściennych i dachowych, ścieki procesowe generowane są w trakcie oczyszczania instalacji służących do przygotowywania surowców oraz glazurowania, a także podczas procesu odwadniania za pomocą pras filtracyjnych oraz filtrów rotacyjnych na etapie szlifowania na mokro. Woda często jest ponownie wykorzystywana w zamkniętym obiegu. Nadmiar glazury jest zbierany i wprowadzany ponownie do cyklu produkcyjnego [4, UBA, 2001], [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005].

Poniższa tabela prezentuje szczegółowe informacje na temat standardowego składu nieoczyszczonych ścieków procesowych powstających w zakładach produkujących płytki ścienne i podłogowe. Woda pochodzi przede wszystkim z oczyszczania instalacji glazurniczych, a zatem stężenie substancji zależy w dużej mierze od składu glazury [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [10, Navarro, 1998].

Parametr	Zakres (mg/l)	Parametr	Zakres (mg/l)
pH	7-9	Wapń	5-500
Zawiesina cząstek stałych	1000-20000	Bor	1-60
Substancje odpadne	5-30	Ołów	<5
ChZT	100-400	Sód	50-500
BZT ₅	40-60	Potas	1-50
Fluorki	<2	Krzem	5-30
Chlorki	300-700	Aluminium	<2
Siarczany	100-1000	Żelazo	<0,5
Magnez	10-100	Cynk	<2

Tabela 3.29: Analiza chemiczna nieoczyszczonych ścieków procesowych

Straty procesowe/odpady

- Potłuczone produkty mogą powstawać na kilku etapach procesu produkcyjnego (w szczególności podczas formowania, suszenia, wypalania oraz obróbki końcowej).
- Osady są generowane podczas przygotowania surowców (w szczególności podczas czyszczenia instalacji), podczas czyszczenia urządzeń glazurniczych, a także podczas szlifowania na mokro.
- Odpady, takie jak tworzywa sztuczne, papier oraz ścinki metali powstają podczas pakowania.
- Pył, osady oraz zużyte czynniki sorpcyjne może znaleźć w instalacjach oczyszczania spalin.

Część wymienionych powyżej skumulowanych strat procesowych może zostać poddana recyklingowi i ponownie wykorzystana w zakładzie, w zależności od specyfikacji produktu oraz wymagań procesu. Materiały, które nie mogą zostać przetworzone na miejscu, opuszczają zakład i są wykorzystywane w innych przemysłach lub są dostarczane do zewnętrznych zakładów zajmujących się recyklingiem lub utylizacją odpadów [4, UBA, 2001], [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005].

Ilość oraz skład osadów powstających w instalacjach służących do oczyszczania ścieków procesowych różnią się znacznie w zależności od rodzajów procesu produkcyjnego. Poniższa tabela zawiera zakresy głównych składników chemicznych osadów [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [10, Navarro, 1998].

Substancja	Zakres (wt-%)	Substancja	Zakres (wt-%)
SiO ₂	40-60	K ₂ O	0,5-3,0
Al ₂ O ₃	5-15	TiO ₂	0-7
B ₂ O ₃	0-10	ZnO	1-8
Fe ₂ O ₃	0,1-5,0	BaO	0,1-3,0
CaO	5-15	PbO	0,1-15
MgO	0,5-3,0	ZrO ₂	1-15
Na ₂ O	0,5-3,0		

Tabela 3.30: Zakresy podstawowych składników chemicznych występujących w osadach (produkcja płytek ściennych i podłogowych)

Ilość osadów generowanych podczas produkcji płytek ściennych i podłogowych waha się od 0,09 do 0,15 kg/m² gotowych produktów w stanie suchym. W przypadku produktów o masie 15-20 kg/m² dane te wynoszą odpowiednio od 0,4 do 1,0 (kg suchych osadów/kg ceramiki).

3.3.5.2 Dane na temat zużycia

Zużycie energii podczas suszenia rozpyłowego

Typowe wartości dla zużycia energii podczas procesu suszenia rozpyłowego płytek ściennych i podłogowych mieszczą się w przedziale 980-2200 KJ/kg [23, TWG Ceramics, 2005].

Zużycie energii podczas suszenia

Energia cieplna z palników w suszarkach jest raczej niska, ponieważ do ogrzewania wykorzystywane są straty ciepła z pieca. Suszarki ogrzewane elektrycznie także są niekiedy wykorzystywane. Strumień spalin w przypadku suszarek ogrzewanych elektrycznie waha się od 100 do 300 m³/h [4, UBA, 2001].

Typowe wartości dla zużycia energii podczas procesu suszenia płytek ściennych i podłogowych mieszczą się w przedziale 250-750 KJ/kg (dla niskiej wartości kalorycznej gazu ziemnego oraz objętości gazu w 15°C oraz 1013 mbar). W przypadku płytek klasy BIb-II możliwe jest także zużycie wyższe niż 1400 kJ/kg [3, CERAME-UNIE, 2003].

Zużycie energii podczas wypalania

W poniższej tabeli porównano szczególne wymagania energetyczne różnych rodzajów pieców (tunelowych oraz pieców z paleniskiem rolkowym). Wartości te odnoszą się do temperatury 1150°C. Zakresy wymaganej energii zostały podane dla płytek wypalanych jednokrotnie (1x) oraz dwukrotnie (2x) [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].

Typ pieca	Zakres (kJ/kg)
Piec tunelowy (2x)	5920-7300
Piec tunelowy (1x)	5420-6300
Piec z paleniskiem rolkowym (2x)	3400-4620
Piec z paleniskiem rolkowym (1x)	1900-4800

Tabela 3.31: Przykładowe specyficzne zapotrzebowanie energetyczne dla różnych typów pieców

W tym zakresie zastosowanie ma także tabela 2.14.

Poniższa tabela prezentuje porównanie specyficznego zużycia energii cieplnej oraz energii elektrycznej dla poszczególnych etapów (faz) procesu. Dane odnoszą się do największych zapotrzebowania energetycznego włoskich zakładów [6, Temellini, 2004].

Faza	Czynność	Specyficzne zużycie gazu ziemnego (GJ/t)	Specyficzne zużycie energii elektrycznej (GJ/t)
Przygotowanie czerepów	Suche szlifowanie		0,04-0,07
	Mokre szlifowanie		0,05-0,35
	Suszenie rozpyłowe	1,1-2,2	0,01-0,07
Formowanie	Prasowanie		0,05-0,15
Suszenie		0,3-0,8	0,01-0,04
Wypalanie		1,9-4,8	0,02-0,15

Tabela 3.32: Porównanie specyficznego zużycia energii cieplnej i elektrycznej na poszczególnych etapach procesu

Zużycie wody i surowców

W zależności od wykorzystywanych surowców, rodzaju procesu produkcyjnego oraz pożądanych właściwości produktów, wykorzystuje się różne ilości wody i surowców.

Na przykład podczas suchego przygotowania czerepów, surowce są mielone na sucho w młynie młotkowym lub wahadłowym. Następnie mieszanka jest nawilżana do 7-12% suchej masy. W takim przypadku granulowany materiał jest osuszana do zawartości wilgoci na poziomie 6-7%.

Podczas mokrego przygotowania czerepów, surowce są mielone na mokro w młynach kulowych i mieszane z wodą do zawartości wilgoci na poziomie 42-50% suchej masy. Następnie przeprowadzane jest granulowanie za pomocą procesu suszenia rozpyłowego a granulaty jest suszony do poziomu 5-6% zawartości wody.

Można zaobserwować, że w przypadku zastosowania procesu mokrego, zużycie wody jest około cztery razy wyższe niż w procesie suchym. To oznacza, że ilość zużytej wody, która może być ponownie wykorzystana w tym samym procesie przygotowania czerepów, jest wyższe w metodzie mokrej niż w suchej [10, Navarro, 1998], [23, TWG Ceramics, 2005].

3.3.6 Zastawa stołowa i dekoracje (ceramika domowa)

3.3.6.1 Dane na temat emisji

Podczas produkcji ceramiki domowej powstają emisje do wody i do powietrza, straty procesowe/odpady, a także hałas. W tej sekcji zaprezentowane zostały zakresy emisji zanieczyszczeń dla podstawowych etapów procesu. Omówione zostały także emisje do powietrza z innych etapów procesu oraz emisje do wody i straty procesowe.

Emisje do powietrza

Poniższa tabela przedstawia typowe dane operacyjne oraz zakresy emisji pyłu w suszarkach rozpyłowych stosowanych do produkcji granulatu w przemyśle wytwarzającym ceramikę domową.

Źródło emisji	Suszarka rozpyłowa
Przepływ strumienia spalin (m ³ /h)	do 10000
Temperatura spalin (°C)	60

Składnik emisji	Stężenie
Pył	20-30 mg/m ³

Tabela 3.33: Dane operacyjne oraz emisja pyłu z czystych gazów w suszarkach rozpyłowych

Pył z suszarek rozpyłowych jest oddzielany w filtrze lub w kombinacji cyklonu oraz mokrego separatora. W związku z tym należy także wspomnieć, że wiele nowoczesnych zakładów produkujących ceramikę domową nie korzysta już z suszarek rozpyłowych, ponieważ dostawcy dostarczają im granulaty do pras o odpowiednich parametrach [4, UBA, 2001].

W procesie wypalania biskwitu, w wyniku rozkładu lub odparowania czynników pomocniczych powstają substancje organiczne. Są one emitowane w temperaturze około 400°C w strefie wstępnego ogrzewania w piecu. W tym procesie może dochodzić do powstawania benzenu w ilości 1 mg/m³ [3, CERAME-UNIE, 2003]. W poniższej tabeli zaprezentowano dane operacyjne (w górnej części) oraz odpowiadający im skład surowych gazów powstających w wyniku wypalania ceramiki domowej w piecach tunelowych [4, UBA, 2001], [1, BMLFUW, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005], [27, VDI, 2004], [21, Almeida, 2004].

Źródło emisji	Piec tunelowy
Przepływ strumienia spalin (m ³ /h)	3500-8000
Temperatura spalin (°C)	130-200

Składnik emisji	Stężenie (mg/m ³)	Stężenie (mg/m ³)
Wypalanie	Wypalanie biskwitu	Wypalanie wtórne
Pył	0,3-6,0	0,3-6,0
NO _x wyrażone jako NO ₂	13-110	20-150
Gazowe związki fluoru wyrażone jako HF	1-35	0,3-23
Substancje organiczne wyrażone jako C całkowity	do 40*	3-18

*) W przypadku prasowania izostaticznego do 100 mg/m³

Tabela 3.34: Wartości surowych gazów oraz dane operacyjne dla wypalania ceramiki domowej

Gazowe nieorganiczne związki fluoru, wymienione w tabeli 3.34, powstają w temperaturze od 700 do 800°C, w wyniku rozkładu określonych substancji obecnych w surowcach. Progresja emisji fluoru z pieców tunelowych ma charakter stały, z uwagi na stałe wypalanie.

W poniższej tabeli zaprezentowano dane operacyjne (w górnej części) oraz odpowiadające im wartości surowych i czystych gazów (stężenie pyłu oraz HF) powstających w wyniku wypalania ceramiki domowej w piecach tunelowych podczas jednokrotnego wypału. W tym wyjątkowym procesie produkcyjnym, produkty zwykle są wypalane tylko jeden raz, a wstępne wypalanie jest zbędne. Wypalanie trwa 20 godzin w temperaturze 1260°C a spaliny z pieca są oczyszczane za pomocą systemu filtracyjnych złóż wapiennych [13, SYKE, 2004], [17, Burkart, 2004], [22, SYKE, 2004].

Źródło emisji	Piec tunelowy
Przepływ strumienia spalin (m ³ /h)	20000
Temperatura spalin (°C)	137-156
O ₂ (%)*	17,1-18,1

Składnik emisji	Stężenie surowych gazów (mg/m ³)**	Stężenie czystych gazów (mg/m ³)
Pył	0,9	0,9
Gazowe związku fluoru wyrażone jako HF	7,0	0,224-0,293*
*) trzy pomiary		
**) Nie określono temperatury spalin oraz zawartości O ₂		

Tabela 3.35: Wartości dla surowych i oczyszczonych gazów dla jednokrotnie wypalanej ceramiki domowej

Piece działające okresowo, takie jak piece wahadłowe, większe ilości gazowych nieorganicznych związków fluoru jest emitowanych w temperaturze od 800 do 1150°C a przepływ strumienia spalin wynosi w ich przypadku od 5000 do 20000 m³/h.

Spaliny pochodzące z procesu wypalania ceramiki domowej zawierają także inne zanieczyszczenia, takie jak CO, CO₂ oraz SO_x, a jeżeli produkty są dodatkowo dekorowane, emisje powstające podczas dekorowania także muszą zostać wzięte pod uwagę. Kleje oraz czynniki wiążące nanoszone dekoracje lub odcienie kolorów wykorzystanych do malowania są wypalane podczas wypalania dekoracji. W trakcie tego procesu wydzielane są substancje organiczne o intensywnym zapachu. Dodatkowo, możliwe są emisje metali ciężkich z nieorganicznych pigmentów (zawierających tlenki metali ciężkich). Poniższa tabela prezentuje typowe systemy pigmentacji, które wykorzystywane są do barwienia dekoracji [4, UBA, 2001].

Kolor	Odporność na temperaturę 800°C	Odporność na temperaturę 1200°C
Zielony	Tlenek chromu, spinel chromowo-kobaltowy	
Niebieski	Spinel aluminiowo-cynkowo-chromowo-kobaltowy, stopiony kobalt	Błękit cyrkonowo - wanadowy
Żółty	Żółć ołowiano-antymonowa	Żółć cynowo - wanadowa
Czarny	Spinel zawierający żelazo, kobalt, nikiel, mangan, chrom, miedź, wanad, etc.	
Szary	Szarość cynowo - antymonowa, szarość cyrkonowa (kobaltowa, niklowa)	
Brązowy	Spinel żelazowo-chromowo-cynkowo-manganowy, tlenek żelaza	Róż cyrkonowo – żelazowy
Czerwony	Purpura Kasjusza, czerwień kadmowa (siarkowa, selenowa)	Róż cynowo – chromowo - (wapniowo, krzemowa), czerwony pigment kadmowy
Biały	Tlenek ceru, tlenek tytanu	Tlenek cyny, krzemian cyrkonu

Tabela 3.36: Zestawy pigmentów ceramicznych stosowanych do barwienia dekoracji

Poniższa tabela zawiera zakresy danych operacyjnych oraz masowe stężenia metali ciężkich powstających w wyniku procesu wypalania dekoracji ceramiki domowej [4, UBA, 2001].

Źródło emisji	Piec do wypalania dekoracji
Przepływ strumienia spalin (m ³ /h)	1000-3000
Temperatura spalin (°C)	~100

Metal ciężki	Stężenie (mg/m ³)
Ołów	0,002-2,750
Kadm	0,003-0,070
Kobalt	0,054-0,26
Nikiel	0,060-0,400

Tabela 3.37: Stężenia metali ciężkich w surowych gazach pochodzących z wypalania dekoracji

Emisje do powietrza powstają nie tylko podczas suszenia rozpyłowego oraz procesu wypalania, ale także na innych etapach procesu produkcyjnego [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005]:

- Podczas przechowywania oraz wewnętrznego transportu surowców, emisje pyłu generowane są podczas przechowywania, ważenia, transportu oraz przenoszenia.

- Emisje pyłu powstają w procesie suchego przygotowywania surowców.
- Emisje pyłu powstają podczas formowania suchych mas (prasowania).
- W niektórych przypadkach, emisje gazowe mogą powstawać podczas procesu suszenia. Jeżeli nadmiar ciepła z pieca jest wykorzystywany w procesie suszenia surowych produktów za pomocą spalin ze strefy wypalania, a nie zastosowano zamkniętego systemu grzewczego, możliwe są także emisje fluoru.
- Emisje pyłu mogą powstawać podczas glazurowania oraz angobowania, w zależności od zastosowanej techniki.
- Wyroby ceramiki domowej często są szlifowane po procesie wypalania. W związku z tym pył może także powstawać na etapie suchego szlifowania.

Emisje do wody

Przy produkcji ceramiki domowej, ścieki procesowe są generowane podczas czyszczenia instalacji służących do przygotowywania surowców oraz odlewania, w procesie glazurowania oraz dekorowania, a także podczas odwadniania za pomocą praz filtracyjnych lub filtrów rotacyjnych lub podczas szlifowania na mokro. Takie ścieki procesowe zawierają te same składniki, co surowce [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].

Poniższa tabela zawiera analizę ścieków procesowych w zakładzie produkującym porcelanę stołową [4, UBA, 2001], [1, BMLFUW, 2003]. Oczyszczanie ścieków procesowych odbywa się za pomocą homogenizacji, flokulacji, sedymentacji oraz w złożach piaskowych i za pomocą odwróconej osmozy redukującej ilość ścieków.

Parametr	Jednostka	Z zakładu	Po utwardzeniu	Po filtrze piaskowym	Stężenie po odwróconej osmozie	Przenikanie po odwróconej osmozie
pH		7,5	7,5	7,5	8,0	6,5
Przewodnictwo	μS/cm	750	700	680	950	8
Twardość całkowita	dH	12,0	11,5	12,0	15,0	<0,5
Cząstki stałe z odparowania w temp. 135°C	mg/l	1500	550	500	820	60
Chlor	mg/l	150	150	130	245	<5
Siarczany	mg/l	100	100	110	280	<10
Fosforany	mg/l	80,0	2,0	1,0	1,5	0,4
Kwas krzemowy	mg/l	200	15	10	25	<0,1
Wapń	mg/l	70	70	65	245	0,3
Magnez	mg/l	9	7	7	23	<0,1
Bor	mg/l	2,0	1,0	1,0	3,1	<0,1
Cynk	mg/l	4500	<100	<100	<100	<100
Ołów	mg/l	250000	200	60	110	<10
Kadm	mg/l	60	2	2	3	<1
Cr, Cu, Ni, Co	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
AOX	mg/l	0,001	-	-	0,007	<0,001
ChZT	mg/l	30	-	-	45	<15

Tabela 3.38: Analiza ścieków procesowych w zakładzie produkującym porcelanę stołową

Kolejny przykład analizy ścieków procesowych pochodzących z zakładu produkującego ceramikę domową, przeważnie w procesie jednokrotnego wypalania, w którym ścieki powstają przede wszystkim w wyniku procesu glazurowania oraz przygotowywania czerepów, został zaprezentowany w poniższej tabeli [13, SYKE, 2004], [17, Burkart, 2004], [22, SYKE, 2004].

Parametr	Jednostka	Stężenie przed obróbką	Stężenie po obróbce	Redukcja
pH		8,9	7,9	
BZT ₇	mg/l	7,4	5,4	27,0%
ChZT _{Cr, O₂}	mg/l	142	25	82,4%
Zawiesina cząstek stałych	mg/l	8100	4,4	99,95%
Cd	mg/l	0,0015	<0,0005	66,7%
Co	mg/l	12,0	0,020	99,83%
Cr	mg/l	0,130	0,004	96,9%
Cu	mg/l	0,110	0,029	73,6%
Pb	mg/l	0,190	<0,010	>94,7%
Zn	mg/l	4,0	0,220	94,5%
Mn	mg/l	0,200	0,035	82,5%

Tabela 3.39: Analiza ścieków procesowych w zakładzie produkującym ceramikę domową

Oczyszczanie ścieków procesowych odbywa się z procesie fizykochemicznego wytrącania, które obejmuje następujące etapy:

- Zbiornik wyrównujący
- Dodatek chemikaliów wytrącających i szybkie mieszanie
- Flokulacja
- Dodatek polimerów kationowych i flokulacja
- Sedymentacja
- Utwardzanie osadów
- Suszenie osadów za pomocą prasy filtracyjnej.

Oczyszczona woda jest przelewana ze zbiornika sedymentacyjnego a odpowiada jej 143 m³ ścieków dziennie.

Straty procesowe/odpady

- Potłuczone odpady mogą pojawiać się kilku etapach procesu produkcyjnego (w szczególności podczas formowania, suszenia, wypalania oraz obróbki końcowej).
- Osady powstają podczas przygotowania surowców (w szczególności podczas czyszczenia instalacji), podczas czyszczenia urządzeń odlewniczych i glazurniczych, a także podczas mokrego szlifowania.
- Podczas stosowania procesu odlewania gęstwy mogą powstawać zużyte i zniszczone formy gipsowe.
- Odpady, takie jak tworzywa sztuczne, papier oraz ścinki metalu mogą powstawać podczas pakowania.
- Pył, osady oraz zużyte czynniki sorpcyjne mogą znajdować się w instalacjach służących do oczyszczania spalin.

Część wymienionych powyżej skumulowanych strat procesowych może zostać poddana recyklingowi i ponownie wykorzystana w zakładzie, w zależności od specyfikacji produktu oraz wymagań procesu. Materiały, które nie mogą zostać przetworzone na miejscu, opuszczają zakład i są wykorzystywane w innych przemyślach lub są dostarczane do zewnętrznych zakładów zajmujących się recyklingiem lub utylizacją odpadów [4, UBA, 2001], [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

Biały osad pochodzący z oczyszczania ścieków procesowych składa się z mieszanki kaolinu, innych tradycyjnych surowców ceramicznych oraz niewielkich ilości gipsu. Analiza białego osadu wykazuje zawartość następujących składników: SiO₂ (66-70%), Al₂O₃ (18-20%), Na₂O (0,1-2%), K₂O (3-3,5%), CaO (1-3%) [4, UBA, 2001].

3.3.6.2 Dane na temat zużycia

Zużycie energii

Poniższa tabela prezentuje zużycie energii cieplnej i elektrycznej podczas produkcji porcelany stołowej [1, BMLFUW, 2003].

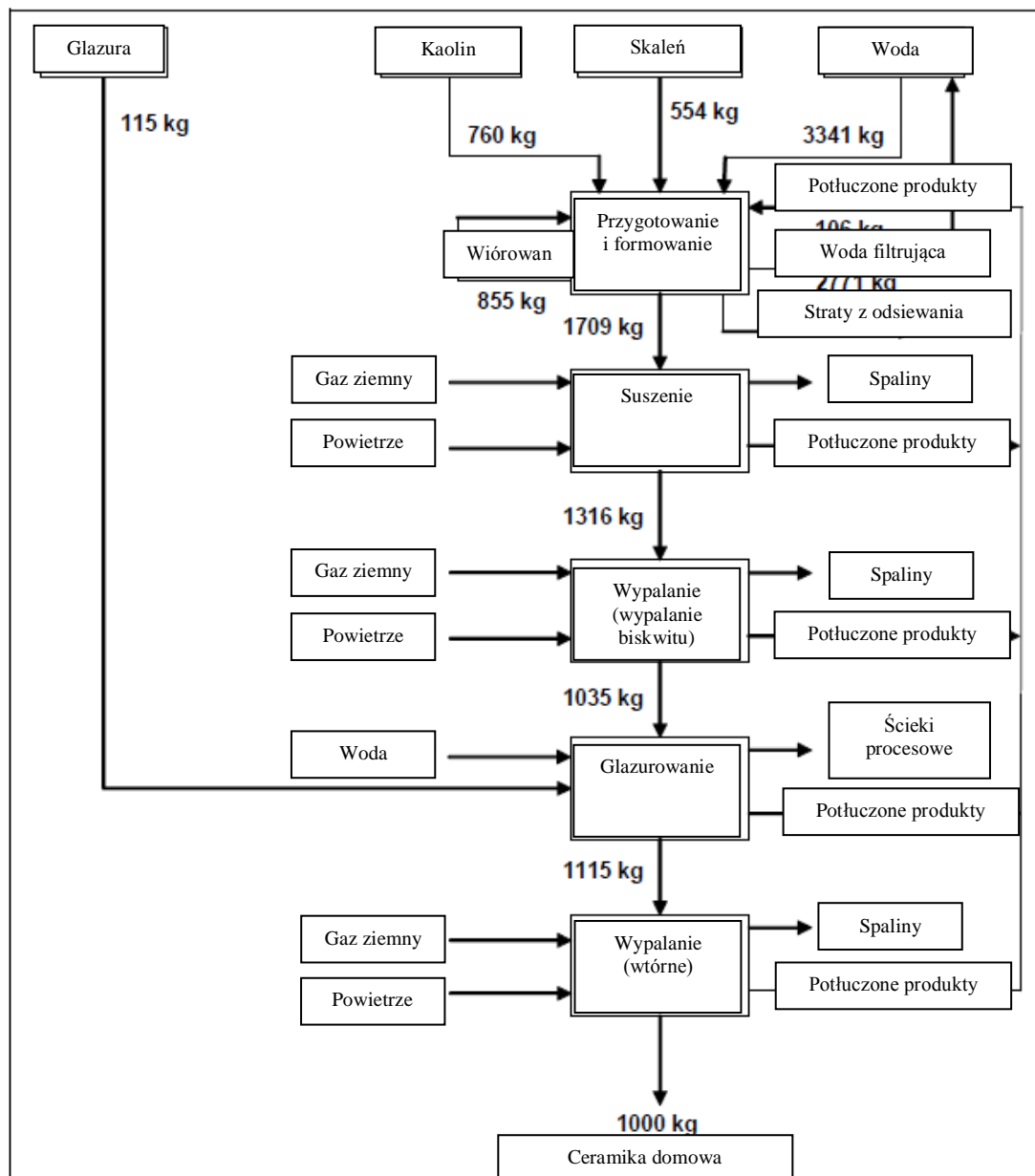
Parametr	Jednostka	Wartość
Zużycie energii elektrycznej	MJ/kg produktu	4,5
Zużycie energii cieplnej	MJ/kg produktu	70

Tabela 3.40: Zużycie energii cieplnej i elektrycznej podczas produkcji porcelany stołowej

W tym zakresie zastosowanie ma także tabela 2.17 oraz 2.18.

Zużycie wody i surowców

Przykładowe dane na temat zużycia surowców i wody zostały zaprezentowane na poniższym rysunku w postaci schematu przepływu mas [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005]. Można zaobserwować przepływ mas dla niedekorowanych produktów, wstępnie osuszonych w prasach filtracyjnych i sadzarkach.



Rysunek 3.7: Przykład przepływu mas w produkcji zastawy stołowej

3.3.7 Ceramika sanitarna

3.3.7.1 Dane na temat emisji

Podczas produkcji ceramiki sanitarnej powstają emisje do wody i do powietrza, straty procesowe/odpady, a także hałas. W tej sekcji zaprezentowane zostały zakresy emisji zanieczyszczeń dla podstawowych etapów procesu. Omówione zostały także emisje do powietrza z innych etapów procesu oraz emisje do wody i straty procesowe.

Emisje do powietrza

Ceramika sanitarna jest wypalana w piecach tunelowych lub piecach z paleniskiem rolkowym. Produkcja na niewielką skalę jest wypalana w działających okresowo (z przerwami) piecach wahadłowych. Poniższa tabela prezentuje istotne składniki surowych oraz oczyszczonych gazów, a także dane operacyjne (w górnej części) dotyczące pieców tunelowych wykorzystywanych zwykle do produkcji ceramiki sanitarnej. W tym przykładzie spaliny są oczyszczane w procesie suchej sorpcji za pomocą płaskich modułów adsorberów w kształcie plastra miodu umieszczonych w stalowym kontenerze [4, UBA, 2001].

Źródło emisji	Piec tunelowy
Przepływ strumienia spalin (m ³ /h)	9100
Temperatura spalin (°C)	140-180

Składnik emisji	Stężenie surowych gazów (mg/m ³)	Stężenie czystych gazów (mg/m ³)
Pył	10	3
NO _x wyrażone jako NO ₂	30	20
Co	200	200
Nieorganiczne związki fluoru wyrażone jako HF	1,3-3,6	0,4-1,5

Tabela 3.41: Przykładowy skład surowych i oczyszczonych gazów z pieca tunelowego

W poniższej tabeli zaprezentowano stężenia surowych gazów pochodzących z pieców tunelowych i wahadłowych (18% O₂, paliwo: gaz ziemny) [1, BMLFUW, 2003], [22, SYKE, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005].

Składnik emisji	Stężenie (mg/m ³)	Stężenie (mg/m ³)
Źródło emisji	Piec tunelowy	Piec wahadłowy
Pył	1-20	≤40
NO _x wyrażone jako NO ₂	10-50*	10-50
Nieorganiczne gazowe związki chloru wyrażone jako HCl	1-25	≤80
Nieorganiczne gazowe związki fluoru wyrażone jako HF	1-30	≤90
SO ₂ **	1-100	nie dotyczy
*) Mieszanka paliw LPG/ciężkiego oleju napędowego do 90 mg/m ³ NO ₂		
**) Mieszanka paliw LPG/ciężki olej napędowy		

Tabela 3.42: Stężenie surowych gazów w piecach tunelowych i wahadłowych

Poniższa tabela prezentuje przykładowe stężenia czystych gazów w dwóch zakładach produkujących ceramikę sanitarną. Wartości dla czystych gazów zostały uzyskane po pierwszym wypaleniu w piecu tunelowym oraz obróbce spalin za pomocą systemu adsorbującego z wapiennym zbitym złożem (18% O₂, paliwo: gaz ziemny) [1, BMLFUW, 2003].

Składnik emisji	Stężenie w zakładzie 1 (mg/m ³)	Stężenie w zakładzie 2 (mg/m ³)
Pył	3,2	5,0
Kobalt	<0,1	-
Nikiel	<0,1	-
Chrom	<0,1	-
Mangan	<0,1	-
Wanad	<0,1	-
Cyna	<0,1	-
Antymon	<0,1	-
Nieorganiczne gazowe związki fluoru wyrażone jako HF	0,8	-
Nieorganiczne gazowe związki chloru wyrażone jako HCl	0,8	-
SO _x wyrażone jako SO ₂	6,0	20

Tabela 3.43: Przykładowe stężenie czystych gazów w dwóch zakładach produkujących ceramikę sanitarną

Emisje do powietrza nie powstają wyłącznie podczas procesu wypalania, ale także podczas innych etapów procesu produkcyjnego [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005]:

- Podczas przechowywania oraz wewnętrznego transportu surowców, emisje pyłu generowane są podczas przechowywania, ważenia, transportu oraz przenoszenia.
- Emisje pyłu powstają w procesie suchego przygotowywania twardych surowców.
- W niektórych przypadkach, emisje gazowe mogą powstawać podczas procesu suszenia. Jeżeli nadmiar ciepła z pieca jest wykorzystywany w procesie suszenia surowych produktów za pomocą spalin ze strefy wypalania, a nie zastosowano zamkniętego systemu grzewczego, możliwe są także emisje fluoru.
- Emisje pyłu mogą powstawać podczas glazurowania rozpyłowego.
- Emisje pyłu mogą powstać podczas polerowania oraz szlifowania na sucho.

Emisje do wody

Przy produkcji ceramiki sanitarnej, ścieki procesowe są generowane podczas czyszczenia instalacji służących do przygotowywania surowców oraz odlewania, w procesie glazurowania lub szlifowania na mokro. Takie ścieki procesowe zawierają te same składniki, co surowce i mogą zostać ponownie wykorzystane, zwykle w postaci wody do czyszczenia [23, TWG Ceramics, 2005].

Poniższa tabela prezentuje przykładowe zanieczyszczenia oczyszczonych ścieków procesowych oraz odpowiadające im dzienne wsady jednego zakładu produkującego ceramikę sanitarną (złożona próbka po sedimentacji) [1, BMLFUW, 2003].

Parametr	Stężenie (mg/l)	Wsad (g/dzień)
Cynk	0,05	1,0
Nikiel	<0,01	<0,2
Olów	<0,01	<0,2
Miedź	<0,01	<0,2
Chrom	<0,01	<0,2
Chrom (VI)	<0,05	<0,01
Kobalt	<0,01	<0,2
Cyna	<0,01	<0,2
Kadm	<0,005	<0,1
Antymon	<0,01	<0,2
Bar	0,32	6,4
Siarczan	53	1060
pH	7,7	-

Tabela 3.44: Stężenie zanieczyszczeń w czystych ściekach procesowych

Straty procesowe/odpady

- Potłuczone odpady mogą pojawiać się kilku etapach procesu produkcyjnego (w szczególności podczas formowania, suszenia, wypalania oraz obróbki końcowej).
- Osady powstają podczas przygotowania surowców (w szczególności podczas czyszczenia instalacji), podczas czyszczenia urządzeń odlewniczych i glazurniczych, a także podczas mokrego szlifowania.
- Podczas stosowania procesu odlewania gęstwy mogą powstawać zużyte i zniszczone formy gipsowe.
- Odpady, takie jak tworzywa sztuczne, papier oraz ścinki metalu mogą powstawać podczas pakowania.
- Pył, osady oraz zużyte czynniki sorpcyjne mogą znajdować się w instalacjach służących do oczyszczania spalin.

Część wymienionych powyżej skumulowanych strat procesowych może zostać poddana recyklingowi i ponownie wykorzystana w zakładzie, w zależności od specyfikacji produktu oraz wymagań procesu. Materiały, które nie mogą zostać przetworzone na miejscu, opuszczają zakład i są wykorzystywane w innych przemyśлах lub są dostarczane do zewnętrznych zakładów zajmujących się recyklingiem lub utylizacją odpadów [4, UBA, 2001], [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005].

Biały osad pochodzący z oczyszczania ścieków procesowych składa się z mieszanki kaolinu, innych tradycyjnych surowców ceramicznych oraz niewielkich ilości gipsu. Analiza białego osadu wykazuje zawartość następujących składników: SiO₂ (66-70%), Al₂O₃ (18-20%), Na₂O (0,1-2%), K₂O (3-3,5%), CaO (1-3%) [4, UBA, 2001].

3.3.7.2 Dane na temat zużyciaZużycie energii

Zakresy specyficznego zapotrzebowania energetycznego oraz dalsze dane operacyjne dla różnych pieców zostały zaprezentowane w poniższej tabeli [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005], [27, VDI, 2004].

Typ pieca	Temperatura (°C)	Czas wypalania (h)	Specyficzne zapotrzebowanie energetyczne (kJ/kg)	Wydajność (t.h)
Konwencjonalne piece tunelowe	1230-1270	16-24	9100-12000	0,8-1,0
Nowoczesne piece tunelowe z lekką wyściółką włókienną	1230-1260	10-18	4200-6700	1,0-2,0
Piece z paleniskiem rolkowym	1230-1260	8-12	3500-5000	0,8-1,0
Nowoczesne piece wahadłowe, wypalanie naprawcze	1180-1220	12-23	8300-10400	5-15*
Nowoczesne piece wahadłowe, pierwsze wypalanie	1240-1260	12-23	9200-11300	5-15*

*) względnie (t/cykl)

Tabela 3.45: Dane operacyjne oraz wydajność różnych rodzajów pieców

W tym zakresie zastosowanie mają także tabele 2.21, 2.22 oraz 2.23.

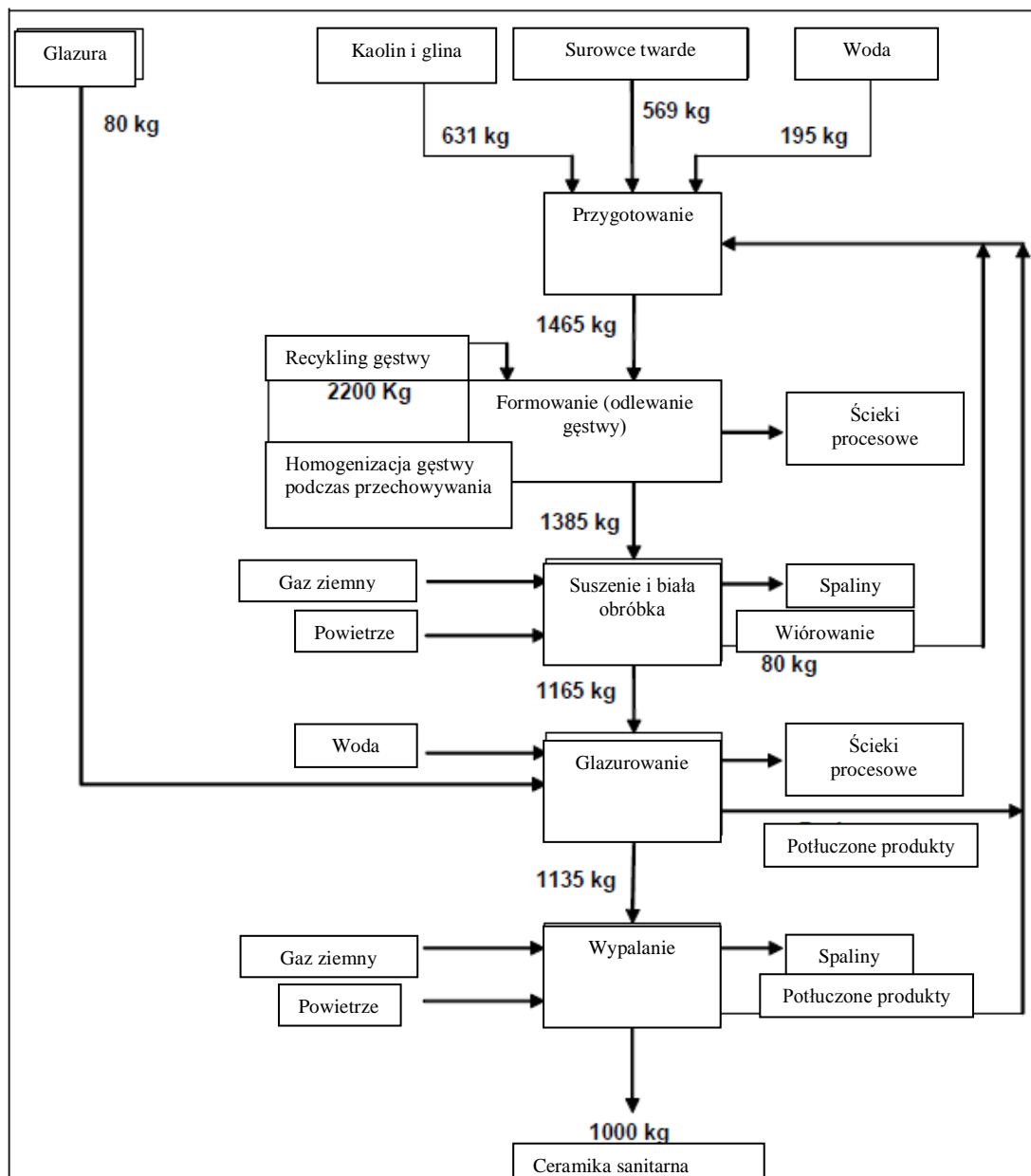
Poniższa tabela prezentuje przykłady zużycia energii elektrycznej i ciepłej dla trzech zakładów produkujących ceramikę sanitarną [1, BMLFUW, 2003].

Parametr	Jednostka	Zakład 1	Zakład 2	Zakład 3
Wydajność produkcyjna	t/rok	10000	5120	2900
Zużycie surowców	t/rok	17000	7801	3500
Zużycie energii elektrycznej	MJ/kg produktu	0,36	3,32	3,16
Zużycie energii cieplnej	MJ/kg produktu	30	22	28

Tabela 3.46: Dane na temat zużycia energii

Zużycie wody i surowców

Przykładowe dane na temat zużycia surowców i wody zostały zaprezentowane na poniższym rysunku w postaci schematu przepływu mas [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005]. Produkty są wykonywane z zeszklonego kaolinu i formowane w procesie odlewania w formach gipsowych.



Rysunek 3.8: Przykład przepływu mas w produkcji ceramiki sanitarnej

3.3.8 Ceramika techniczna

3.3.8.1 Dane na temat emisji

Podczas produkcji ceramiki technicznej powstają emisje do wody i do powietrza, straty procesowe/odpady, a także hałas. W tej sekcji zaprezentowane zostały zakresy emisji zanieczyszczeń dla podstawowych etapów procesu. Omówione zostały także emisje do powietrza z innych etapów procesu oraz emisje do wody i straty procesowe.

Emisje do powietrza

Poniższa tabela przedstawia zakresy stężeń surowych gazów oraz przepływy mas z pieców wahadłowych podczas wypalania izolatorów elektrycznych [1, BMLFUW, 2003].

Składnik emisji ¹⁾	Stężenie (mg/m ³)	Przepływ masy (g/h)
Pył	20-30	do 600
NO _x wyrażone jako NO ₂	20-120	do 2400
Nieorganiczne związki fluoru wyrażone jako HF	do 120	do 2400

1) dotyczy 18% tlenu

Tabela 3.47: Stężenie surowych gazów podczas wypalania izolacji elektrycznych

Poniższa tabela prezentuje przykładowe stężenia spalin z pieców wahadłowych podczas wypalania izolacji elektrycznych. Piec (por. sekcja 2.3.8) nie jest wyposażony w system oczyszczania spalin [1, BMLFUW, 2003].

Składnik emisji ¹⁾	Stężenie (mg/m ³)	Przepływ masy (g/h)
CO	91	658
NO _x wyrażone jako NO ₂	39	282
Nieorganiczne związki fluoru wyrażone jako HF	11,3	82
Nieorganiczne związki chloru wyrażone jako HCl	2,5	18
SO _x wyrażone jako SO ₂	2,8	20
Substancje organiczne	6,3	45

1) dotyczy 18% tlenu, brak pomiaru cząstek stałych/pyłu

Tabela 3.48: Stężenie spalin z pieców wahadłowych podczas wypalania izolacji elektrycznych

Dane na temat emisji do powietrza z procesu wypalania innych rodzajów ceramiki technicznej nie są dostępne, ale czerepy ceramiki technicznej zawierają dodatki organiczne, a podczas procesu wypalania może także powstać LZO [17, Burkart, 2004].

Emisje do powietrza są generowane nie tylko podczas procesu wypalania, ale także podczas innych etapów procesu produkcyjnego [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [23, VKI Germany, 2004]:

- Podczas przechowywania oraz wewnętrznego transportu surowców, emisje pyłu generowane są podczas przechowywania, ważenia, transportu oraz przenoszenia.
- Emisje pyłu powstają w procesie suchego przygotowywania surowców.
- Emisje pyłu powstają podczas formowania suchych mas (prasowania).
- Emisje pyłów powstają podczas suchej obróbki maszynowej (surowa/biała/twarda obróbka).
- Emisje pyłu mogą powstawać podczas glazurowania oraz angobowania, w zależności od zastosowanej techniki.
- W niektórych przypadkach, emisje gazowe mogą powstawać podczas procesu suszenia. Jeżeli nadmiar ciepła z pieca jest wykorzystywany w procesie suszenia surowych produktów za pomocą spalin ze strefy wypalania, a nie zastosowano zamkniętego systemu grzewczego, możliwe są także emisje gazowe.
- Podczas etapów wypalania oraz wstępnego wypalania, możliwe jest generowanie emisji gazowych, szczególnie LZO.

Emisje do wody

Przy produkcji ceramiki technicznej, ścieki procesowe są generowane podczas czyszczenia instalacji służących do przygotowywania surowców oraz odlewania, w procesie glazurowania lub angobowania lub podczas mokrej obróbki. Takie ścieki procesowe zawierają te same składniki, co surowce [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [24, VKI Germany, 2004.]

Poniższa tabela prezentuje przykładowe zanieczyszczenia oczyszczonych ścieków procesowych pochodzących z produkcji izolatorów elektrycznych (por. także sekcja 2.3.8) po flokulacji, separacji w zagęszczarce talerzowej oraz odfiltrowaniu za pomocą komorowej prasy filtracyjnej [1, BMLFUW, 2003].

Parametr	Stężenie (mg/l)				
	Odfiltrowane cząstki stałe	-	22	36	53
Aluminium	-	<0,1	<0,1	<0,1	0,90
Żelazo II	<0,01	-	-	-	-
Żelazo III	<0,01	-	-	-	-
Żelazo całkowite	<0,01	2,64	1,15	0,056	0,1481
Fluor	-	0,33	-	-	-
ChZT	-	19	-	-	-
OWO	<0,05	1,60	-	-	-
pH	8,12	6,24	5,87	6,65	7,37

Tabela 3.49: Stężenie w czystych ściekach procesowych pochodzących z produkcji izolatorów elektrycznych

Poniższa tabela pokazuje stężenia zanieczyszczeń w ściekach procesowych pochodzących z produkcji izolatorów elektrycznych po flokulacji bez filtrowania (próbki kwalifikowane) [23, TWG Ceramics, 2005].

Parametr	Jednostka	Wartość
pH	-	7,2
Zawiesina cząstek stałych	mg/l	<3
ChZT	mg/l	53
OWO	mg/l	15
AOX	mg/l	0,02
Chrom (całkowity)	mg/l	<0,01
Ołów	mg/l	<0,05
Kadm	mg/l	<0,005
Miedź	mg/l	<0,01
Nikiel	mg/l	<0,1
Cynk	mg/l	0,3
Aluminium	mg/l	0,23
Kobalt	mg/l	0,016

Tabela 3.50: Stężenie w ściekach procesowych pochodzących z produkcji izolatorów elektrycznych po flokulacji

Poniższa tabela zawiera informacje na temat stężeń zanieczyszczeń w czystych ściekach procesowych generowanych przez producenta wyrobów piezoceramicznych po ostatecznej filtracji, obróbce partii (próbka kwalifikowana) [23, TWG Ceramics, 2005].

Parametr	Jednostka	Wartość
pH	-	8,0
Zawiesina cząstek stałych	mg/l	<3
ChZT	mg/l	597
OWO	mg/l	200
AOX	mg/l	<0,1
Ołów	mg/l	<0,1
Kadm	mg/l	<0,01
Miedź	mg/l	<0,01
Nikiel	mg/l	<0,1
Cynk	mg/l	0,04
Antymon	mg/l	<0,02

Tabela 3.51: Stężenia w oczyszczonych ściekach procesowych pochodzących od producenta wyrobów piezoceramicznych

Dane na temat emisji do wody z procesu produkcyjnego innych rodzajów ceramiki technicznej nie są dostępne.

Straty procesowe/odpady

- Pośluzzone odpady mogą pojawiać się kilku etapach procesu produkcyjnego (w szczególności podczas formowania, suszenia, wypalania oraz obróbki).

- Osady powstają podczas przygotowania surowców (w szczególności podczas czyszczenia instalacji), podczas czyszczenia urządzeń odlewniczych, glazurniczych oraz służących do angobowania, a także podczas obróbki na mokro.
- Podczas stosowania procesu odlewania gęstwy mogą powstawać zużyte i zniszczone formy gipsowe.
- Odpady, takie jak tworzywa sztuczne, papier oraz ścinki metalu mogą powstawać podczas pakowania.
- Pył, osady oraz zużyte czynniki sorpcyjne mogą znajdować się w instalacjach służących do oczyszczania spalin.

Część wymienionych powyżej skumulowanych strat procesowych może zostać poddana recyklingowi i ponownie wykorzystana w zakładzie, w zależności od specyfikacji produktu oraz wymagań procesu. Materiały, które nie mogą zostać przetworzone na miejscu, opuszczają zakład i są wykorzystywane w innych przemysłach lub są dostarczane do zewnętrznych zakładów zajmujących się recyklingiem lub utylizacją odpadów [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [24, VKI-Germany, 2004].

3.3.8.2 Dane na temat zużycia

Zużycie energii

Poniższa tabela prezentuje przykłady zużycia energii termicznej i elektrycznej w dwóch zakładach produkujących elektroporcelanę [1, BMLFUW, 2003].

Parametr	Jednostka	Zakład 1	Zakład 2
Zużycie energii elektrycznej	MJ/kg produktu	-	0,94
Zużycie energii cieplnej	MJ/kg produktu	25	15,30

Tabela 3.52: Dane na temat zużycia energii w dwóch zakładach produkujących elektroporcelanę

Specyficzne zużycie energii cieplnej w piecach wahadłowych o pojemności 70 m³ oraz wydajności 10-25 ton izolatorów elektrycznych w jednym cyklu wypalania wynosi od 12000 do 20000 kJ/kg [BMLFUW, 2003].

Dane na temat zużycia energii podczas procesu produkcyjnego innych rodzajów ceramiki technicznej nie są dostępne.

Zużycie wody oraz surowców

Poniższa tabela prezentuje zakresy składu surowców do produkcji elektroporcelany (porcelany aluminiowej). Zakresy zawartości wody w masie wynosi od 30 do 50% [23, TWG Ceramics, 2005].

Surowiec	Ilość (%)
Kaolin	30-40
Glina	6-15
Skaleń	10-20
Kwarc	0-30
Aluminium	0-40

Tabela 3.53: Skład surowców do produkcji elektroporcelany

Dane na temat zużycia wody i surowców w procesach produkcyjnych dla innych rodzajów ceramiki technicznej nie są dostępne.

3.3.9 Związane ścierniwa nieorganiczne

3.3.9.1 Dane na temat emisji

Podczas produkcji związanych ścierniw nieorganicznych powstają emisje do wody i do powietrza, straty procesowe/odpady, a także hałas. W tej sekcji zaprezentowane zostały zakresy emisji zanieczyszczeń do powietrza z procesu wypalania, a także emisje do powietrza z innych etapów. Emisje do wody oraz straty procesowe także zostały omówione.

Emisje do powietrza

Poniższa tabela prezentuje przykłady wartości dla spalin pochodzących z zakładów, w których produkuje się nieorganiczne ścierniwa (por. też sekcja 2.3.9) [14, UBA, 2004], [30, TWG Ceramics, 2005].

Składnik emisji	Jednostka	Zakład 1 ¹⁾	Zakład 2 ²⁾	Zakład 3 ³⁾
CO ₂	t/rok	382	143	213
Pył	mg/m ³	12	<15	<15
OWO	mg/m ³	<43	39	<40
1) Zakład ten stanowi typowy przykład produkcji nieorganicznych ścierniwi (od etapu przygotowania surowców po pakowanie ścierniwi). Ścierniwa są wypalane w piecu opalonym gazem ziemnym o pojemności 10,4 m ³ oraz średniej gęstości 360 kg/m ³ . Kolejne elementy instalacji to: filtr workowy służący do separacji pyłu (dla urządzeń służących do mieszania i szlifowania, a także do czynności wykończeniowych), termiczne dopalanie dla spalin pochodzących z pieca oraz powszechnie stosowane urządzenia do obróbki końcowej.				
2) W tym zakładzie produkuje się drobne narzędzia szlifierskie. Zakład pracuje na jedną zmianę a ścierniwa są wypalane w piecach wahadłowych ogrzewanych elektrycznie. Zakład składa się z trzech identycznych pieców wahadłowych o objętości 5,28 m ³ każdy (objętość użytkowa 4,4, m ³). Gęstość waha się od 700 do 1400 kg/m ³ (udział czynników wspomagających wypalanie 33-50%). Zastosowano też dodatkowe elementy instalacji: filtr workowy służący do separacji pyłu (dla urządzeń służących do mieszania i szlifowania, a także do czynności wykończeniowych), termiczne dopalanie dla spalin pochodzących z pieca, zbiorniki sedimentacyjne do ścieków procesowych powstających podczas czyszczenia kruszyw oraz powszechnie stosowane urządzenia do obróbki końcowej.				
3) Zakład ten stanowi przykład niewielkiej manufaktury nieorganicznych ścierniwi (tarcz szlifierskich o średnicy od 100 do 1000 mm). Ścierniwa są wypalane w okresowo działających piecach wahadłowych ogrzewanych za pomocą gazu o objętości 5m ³ oraz gęstości zeszkłonych ścierniwi id 70 do 140 kg/m ³ (por. sekcja 2.3.9.5). Zastosowano też dodatkowe elementy instalacji: filtr workowy służący do separacji pyłu dla urządzeń służących do mieszania i szlifowania, a także do czynności wykończeniowych.				

Tabela 3.54: Przykłady wartości spalin z trzech zakładów produkujących nieorganiczne ścierniwa

Emisje do powietrza są generowane nie tylko podczas wypalanie, ale także podczas innych etapów procesu produkcyjnego [14, UBA, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005]:

- Emisje pyłu mogą powstawać podczas przygotowywania surowców, mieszania oraz podczas prasowania.
- Emisje pyłu mogą także powstawać podczas procesu szlifowania na sucho.

Emisje do wody

Podczas produkcji ścierniwi nieorganicznych powstają jedynie niewielkie ilości ścieków procesowych. W niektórych przypadkach możliwe jest nawet całkowicie bezściekowe funkcjonowanie (czyszczenie urządzeń za pomocą ciepła i ścieranie zanieczyszczeń). W przypadku, gdy ścieki procesowe są generowane, składają się one przeważnie z wody używanej do oczyszczania instalacji [14, UBA, 2004].

Straty procesowe/odpady

- Potłuczone odpady mogą pojawiać się kilku etapach procesu produkcyjnego (w szczególności podczas formowania, suszenia, wypalania oraz obróbki).
- Osady powstają przede wszystkim podczas czyszczenia instalacji.
- Emulsje z obróbki mogą powstawać podczas formowania oraz mechanicznej obróbki powierzchni.
- Odpady, takie jak tworzywa sztuczne, papier oraz ścinki metalu mogą powstawać podczas pakowania.
- Pył, osady oraz zużyte czynniki sorpcyjne mogą znajdować się w instalacjach służących do oczyszczania spalin.

Część wymienionych powyżej skumulowanych strat procesowych może zostać poddana recyklingowi i ponownie wykorzystana w zakładzie, w zależności od specyfikacji produktu oraz wymagań procesu. Materiały, które nie mogą zostać przetworzone na miejscu, opuszczają zakład i są wykorzystywane w innych przemyślach lub są dostarczane do zewnętrznych zakładów zajmujących się recyklingiem lub utylizacją odpadów [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005].

3.3.9.2 Dane na temat zużycia

Zużycie energii

W poniższej tabeli zaprezentowano dane na temat całkowitego zużycia energii w trzech różnych zakładach produkujących ścierniwa nieorganiczne [14, UBA, 2004], [30, TWG Ceramics, 2005].

Parametr	Jednostka	Zakład 1	Zakład 2	Zakład 3
Zużycie energii elektrycznej	kWh/rok	150000	1540000	175000
Zużycie gazu ziemnego	kWh/rok	1850000	946000	1000000

Tabela 3.55: Dane na temat całkowitego zużycia energii w trzech zakładach produkujących ścierniwa nieorganiczne

Zużycie wody i surowców

W poniższej tabeli zaprezentowano dane na temat zużycia wody oraz surowców w trzech różnych zakładach produkujących ścierniwa nieorganiczne [14, UBA, 2004], [30, TWG Ceramics, 2005].

Element początkowy	Element końcowy	Zakład 1 (t/rok)	Zakład 2 (t/rok)	Zakład 3 (t/rok)
Granulat ścierny		216	440	153
Substancje wiążące		35,2	110	17
Dodatki ¹		15,2	41,8	7
Wały stalowe i rękawy		-	17,6	-
	Produkt	253,6	550	170
	Pył ścierny	32	55	26
	Potłuczone wyroby ²	7	7	4
1) Częściowo rozkładane podczas procesu wypalania				
2) Zawiera potłuczone elementy wspomagające wypalanie				

Tabela 3.56: Dane na temat zużycia surowców w trzech zakładach produkujących ścierniwa nieorganiczne

4. TECHNIKI ROZWAŻANE PODCZAS USTALANIA BAT DLA PRODUKCJI WYROBÓW CERAMICZNYCH

Bieżący rozdział ustala techniki, które zasadniczo mogą przyczynić się do osiągnięcia wysokiego poziomu ochrony środowiska w przemyśle znajdującym się w zakresie niniejszego dokumentu. Uwzględniono systemy zarządzania, techniki zintegrowana, a także działania „końca rury”, z tym, że te trzy grupy technik w pewnym sensie zachodzą na siebie podczas prób osiągnięcia rezultatów optymalnych.

Rozważono także procedury zapobiegania, kontroli, minimalizacji oraz recyklingu, a także ponowne wykorzystanie materiałów i energii.

Aby osiągnąć cele IPPC, techniki mogą być prezentowane pojedynczo lub jako kombinacje. Aneks IV do dyrektywy wymienia ogólne uwarunkowania, które należy wziąć pod uwagę podczas ustalania technik BAT. Techniki omówione w niniejszym rozdziale będą związane, z co najmniej jednym z tych uwarunkowań. W miarę możliwości do omówienia każdej z technik zastosowano standardową strukturę, co ułatwi porównanie tych technik oraz ocenę celów w oparciu o definicję BAT podaną w dyrektywie.

Treść niniejszego rozdziału nie dostarcza wyczerpującego wykazu technik. Mogą istnieć lub być opracowywane inne, równie skuteczne techniki w zakresie BAT.

Zasadniczo, aby opisać każdą z technik zastosowano standardową strukturę przedstawioną w tabeli 4.1:

Typ informacji rozważanych	Typ informacji uwzględnionych
Opis	Techniczny opis techniki
Osiągnięte korzyści środowiskowe	Główne oddziaływania środowiskowe, na które wpływ ma technika (proces lub redukcja), w tym wartości uzyskanych emisji oraz skuteczność. Korzyści środowiskowe techniki w porównaniu do innych technik.
Efekty krzyżowe	Wszelkie efekty uboczne i wady spowodowane zastosowaniem techniki. Szczegółowe dane na temat problemów środowiskowych techniki w porównaniu z innymi.
Dane operacyjne	Dane na temat wydajności w zakresie emisji, odpadów i zużycia (surowców, wody i energii). Wszelkie inne użyteczne informacje dotyczące sposobów funkcjonowania, konserwacji i kontroli danej techniki, w tym także kwestii związanych z bezpieczeństwem, ograniczeniami, jakością produktu końcowego, etc.
Zastosowanie	Rozważania na temat czynników związanych z zastosowaniem i unowocześnianiem techniki (np. dostępność przestrzeni, specyfikacja procesu).
Ekonomia	Informacje dotyczące kosztów (inwestycyjnych i operacyjnych) oraz możliwych oszczędności (np. ograniczenie zużycia surowców, zrzutów wody) także w związku z wydajnością techniki.
Czynniki skłaniające do zastosowania	Powody zastosowanie danej techniki (np. inne wymagania prawne, poprawa jakości produkcji).
Przykładowe zakłady	Odniesienia do zakładów, w których stosuje się daną technikę.
Literatura	Literatura zawierająca bardziej szczegółowe informacje na temat techniki.

Tabela 4.1: Schemat informacji dla każdej z technik omówionych w tym rozdziale

Ponieważ niektóre elementy uwzględnione w schemacie mogą na siebie nachodzić, struktura jest traktowana w sposób elastyczny, w zależności od konkretnego przypadku.

Koszty technik redukujących muszą być oceniane w kontekście wielkości instalacji, skuteczności techniki oraz okoliczności poszczególnych zastosowań. W związku z tym, w tabeli 4.7 podano przykłady kosztów inwestycyjnych, kosztów konserwacji, sorbentów oraz kosztów operacyjnych w zakresie ograniczania ilości pyłu, nieorganicznych substancji gazowych, organicznych substancji gazowych w zależności od zastosowanej techniki redukcji [32, TWG Ceramics, 2006].

Standardowe warunki pomiarów objętości strumieni oraz stężeń dostały zdefiniowane poniżej. Definicje te znajdują się także w Słowniku.

m ³ /h	Natężenie przepływu: o ile w dokumencie nie stwierdzono inaczej, natężenie przepływu odnosi się do 18% tlenu i stanu normalnego
mg/m ³	Stężenie: o ile w dokumencie nie stwierdzono inaczej, stężenie gazowych substancji lub mieszanin substancji odnoszą się do suchych spalin w 18% tlenu i w stanie normalnym, natomiast stężenie benzenu odnosi się do 15% tlenu i stanu normalnego.
stan normalny	Odnosi się do temperatury 273 K i ciśnienia 1013hPa.

4.1 Ograniczenie zużycia energii (wydajność energetyczna)

Użyteczne informacje w tym zakresie można także znaleźć w dokumencie referencyjnym dotyczącym efektywnego wykorzystania energii (ENE), który aktualnie jest opracowywany.

4.1.1 Usprawnienia konstrukcji pieców i suszarek

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Zaprezentowano tu szereg różnych działań, które mogą zostać zastosowane, indywidualnie lub łącznie, w systemach pieców/suszarek:

- Automatyczna kontrola obiegu suszarki;
- Automatyczna kontrola wilgotności i temperatury w suszarce;
- W suszarkach, zastosowanie pulsacyjnych wentylatorów rozmieszczonych w strefach o niezależnym wkładzie cieplnym (regulowanym dla poszczególnych stref), aby osiągnąć konieczną temperaturę;
- Lepsze uszczelnienie pieców, np. za pomocą metalowej pokrywy lub uszczelnień z wody lub piasku dla pieców tunelowych i okresowych, co prowadzi do ograniczenia strat cieplnych;
- Poprawa izolacji termicznej pieców, np. poprzez zastosowanie izolacyjnych powłok ogniotrwałych lub włókien ceramicznych (wełna mineralna), co prowadzi do ograniczenia strat cieplnych;
- Poprawa ogniotrwałej wyściółki pieców oraz pokładów wózków piecowych ogranicza czas schładzania a tym samym związane z nim straty ciepła („straty na wyjściu”);
- Wykorzystanie szybkich palników usprawnia wydajność spalania oraz rozkład ciepła;
- Zastąpienie starych pieców nowymi, większymi (na długość i szerokość) piecami tunelowymi lub o takiej samej pojemności lub – o ile możliwe – piecami szybko wypalającymi (na przykład piecami z paleniskiem rolkowym), co może prowadzić do ograniczenia specyficznego zużycia energii;
- Interaktywna komputerowa kontrola schematu wypalania w piecu prowadzi do ograniczenia zużycia energii oraz do zmniejszenia emisji zanieczyszczeń;
- Ograniczenie użycia elementów wspomagających wypalanie i/lub zastosowanie elementów wykonanych z SiC/super stopów powoduje zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło w piecu; Wsporniki wykonane z SiC mogą także być stosowane w piecach szybko wypalających;
- Optymalizacja (minimalizacja) przejścia pomiędzy suszarką a piecem, a także zastosowanie stref wstępnego ogrzewania w piecach służących do wykańczania procesu suszenia – o ile jest to możliwe w procesie produkcyjnym – pozwala uniknąć zbędnego schładzania osuszonych produktów przed procesem wypalania;
- Ograniczenie strumieni powietrznych w piecach obrotowych podczas produkcji keramzytów może zmniejszyć zużycie energii.

Większość z wymienionych powyżej metod może być stosowana także w suszarkach, na przykład podczas ich projektowania (poprawa izolacji termicznej, izolacja drzwi lub uszczelnienia, etc.), w zakresie elementów wspomagających wypalanie oraz kontroli procesu, przede wszystkim dlatego, że piece i suszarki są ze sobą często połączone za pomocą systemu odzyskiwania ciepła (por. sekcja 4.1.2).

Efekty krzyżowe

Brak.

Dane operacyjne

Zależne od konkretnych działań/zadań. Na przykład, specyficzne zapotrzebowanie na energię dla różnych produktów, wypalanych w różnych rodzajach pieców (konwencjonalnych, szybkich, wyposażonych w udoskonaloną izolację lub nie) zostały porównane w tabeli 2.14 (produkcja płytek ściennych i podłogowych), tabeli 3.31 (produkcja płytek ściennych i podłogowych) oraz w tabeli 3.45 (produkcja ceramiki sanitarnej).

Zastosowanie

Zasadniczo, większość wymienionych powyżej metod może być stosowane we wszystkich sektorach ceramicznych, choć technologia pieców z paleniskiem rolkowym jest wykorzystywana przede wszystkim do produkcji płytek ściennych i podłogowych. Jednak w piecach tego typu można produkować także dachówki, rury kamionkowe i ceramikę sanitarną (por. sekcja 2.2.7.4.3).

Środki dotyczące przede wszystkim pieców tunelowych, wahadłowych i wyposażonych w palenisko rolkowe (np. w zakresie wózków piecowych i elementów wspomagających wypalanie) nie mogą być stosowane w przypadku pieców obrotowych, w których wytwarza się keramzyt (por. sekcja 2.3.4). Także w poszczególnych sektorach możliwość zastosowania różnych technologii piecowych zależy od wytwarzanych produktów: na przykład niektóre rodzaje płytek ściennych i podłogowych wymagają zastosowania pieców tunelowych do wypalania, aby osiągnąć wymagane właściwości produktów.

Ekonomia

Modernizacja a nawet wymiana stosowanych pieców i/lub suszarek na nowe, mniej energochłonne, na przykład piece z paleniskiem rolkowym – o ile możliwe – może prowadzić do znaczących oszczędności energetycznych. Jeżeli jednak wymiana następuje przed końcem okresu ich użytkowania, wymaga to znaczących nakładów kapitałowych.

Czynniki skłaniające do zastosowania

- Oszczędność pieniędzy dzięki oszczędności energii.
- Ograniczenie emisji CO₂.

Przykładowe zakłady i literatura

[1, BMLFUW, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005], [26, UBA, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

4.1.2 Odzyskiwanie nadmiaru ciepła z pieca

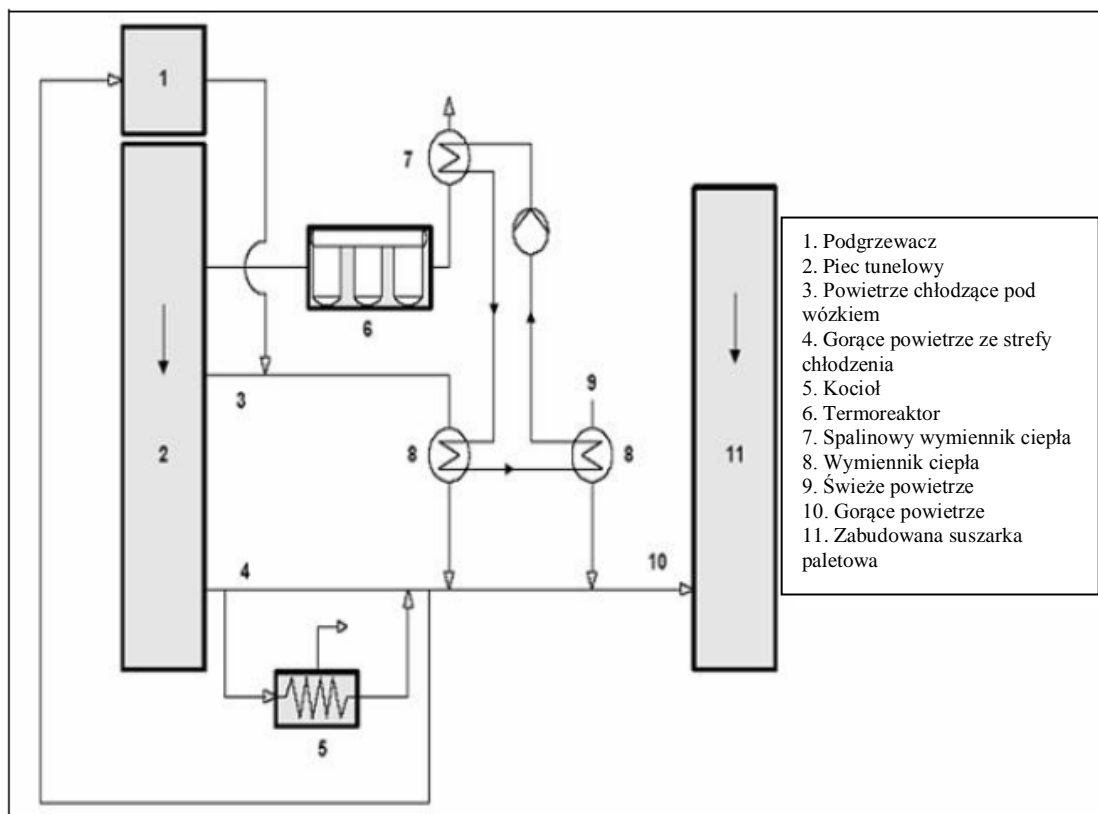
Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Wiele suszarek ceramicznych obecnie wykorzystuje gorące powietrze odzyskane ze stref chłodzenia w piecach tunelowych, zwykle uzupełnione gorącym powietrzem pochodzącym z palników gazowych, a zatem konfiguracja poszczególnych elementów w zakładzie jest bardzo ważna. W szczególności, niewielkie nadwyżki ciepła mogą być skutecznie wykorzystywane jedynie, jeżeli długość rur, tzn. odległość pomiędzy miejscem wytworzenia ciepła a miejscem jego wykorzystania, jest dość ograniczona. W każdym przypadku, niezbędne jest odpowiednie zaizolowanie rur. W ten sposób można osiągnąć znaczące oszczędności energetyczne.

Niektóre procesy wykorzystują także wymienniki ciepła pozwalające na odzyskanie ciepła ze spalin pochodzących z pieca, w celu wykorzystania go do wstępnego ogrzania powietrza spalającego, ale zastosowanie tego rozwiązania jest ograniczone z uwagi na potencjalne problemy z korozją spowodowane przez kwaśne gazy. Często też temperatura spalin jest zbyt niska.

Nadmiar ciepła z komory dopalania może także być wykorzystywany w picu albo w suszarce. Jedna niemiecka fabryka stosuje olej termiczny do przenoszenia nadmiaru ciepła z komory dopalania do suszarki, wraz z gorącym powietrzem pochodzącym ze strefy chłodzenia w piecu. Zasada działania tego połączonego systemu odzyskiwania ciepła została przedstawiona na rysunku [4, UBA, 2001].

Oprócz wykorzystania nadmiaru ciepła (4) w kotle odzysknicowym (5) oraz do ogrzewania podgrzewacza (1), ciepło pochodzące z chłodzenia oczyszczonych spalin jest odzyskiwane w spalinowym wymienniku ciepła (7) i wprowadzane do kolejnych wymienników ciepła (8) za pomocą oleju termicznego, w celu ogrzania powietrza atmosferycznego (9) służącego do suszenia. Ciepłe powietrze jest mieszane z gorącym powietrzem pochodzącym ze strefy chłodzenia (4) pieca (2) i wprowadzane do stale działającej zabudowanej suszarki paletowej (11).



Rysunek 4.1: Schemat przykładowego połączonego systemu odzyskiwania ciepła

Efekty krzyżowe

Niewykluczone jest niewielkie zwiększenie zużycia energii elektrycznej, szczególnie w przypadku, gdy wymienione zostają obwody.

Dane operacyjne

W przypadku połączonych systemów odzyskiwania ciepła omówionych powyżej, specyficzne zapotrzebowanie na energię z gazu ziemnego do suszenia i wypalania wynosi jedynie 840 – 1050 kJ/kg wypalanych produktów (cegła) [4, UBA, 2001], [30, TWG Ceramics, 2005].

Zastosowanie

Odzyskiwanie nadmiaru ciepła z pieca, szczególnie ze stref chłodzenia, w postaci gorącego powietrza może zasadniczo być stosowane do ogrzewania suszarek we wszystkich sektorach ceramicznych. Trzeba jednak zauważyć, że odzyskiwanie ciepła może być stosowane jedynie wówczas, gdy w tym samym czasie niezbędne jest dostarczenie ciepła do innego procesu.

Szczególny przypadek wymieniony powyżej (w Niemczech niewiele zakładów stosuje tę technikę) nie może zostać uogólniony, szczególnie w zakresie wykorzystania nadmiaru ciepła do dopalania, ponieważ często spaliny z komory dopalania są zbyt zimne, by skutecznie odzyskiwać z nich energię.

Ekonomia

- Ograniczenie zużycia energii;
- Należy uwzględnić dodatkowe koszty izolacji rur.

Czynniki skłaniające do zastosowania

- Oszczędność pieniędzy dzięki oszczędności energii.
- Ograniczenie emisji CO₂.

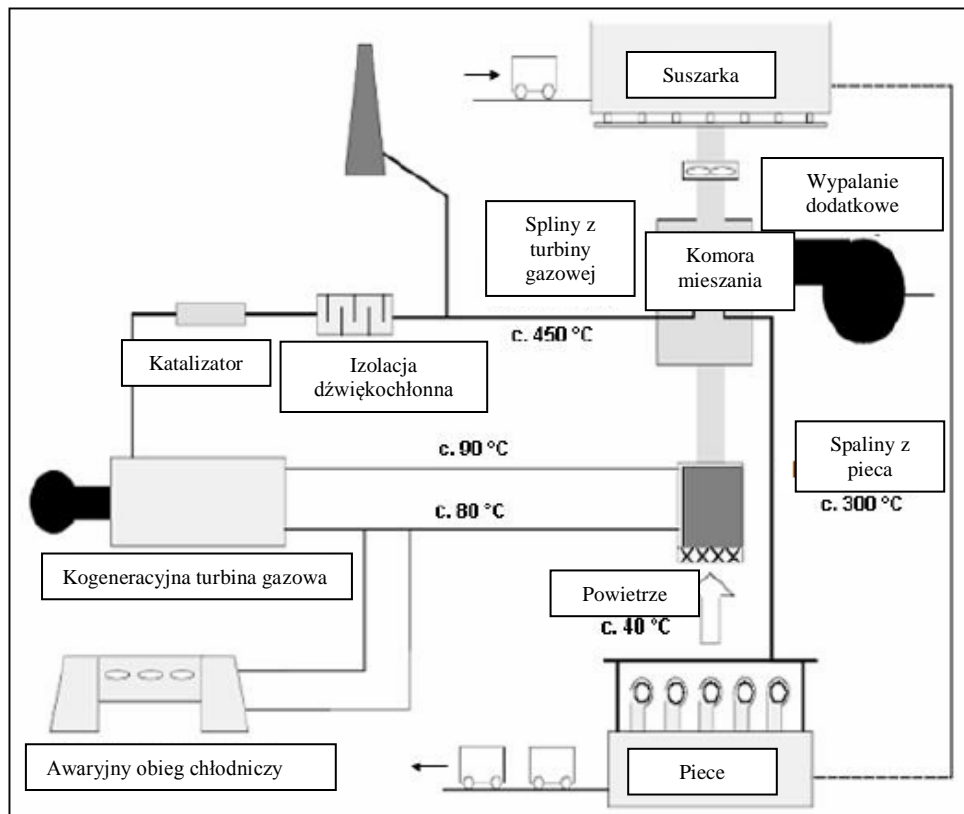
Przykładowe zakłady i literatura

JUWOE POROTON-Werke Ernst Jungk & Sohn GmbH, Germany, zakład produkujący cegły [4, UBA, 2001], [1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

4.1.3 Kogeneracja/elektrociepłownieOpis i osiągnięte korzyści środowiskowe, efekty krzyżowe i dane operacyjne

Zastosowanie zakładów kogeneracji w przypadku pary oraz elektryczności lub elektrociepłowni jest, zasadniczo, użyteczne w przemyśle ceramicznym ze względu na jednoczesne zapotrzebowanie na ciepło i energię elektryczną. Istotnym elementem kogeneracji jest silnik. Napędzane gazem silniki typu Otto, silniki diesla oraz turbiny gazowe zużywające nadmiar ciepła mogą być odpowiednie.

Rysunek 4.2 pokazuje przykład wykorzystania nadmiaru ciepła z elektrociepłowni do produkcji gorącego powietrza [4, UBA, 2001]. Gorące powietrze jest wykorzystywane w suszarni zakładu produkującego cegły. Oprócz nadwyżki ciepła z pieca niezbędne jest także wykorzystanie w suszarni pewnej ilości świeżego powietrza. Powietrze to jest zwykle pobierane z budynku, w którym znajduje się suszarnia, aby wykorzystać ciepło oddawane przez różne elementy pieca i suszarki. Świeże powietrze jest mieszane z ciepłem z pieca w przedniej części wentylatora suszarki. W rurze zasysającej świeże powietrze zainstalowano ogrzewacz powietrza w celu podgrzewania tego powietrza. Wymiennik ciepła jest ogrzewany za pomocą wody chłodzącej silniki. Spaliny mają temperaturę od 450 do 550 °C, w zależności od rodzaju silnika. Są one wprowadzane do komory mieszania i wykorzystywane bezpośrednio w suszarce. Braki ciepła są pokrywane za pomocą dodatkowych palników gazowych. Jeżeli suszarka nie potrzebuje ciepła, nieschłodzone spaliny z urządzeń są wypuszczane bezpośrednio przez komin.



Rysunek 4.2: Schemat generacji ciepłego powietrza za pomocą kogeneracyjnej turbiny gazowej

W niektórych przypadkach spaliny, przed wprowadzeniem ich do komory mieszania, mogą także przechodzić przez kocioł, w celu wytworzenia pary, która jest wykorzystywana w fazie wytłaczania.

Efekty krzyżowe

Turbiny mogą powodować dodatkowe emisje do powietrza w miejscu pracy oraz zwiększenie poziomu hałasu.

Zastosowanie

Ciepło wytwarzane przez elektrociepłownię może być wykorzystywane w procesie suszenia rozpyłowego, szczególnie w przypadku wytwarzanych ręcznie płytek ściennych i podłogowych oraz ceramiki domowej. Ciepło takie może być także używane w suszarkach, w sytuacji, gdy niezbędne jest dodatkowe ciepło, na przykład w przypadku produkcji cegieł, zgodnie z rysunkiem 4.2.

Ekonomia

Korzyści ekonomiczne są w dużym stopniu zależne od istniejących warunków oraz konkretnego sektora ceramicznego. Z powodów gospodarczych, kogeneracja ma ograniczone zastosowanie w całej Europie, np. do produkcji cegieł i dachówek. Mimo to technika ta powinna zostać wzięta pod uwagę, przede wszystkim podczas projektowania nowych zakładów.

Mniej kosztowną alternatywną techniką wykorzystania nadwyżek ciepła z pieca jest bezpośrednie wprowadzanie ciepła do suszarki (por. sekcja 4.1.2).

Czynniki skłaniające do zastosowania

Wdrożenie wydajnej energetycznie technologii produkcyjnej.

Przykładowe zakłady i literatura

[4, UBA, 2001], [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

4.1.4 Zamiana ciężkiego oleju opałowego i paliw stałych na paliwa niskoemisyjne

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Zamiana procesu wypalania z ciężkiego oleju opałowego (HFO) lub paliw stałych na paliwa gazowe (gaz ziemny, LPG oraz LNG) prowadzi poprawy wydajności wypalania oraz potencjalnej eliminacji emisji sadzy w wielu procesach. Paliwa stałe zwykle przyczyniają się do powstawania drobnego popiołu, a zatem emisje cząsteczkowe podczas spalania gazu mogą, w niektórych przypadkach zapobiegać kosztownemu i energochłonnemu procesowi usuwaniu pyłu. Palniki gazowe współpracują ze skomplikowanymi automatycznymi systemami kontroli, co prowadzi do oszczędności paliwa i zmniejszenia ilości odpadów wypalonych produktów, a zatem ograniczenia specyficznego zużycia energii. Wykorzystanie oleju opałowego EL zamiast HFO lub paliw stałych może także ograniczać emisje sadzy z procesu wypalania.

Wykorzystując gaz ziemny, LPG, LNG lub olej opałowy EL zamiast HFO lub paliw stałych prowadzi do ograniczenia emisji SO₂ związanych z energią, z uwagi na niższą zawartość siarki (por. tabela 3.3). Ponadto, gaz ziemny, LPG oraz LNG wykazują wyższy stosunek azotu do węgla niż olej opałowy lub paliwa stałe, a w związku z tym generują mniejsze ilości dwutlenku węgla (około 25% mniej CO₂ dla gazu ziemnego) przy równoważnej produkcji cieplnej.

Alternatywne/wtórne paliwa organiczne, np. mączka mięsna i kostna lub biopaliwa i nieorganiczne, np. olej odpadowy, rozpuszczalniki, wykorzystywane na przykład do produkcji keramzytu (por. sekcja 2.3.4.2.2) ogranicza ilość pierwotnych paliw kopalnych oraz związanych z nimi emisji CO₂.

Ponadto, zastosowanie niskoemisyjnych paliw może wiązać się z zastosowaniem w procesie produkcyjnym innych energetycznie wydajnych technologii, na przykład kogeneracji turbiną gazową. Inne oszczędności energii (elektrycznej) można także osiągnąć dzięki temu, że niektóre paliwa płynne (w szczególności HFO) muszą zostać podgrzane, by można je było pompować.

Efekty krzyżowe

Dodatkowe aspekty związane z bezpieczeństwem – zwłaszcza ryzyko wybuchu – muszą zostać uwzględnione, w szczególności w przypadku LPG i LNG.

Dane operacyjne

Zależne od konkretnego przypadku zadań/działań.

Zastosowanie

Zasadniczo, zmiana paliwa może być stosowana we wszystkich sektorach ceramicznych, jednak trzeba wziąć pod uwagę, że rodzaj paliw może także wpływać na właściwości estetyczne końcowego produktu. Niektóre odcienie, szczególnie pożądane na rynku mogą zostać uzyskane jedynie przy zastosowaniu (współ)spalania węgla lub pyłu węglowego w piecu. Na przykład, niektóre rodzaje specjalnie barwionych cegieł elewacyjnych nie mogą być produkowane w piecach opalanych samym gazem ziemnym, ale niezbędne jest wtryskiwanie pyłu węglowego do opalania pieca (do tego celu stosuje się piece Hoffmanna). Zatem, w zależności od rodzaju produktu, zmiana paliwa może nie zawsze być możliwa.

W procesie produkcji keramzytu, większość pyłu może zostać poddana recyklingowi, co ogranicza wpływ zmiany paliwa na wielkość produkcji popiołu.

Ekonomia

Zmiana HFO lub paliw stałych na paliwa niskoemisyjne może wiązać się ze znaczącymi kosztami inwestycyjnymi, szczególnie w przypadku, gdy nie jest możliwe dostarczanie do zakładu gazu ziemnego. W związku z tym, nie tylko koszty paliwa, ale także dodatkowe koszty transportu LPG, LNG oraz oleju opałowego EL muszą zostać wzięte pod uwagę.

Czynniki skłaniające do zastosowania

- Wymagania prawne;
- Mniejsze różnicowanie jakości produktu;
- Redukcja emisji CO₂.

Przykładowe zakłady i literatura

[1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005], [26, UBA, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005], [32, TWG Ceramics, 2006]

4.1.5 Modyfikacja czerepów ceramicznych

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Wyszukany projekt składu czerepów może ograniczać czas niezbędny do suszenia i wypalania, a także stymulować wykorzystanie szybko wypalających pieców o niskiej pojemności, takich jak piece z paleniskiem rolkowym i piece przesuwane. W związku z tym, zmiany składu czerepów mogą wspomagać suszenie i wypalanie, np. w sektorach produkujących płytki ścienne i dachowe oraz rury kamionkowe. To zaś może prowadzić do ograniczenia zużycia energii. Podobne podejście zostało zbadane w przypadku wyrobów ceramicznych o grubszych ściankach.

Dodatki formujące pory są przede wszystkim stosowane do zmniejszania przewodnictwa cieplnego bloczków glinianych poprzez tworzenie miniporów. W związku z tym masa termiczna bloczków zostaje zmniejszona, a dodatkowo, dzięki zastosowaniu czynników formujących pory, podczas wypalania zużywa się mniej energii.

Przeprojektowanie wyrobu ceramicznego może także ograniczać masę – np. cieńsze ścianki, cegły perforowane, cieńsze ścianki bloczków i rur. W przypadku, gdy jest to technicznie możliwe, zmiany te mogą ograniczać zużycie energii oraz emisje.

Zmniejszenie niezbędnej ilości zawartości wody także pomaga oszczędzać energię na etapie suszenia. Ilość niezbędnej wody do mieszania jest przede wszystkim zależna od składu mineralnego gliny, a także od granulometrii. Dodatki pozwalające oszczędzać wodę to przede wszystkim wilgotne produkty zawierające nieorganiczne związki wychwytyjące lub kompleksujące. Umożliwiają one ograniczenie napięcia powierzchniowego wody mieszającej oraz wychwycenie problematycznych wolnych kationów. Zapotrzebowanie na wodę zarobową podczas przygotowania surowców zostaje zmniejszone, a jednocześnie osiąga się taką samą lub nawet wyższą plastyczność. Ponadto, zapotrzebowanie na energię w procesie suszenia zostaje zmniejszone.

Automatyczne dostosowywanie wody zarobowej do wymaganego poziomu plastyczności materiału oraz zastosowanie do pewnego stopnia pary wodnej zamiast wody zarobowej prowadzi do ograniczenia ilości wody (około 3%), energii cieplnej (około 90 kWh/t produktu) oraz elektryczności (około 1,5 kWh/t produktu).

W każdym przypadku, dodatek pary w instalacjach służących do wytłaczania ułatwia wyjmowanie wyciśniętej gliny oraz osiągnięcie dokładnie takiej wilgotności gliny, jaka jest potrzebna.

Znaczącą redukcję temperatury wypalania oraz skrócenie czasu przebywania w piecu można osiągnąć dzięki domieszce niezwykle wydajnych dodatków spiekających, takich jak ziemie alkaliczne i dodatki zasadowe oraz czynniki formujące szkło. Jednak, wykorzystanie takich dodatków jest możliwe jedynie w specjalnych przypadkach, nie dla wszystkich wyrobów ceramicznych. Możliwe jest osiągnięcie końcowej temperatury wypalania nawet do 50 K. Aby uniknąć pęknięć w trakcie procesu produkcyjnego i obniżenia jakości, należy w pierwszej kolejności przeprowadzić wstępne testy przed uruchomieniem normalnej produkcji na dużą, przemysłową skalę.

Efekty krzyżowe

Zastosowanie organicznych czynników formujących pory może powodować zwiększenie emisji substancji organicznych oraz CO do powietrza. Zastosowanie czynników spiekających zwiększa emisję CO₂ z uwagi na dużą zawartość zasadowych węglanów.

Dane operacyjne

Zależne od konkretnego przypadku zadań/działań.

Zastosowanie i ekonomia

Wykorzystanie czynników spiekających oraz energetycznych dodatków formujących pory pozwala oszczędzić energię, szczególnie podczas produkcji cegieł. Jak zostało już zauważone, zastosowanie energetycznych surowców wtórnych, takich jak trociny, polistyren (styropian) lub papieru możliwe jest podczas produkcji glinianych bloczków. Czynniki formujące pory mogą dostarczać do 25% energii całkowitej w postaci energii wtórnej w produkcji cegieł o niższej jakości. Zastosowanie czynników formujących pory w ceglach elewacyjnych jest zjawiskiem wyjątkowym, ze względu na ich wpływ na techniczne właściwości cegieł (np. kolor, gęstość).

Jednak, zasadniczo, kształt oraz skład produktów w dużej mierze zależy od wymagań rynku, a zatem modyfikacje czerepów ceramicznych są możliwe jedynie w wąskim zakresie i z całą pewnością nie w przypadku wszystkich wyrobów ceramicznych.

Czynniki skłaniające do zastosowania

- Zwiększenie produkcji;
- Wyższa jakość produktów.

Przykładowe zakłady i literatura

JUWOE POROTON-Werke Ernst Jungk & Sohn GmbH, Germany, zakład produkujący cegły [4, UBA, 2001], [1, BMLFUW, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005]

4.2 Emisje pyłu (cząstek stałych)

W bieżącej sekcji opisano techniki i metody zapobiegania emisjom rozproszonym (przede wszystkim sekcje 4.2.1 i 4.2.2) oraz ukierunkowanym (sekcja 4.2.3). W tym zakresie użyteczne informacje można znaleźć także w dokumencie BREF dotyczącym oczyszczania ścieków i gazów/systemów zarządzania w sektorze chemicznym.

4.2.1 Działania związane z czynnościami generującymi pył

Opis

W tym miejscu zaprezentowano szereg różnych działań, które można zastosować osobno lub łącznie:

- Zamykanie operacji generujących pył, takich jak szlifowanie, przesiewanie i mieszanie;
- Zastosowanie zakrytych i wentylowanych niecek lub mieszalników misowych;
- Filtrowanie powietrza usuwanego podczas zasilania mikserów lub urządzeń dozujących;
- Stosowanie silosów o odpowiedniej pojemności, wyposażonych we wskaźniki poziomu, wyłączniki oraz filtry do powietrza zawierającego pył usuniętego podczas napełniania;
- Zakryte przenośniki taśmowe do potencjalnie pyłących surowców;
- Proces obiegowy korzystny jest dla systemów przenośników pneumatycznych;
- Przenoszenie materiałów w zamkniętych systemach w podciśnieniu i odpylanie powietrza ssącego;
- Redukcja wycieków powietrza i punktów wycieków, zakończenie instalacji.

Osiągnięte korzyści środowiskowe

- Redukcja pierwotnych rozproszonych emisji pyłu;
- Ograniczenie hałasu możliwe także dzięki zamykaniu urządzeń.

Efekty krzyżowe

- Pneumatyczne systemy przenośników z obiegiem powietrza mogą powodować zwiększenie emisji hałasu i zużycia energii elektrycznej;
- Podczas konserwacji mogą pojawić się dodatkowe odpady.

Dane operacyjne

Zależne od poszczególnych zadań/działań. W każdym przypadku, regularna konserwacja i naprawy gwarantuje, że wycieki z rur spalinowych, silosy służące do przechowywania oraz urządzenia służące do przygotowywania lub zniszczone pokrywy będą naprawiane szybko.

Zastosowanie

Działania te mogą być realizowane we wszystkich sektorach ceramicznych, zarówno w nowych, jak i w starych instalacjach, niemniej jednak w przypadku obróbki wilgotnej gliny, nie wszystkie z wymienionych technik muszą być wdrażane.

Ekonomia

Zależne od konkretnego zadania/działania. W przypadku starych instalacji pokrywy mogą wymagać średnio- lub długookresowego planu realizacji.

Czynniki skłaniające do zastosowania

- Wymagania prawne;
- Wymagania związane z BHP w miejscu pracy;
- Oszczędność surowców.

Przykładowe zakłady i literatura

[1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005], [26, UBA, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005]

4.2.2 Działania związane miejscami przechowywania produktów sypkichOpis

Aby ograniczyć przede wszystkim rozproszone emisje w miejscach składowania sypkich i pyjących surowców mineralnych na otwartym powietrzu, miejsca takiego przechowywania powinny być zamykane ekranami, ścianami lub pokrywami składającymi pionowych elementów surowych (sztuczne lub naturalne bariery wiatrowe chroniące stopy przed wiatrem).

W przypadku, gdy emisje pyłu w miejscach zrzutu magazynów nie mogą zostać wyeliminowane, można je ograniczyć dopasowując wysokość zrzutu do wysokości stosu, jeżeli to możliwe w sposób automatyczny, lub za pomocą prędkości rozładowywania. Ponadto, stanowisko może być utrzymywane w wilgoci – szczególnie w suchych obszarach – za pomocą spryskiwaczy (jeżeli źródło pyłu jest przestrzennie ograniczone, można zainstalować system spryskiwaczy) oraz oczyszczane za pomocą czyszczących platform.

Aby zapobiec formowaniu się rozproszonego pyłu podczas czynności związanych z usuwaniem, można zastosować systemy podciśnieniowe. Nowe budynki mogą z łatwością zostać wyposażone w stacjonarne czyszczące systemy podciśnieniowe, podczas gdy budynki już istniejące zwykle łatwiej wyposażać w mobilne systemy i elastyczne końcówki.

Osiągnięte korzyści środowiskowe

Ograniczenie pierwotnych rozproszonych emisji pyłu.

Efekty krzyżowe

- Przy utrzymywaniu miejsca w wilgoci zwiększa się zużycie wody;
- Zastosowanie systemów podciśnieniowych zwiększa zużycie energii;
- Podczas konserwacji mogą powstawać dodatkowe ilości odpadów.

Dane operacyjne

Zależne od konkretnego działania/celu.

Zastosowanie

Działania te mogą być realizowane we wszystkich sektorach ceramicznych, zarówno w nowych, jak i w starych instalacjach, niemniej jednak w przypadku obróbki wilgotnej gliny, nie wszystkie z wymienionych

technik muszą być wdrażane. Ponadto, niekiedy podczas mieszania konieczne jest zastosowanie suchych materiałów, aby osiągnąć pożądane właściwości, a zatem zwilżanie może być stosowane tylko do pewnego stopnia.

Ekonomia

Zależne od konkretnego działania/celu. W tym zakresie ważne informacje znajdują się także w tabeli 4.7.

Czynniki skłaniające do zastosowania

- Uwarunkowania prawne;
- Wymagania związane z BHP w miejscu pracy.

Przykładowe zakłady i literatura

[2, VITO, 2003], [4, UBA, 2001], [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [26, UBA, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005]

4.2.3 Systemy separatorów/filtrów

Ta sekcja opisuje wybrane techniki, których celem jest wyłącznie usuwanie kurzu. Ponadto, należy zauważyć, że większość technik oczyszczania spalin opisanych w sekcji 4.3.4 mogą być wykorzystywane nie tylko do eliminacji SO_x , HF i HCL, ale także pyłu.

4.2.3.1 Separatory wirnikowe

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

W separatorach wirnikowych cząsteczki pyłu, które mają zostać usunięte ze strumienia spalin są wypychane na zewnątrz przez zewnętrzną ścianę urządzenia za pomocą ruchu odśrodkowego a następnie usuwane przez przesłonę znajdującą się na dole urządzenia. Wirowanie może być wzmocnione za pomocą poruszania strumienia gazu w skierowanym w dół ruchu spiralnym przez cylindryczny zawór (separator cyklonowy) lub za pomocą wirnika zamontowanego w urządzeniu (mechaniczne separatory wirnikowe).

Efekty krzyżowe

- Działanie separatorów wirnikowych może stanowić znaczące źródło hałasu;
- Zużycie elektryczności może zwiększać się w przypadku zastosowania wirnika;
- Podczas konserwacji może zwiększać się ilość odpadów.

Dane operacyjne

Separatory wirnikowe działają bardziej wydajnie przy większym obciążeniu zanieczyszczeniami, pod warunkiem, że nie zostaną zablokowane.

Zastosowanie

Skuteczność oczyszczania separatorów wirnikowych jest zwykle zbyt niska, by ograniczyć wszystkie emisje pyłu, w stopniu pozwalającym spełnić wymagania dotyczące zanieczyszczeń w przemyśle ceramicznym. Są one zatem odpowiednie jako urządzenia wstępnie separujące i często wykorzystuje się je po suszeniu rozpyłowym, kruszeniu i szlifowaniu.

Ekonomia

Zbieranie i odzyskiwanie oddzielonego pyłu prowadzi do zmniejszenia zużycia surowców.

Czynniki skłaniające do zastosowania

Oszczędność surowców.

Przykładowe zakłady i literatura

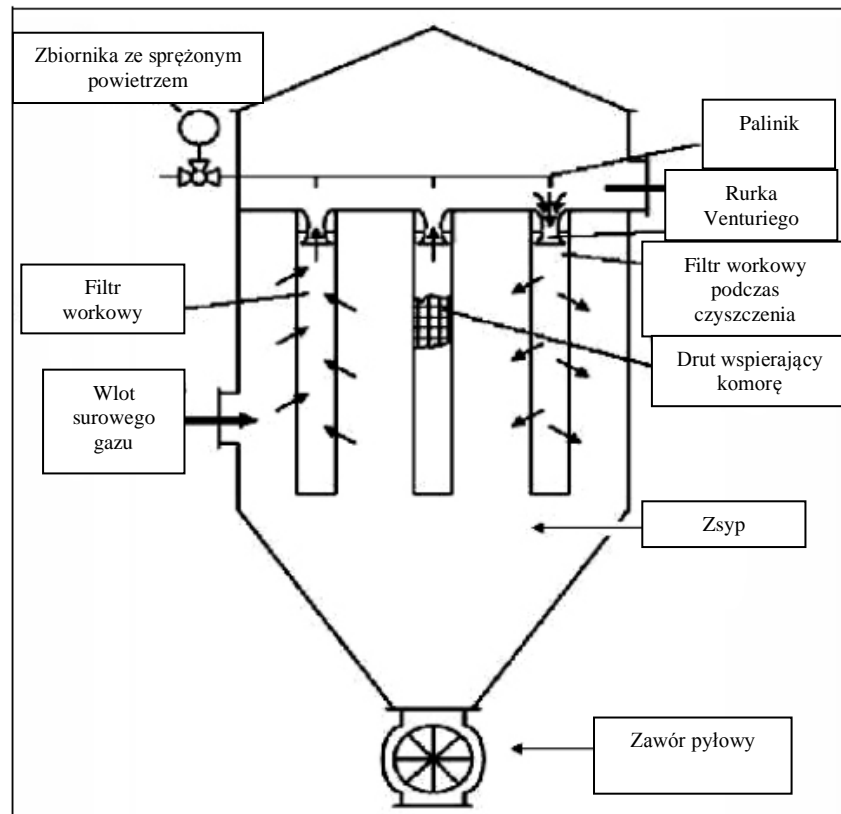
[1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005]

4.2.3.2 Filtry workowe

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

W filtrach workowych, spaliny przechodzą przez filtr workowy, w taki sposób, że cząsteczki pyłu odkładają się na powierzchni filtra w postaci placka filtracyjnego. Zakłady stosujące filtry workowe osiągają wyższą retencję, zwykle powyżej 98 do 99%, w zależności od wielkości cząstek.

Poniższy rysunek 4.3 zawiera schemat filtra workowego działającego pod ciśnieniem wraz z regeneracją [4, UBA, 2001]. Regeneracja jest dokonywana za pomocą pulsacji ciśnieniowej na czystą część filtra workowego.



Rysunek 4.3: Schemat filtra workowego z regeneracją pulsacyjno-ciśnieniową

Efekty krzyżowe

- Działanie filtrów workowych, szczególnie wraz z regeneracją pulsacyjno-ciśnieniową, może generować hałas, a także zwiększać zużycie elektryczności z uwagi na duże spadki ciśnienia;
- Podczas konserwacji może zwiększać się ilość odpadów.

Dane operacyjne

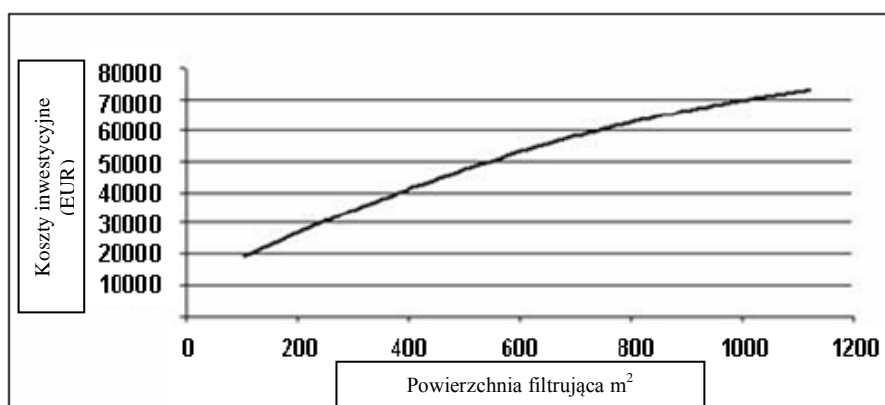
Filtry workowe mogą być wykonywane z wielu różnych tkanin, z których część wykazuje wysoką odporność na działanie kwasów i zasad. Nowoczesne tkaniny syntetyczne dobrze znoszą nawet wysokie temperatury, ale filtry workowe nie mogą pracować w zbyt wysokich temperaturach. Przykłady powszechnie stosowanych tkanin zostały zaprezentowane w tabeli 4.2, która wskazuje też właściwości i względne ceny [3, CERAME-UNIE, 2003]. W szczególności, w sytuacji, gdy filtry workowe są stosowane, jako element urządzenia oczyszczającego spaliny pochodzące z pieca na sucho (por. sekcja 4.3.4.3), filtr oraz jego wsporniki muszą być odporne na korozję w przypadku kondensacji. Typowe dane odnoszące się do funkcjonowania filtrów tkaninowych zostały wymienione w tabeli 4.3, natomiast na rysunku 4.4 przedstawiono przykładowe koszty inwestycyjne dla instalacji filtrowych z pominięciem instalacji oraz filtrów workowych [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005].

Material filtra workowego	Odporność na temperaturę (°C)	Cena (EUR/m ²)
Bawełna	80	<5
Polipropylen	100	5
Poliester	150	10-12
Nomax (m-Aramid)	220	25
PTFE (teflon)	280	100-120

Tabela 4.2: Przykłady odporności na temperaturę i cen filtrów workowych

Obciążenie surowego gazu pyłem	do 200 g/m ³
Obciążenie oczyszczonego gazu pyłem	1-20 mg/m ³
Temperatura pracy	do 250 °C
Koszty operacyjne	0,03 – 0,1 EUR/t

Tabela 4.3: Przykłady danych operacyjnych dla usuwania pyłu za pomocą filtrów workowych



Rysunek 4.4: Przykładowe koszty inwestycyjne jako część kosztów rocznych dla instalacji korzystających z filtrów z wyłączeniem instalacji oraz filtra workowego

Samoczyszczące się filtry workowe powinny być na tyle duże, aby mogły pracować przy obciążeniu powierzchni filtra poniżej 2 Nm³/(m² x minuta), tak, by możliwe było osiągnięcie stężenia czystych gazów na poziomie 1-20 mg/m³ [1, BMLFUW, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005]. Zbieranie, odzyskiwanie oraz ponowne wykorzystywanie oddzielonego pyłu może prowadzić do zmniejszenia zużycia surowców.

Filtry workowe nie mogą pracować w zbyt wysokich temperaturach oraz – szczególnie w przypadku wilgotnych spalin – w temperaturach zbliżonych do punktu rosy. Ma to związek z faktem, że filtry mogą się zatykać, a ich czyszczenie i ponowne osuszanie może być trudne ze względu na reakcje zachodzące pomiędzy wodą a CaO, w wyniku których powstaje twarda skorupa. To znacznie zwiększa koszty konserwacji oraz elektryczności, a także wydłuża czas produkcji.

Zasadniczo, koszty funkcjonowania filtrów workowych są silnie powiązane z ilością elektryczności niezbędnej do przezwyciężenia spadków ciśnienia wspomnianych już wcześniej.

W tym zakresie, porównaj także tabela 4.7.

Zastosowanie

Filtry workowe służące do usuwania pyłu ze spalin mogą, zasadniczo, być stosowane we wszystkich sektorach ceramicznych, szczególnie podczas czynności generujących pył (odpylanie silosów do przechowywania surowców, podczas przygotowywania surowców, w tym także suszenia rozpyłowego, podczas formowania na sucho oraz suchej obróbki i szlifowania). Niekiedy skuteczne jest zastosowanie połączenia filtrami cyklonowymi (por. sekcja 4.2.3.1).

Czynniki skłaniające do zastosowania

- Wymagania prawne;
- Możliwe oszczędności surowców w porównaniu do innych rodzajów filtrów (np. mokrych separatorów pyłu).

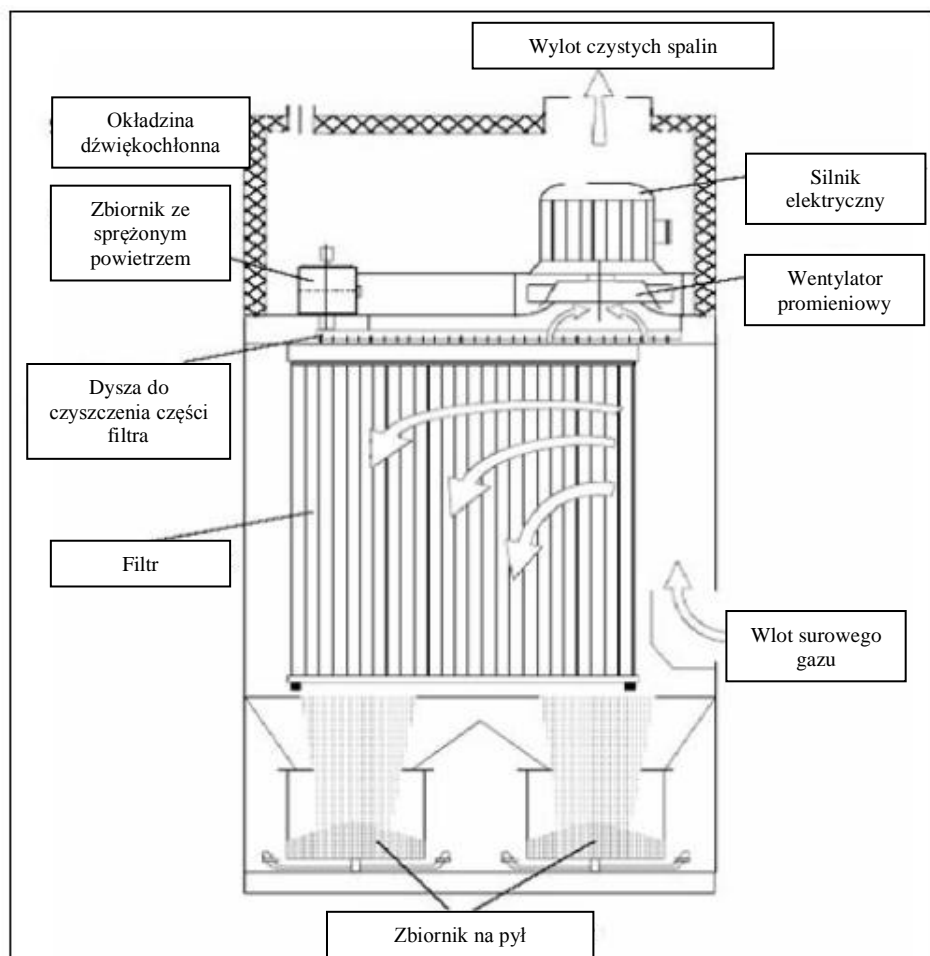
Przykładowe zakłady i literatura

Tondach Gleinstaetten AG, zakład produkujący cegły i dachówki, Austria [1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005]

4.2.3.3 Spiekane filtry lameloweOpis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Główne elementy filtra to sztywne środki filtrujące, które są przymocowane jako elementy kompaktowe w systemie filtracyjnym. Filtry składają się z części wykonanych ze spieczonego polietylenu pokrytego PTFE, co sprawia, że mają one twardą strukturę i są wodoodporne. Podstawową korzyścią płynącą z zastosowania tych nowoczesnych filtrów jest bardzo duża skuteczność usuwania pyłu ze spalin wraz z niewielkim spadkiem ciśnienia, a także bardzo wysoka odpornością na ścieranie, spowodowane przede wszystkim działaniem szorstkich cząstek ceramicznych.

Poniższy rysunek przedstawia schemat takiego sztywnego filtra lamelowego, oczyszczanego za pomocą strumienia impulsowego w systemie samoczyszczącym [4, UBA, 2001].



Rysunek 4.5: Schemat sztywnego spieczonego filtra lamelowego

Efekty krzyżowe

- Działanie spieczonych filtrów lamelowych wyposażonych w impulsowy system samoczyszczący może powodować emisję hałasu oraz dodatkowe zużycie energii;
- Podczas konserwacji może zwiększać się ilość odpadów.

Dane operacyjne

Dzięki zastosowaniu tego typu filtrów, możliwe jest osiągnięcie do 99,99 procent skuteczności przy stężeniach $<1 \text{ mg/m}^3$, a zatem możliwe jest wprowadzanie czystych gazów ponownie do procesu [4, UBA, 2001].

Zastosowanie

Zastosowanie spieczonych filtrów lamelowych umożliwia oddzielenia mokrego pyłu powstającego, na przykład, podczas glazurowania rozpyłowego. Takie systemy filtracyjne umożliwiają bezpośrednie zawracanie cząsteczek glazury, oddzielonych od spalin do komory rozpyłowej. Znajdująca się dalej komora spoczynkowa gwarantuje, że pył w systemie jest względnie suchy. W przypadku idealnym, odseparowane cząsteczki glazury tworzą w systemie filtrów obsypujący się proszek.

Ekonomia

Zwykle koszty inwestycyjne i operacyjne spieczonych filtrów lamelowych są znacznie wyższe, niż koszty filtrów workowych, choć możliwość wprowadzania oczyszczonych spalin ponownie do procesu pozwala zmniejszyć koszty energii, które mogłyby zostać wygenerowane, w przypadku, gdyby konieczne było ogrzanie dużych ilości świeżego powietrza, by zapewnić odpowiednią temperaturę w miejscu pracy.

Czynniki skłaniające do zastosowania

- Wymagania prawne;
- Wymagania związane z BHP w miejscu pracy;
- Oszczędność surowców;
- Oszczędność energii.

Przykładowe zakłady i literatura

Oesterreichische Sanitaer-, Keramik- und Porzellan-Industrie AG, zakład produkujący ceramikę sanitarną, Austria [1, BMLFUW, 2003], [4, UBA, 2001], [32, TWG Ceramics, 2006]

4.2.3.4 Mokre separatory pyłuOpis i osiągnięte korzyści środowiskowe

W przypadku mokrych separatorów pyłu, pył jest usuwany ze strumieni spalin za pomocą doprowadzenia do kontaktu strumienia gazu z płynem płuczającym (zwykle wodą), tak, aby cząsteczki pyłu zostały zatrzymane w płynie a następnie wypłukane. Mokre separatory pyłu mogą dzielić się na szereg rodzajów, w zależności od projektu oraz zasady funkcjonowania (na przykład *venturi*).

Efekty krzyżowe

Przy zastosowaniu mokrej techniki usuwania, zanieczyszczenia są przenoszone z powietrza do wody, a zatem niezbędne jest zastosowanie dodatkowej instalacji oczyszczającej mokre odpady (zawiesiny), a w związku z tym możliwe jest także generowanie dodatkowego zużycia energii.

Dane operacyjne

Odnotowano możliwość osiągnięcia stężeń czystych gazów na poziomie 20-50 mg/m^3 [1, BMLFUW, 2003], [4, UBA, 2001]. W tym zakresie zastosowanie ma także tabela 3.33.

Zastosowanie

Mokre separatory pyłu są szczególnie odpowiednie do redukcji emisji mokrych lub wilgotnych pyłów, w szczególności z procesu suszenia rozpyłowego, jeżeli stosuje się je wraz z cyklonami. Są one szczególnie skuteczne, jeżeli możliwe jest ponowne wykorzystanie wody płuczającej.

Ekonomia

W przypadku kosztów operacyjnych, konieczne jest uwzględnienie płynu płuczącego oraz oczyszczania ścieków procesowych. Zasadniczo, mniejsze instalacje kontrolujące strumienie spalin o niskich stężeniach będą znacznie bardziej kosztowne (na jednostkę przepływu), niż duże jednostki oczyszczające strumienie o dużych stężeniach zanieczyszczeń.

Czynniki skłaniające do zastosowania

Wymagania prawne.

Przykładowe zakłady i literatura

Oesterreichische Sanitaer-, Keramik- und Porzellan-Industrie AG, zakład produkujący ceramikę sanitarną, Austria [1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [4, UBA, 2001], [10, Navarro, 1998], [17, Burkart, 2004], [20, CERAME-UNIE, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [32, TWG Ceramics, 2006]

4.2.3.5 Elektrofiltry (ESP)Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

W elektrofiltrach, spaliny przechodzą przez komorę wyposażoną w dwie elektrody. Wysokie napięcie (do 100 kV) jest emitowane przez pierwszą elektrodę, która jonizuje spaliny. Wytworzone jony przywierają do cząsteczek pyłu w spalinach, co sprawia, że cząsteczki te zostają naładowane. Siły elektrostatyczne odpychają naładowane cząsteczki pyłu od pierwszej elektrody i przyciągają je do drugiej, na której się odkładają. W ten sposób cząsteczki pyłu zostają usunięte ze strumienia spalin.

Efekty krzyżowe

- Ryzyko eksplozji, szczególnie w przypadku suchych systemów ESP;
- Zwiększenie zużycia energii z uwagi na funkcjonowanie ESP (przy niższym spadku ciśnienia w porównaniu do innych systemów filtracji, co może prowadzić do obniżenia zużycia energii elektrycznej wentylatorów);
- Podczas konserwacji może zwiększać się ilość odpadów.

Dane operacyjne i ekonomia

Poniższa tabela 4.5 wymienia typowe dane operacyjne oraz koszty związane z elektrofiltrami [3, CERAME-UNIE, 2003], [23 TWG Ceramics, 2005], [26, UBA, 2005], [28, Schorcht, 2005].

Objętość gazu	do 100000 m ³ /h
Prędkość gazu	0,5-3 m/s
Obciążenie surowych gazów pyłem	do 100 g/m ³
Obciążenie czystych gazów pyłem	5-50 mg/m ³
Temperatura działania	do 450 °C
Napięcie	10 – 100 kVh
Zużycie energii	0,05-2 kWh/1000m ³
Koszty inwestycyjne	1-3 mln EUR
Koszty operacyjne	0,1-0,2 EUR/t

Tabela 4.4: Dane na temat kosztów inwestycyjnych i operacyjnych dla elektrofiltrów

W tym zakresie zastosowanie ma także tabela 4.7.

Podczas instalowania elektrofiltrów trzeba uwzględnić relatywnie wysokie koszty konserwacji.

Odnotowano stężenia czystych gazów na poziomie poniżej 50 mg/m³ w procesie produkcji keramzytu w piecach obrotowych wyposażonych w elektrofiltry (por. sekcja 3.3.4.1) [17, Burkart, 2004].

Zastosowanie

Elektrofiltry są stosowane w przemyśle ceramicznym przede wszystkim do produkcji keramzytu i umieszczane są za piecami obrotowymi i urządzeniami służącymi do szlifowania na sucho, w których znaczne strumienie muszą zostać poddane działaniu wysokiej temperatury przy relatywnie wysokiej niezawodności operacyjnej.

Czynniki skłaniające do zastosowania

- Wymagania prawne;
- Oszczędność surowców.

Przykładowe zakłady i literatura

Plant Hallerndorf-Pautzfeld, Niemcy (producent keramzytu), Plant Lamstedt, Niemcy (producent keramzytu) [26, UBA, 2005], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [28, Schorcht, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005]

4.3 Związki lotne

4.3.1 Redukcja zawartości prekursorów zanieczyszczeń

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe**Tlenki siarki**

- Zastosowanie surowców oraz dodatków o niskiej zawartości siarki może znacząco zmniejszyć emisje SO_x ;
- W przypadku surowców bogatych w siarkę, dodatek niskosiarkowych dodatków (np. piasku) lub niskosiarkowych glin ogranicza emisje SO_x w wyniku efektu rozmycia;
- Zastosowanie paliw o niskiej zawartości siarki, takich jak gaz ziemny lub LPG, prowadzi do znacznego ograniczenia emisji emisji SO_x .

Tlenki azotu

- Ograniczenie zawartości azotu w surowcach oraz dodatkach może spowodować zmniejszenie emisji NO_x .

Nieorganiczne związki chloru

- Zastosowanie surowców oraz dodatków o niskiej zawartości chloru może znacząco obniżyć emisje chloru.

Nieorganiczne związki fluoru

- Zastosowanie surowców oraz dodatków o niskiej zawartości fluoru może znacząco obniżyć emisje fluoru;
- W przypadku surowców o dużej zawartości fluoru, zastosowanie dodatków (np. piasku) lub gliny o niskiej zawartości fluoru obniża emisje fluoru dzięki efektowi rozmycia.

Lotne związki organiczne (LZO)

Zmniejszenie zawartości substancji organicznych w surowcach, dodatkach, czynnikach wiążących, etc. może zmniejszać emisje LZO. Na przykład, dodatki organiczne, takie jak trociny i polistyren są dodawane do mieszanki surowców przede wszystkim podczas produkcji wyrobów porowatych. Jednak, takie związki organiczne powodują powstawanie emisji LZO (w tym zakresie zastosowanie ma także tabela 3.4 dotycząca wartości surowych gazów z procesu produkcji cegieł, z podziałem na różne czynniki formujące pory). Zasadniczo, można uniknąć powstawania emisji LZO, zamieniając dodatki formujące pory na nieorganiczne, np. perlit (szklisty materiał wulkaniczny zawierający 3 do 4% wody. Podczas podgrzewania (800 do 1100°C) materiał rozszerza się, ze względu na tworzące się wewnątrz bąbelki pary, do rozmiarów przekraczających 15-20 pierwotne wymiary).

Efekty krzyżowe

Zmniejszenie zawartości związków organicznych w surowcach może zwiększać zużycie energii podczas procesu wypalania.

Dane operacyjne i zastosowanie

Zmniejszenie zawartości prekursorów zanieczyszczeń jest metodą preferowaną podczas ograniczania zawartości zanieczyszczeń w spalinach pochodzących z pieca, ponieważ problem jest rozwiązywany u

jego źródła, niemniej jednak postępowanie zgodne z określonymi ograniczeniami może w praktyce okazać się trudne. W związku z tym, wykorzystanie surowców oraz dodatków o niskiej zawartości prekursorów zanieczyszczeń może zasadniczo być wykorzystywane we wszystkich sektorach ceramicznych. Jednak, przed ich zastosowaniem, pod uwagę należy wziąć dostępność w konkretnych przypadkach, a także potencjalne trudności związane z jakością produktów (np. w zakresie wytrzymałości kolorów na ściskanie i odporności na niskie temperatury). Konieczne jest też przeprowadzenie szczegółowych badań mieszanki surowców.

Na przykład, nieorganiczne dodatki tworzące pory powodują trudności techniczne, ponieważ substancje te mają tendencję do rozszerzania się zbyt gwałtownie i zbyt nagle, w związku z czym tworzenie się porów staje się trudne do kontrolowania, a jakość produktów spada. W konsekwencji, zamiana organicznych na nieorganiczne substancje formujące pory może nie być możliwe w praktyce. Istnieje jeden znany zakład produkujący cegły we Flandrii, który stosuje perlit jako dodatek. Jednak perli ten jest już w postaci rozszerzonej i oszlifowanej stosowanej do zubażania gliny Booma, raczej niż jako czynnik formujący pory.

W przypadku produkcji keramzytu, ograniczenie LZO nie jest możliwe, ponieważ LZO są stosowane do tworzenia porów.

Ponadto, zawartość zanieczyszczeń w surowcach jest znaczącym, ale nie zawsze decydującym o emisji zanieczyszczeń podczas wypalania czynnikiem, ponieważ emisje te zależą d szeregu czynników, na przykład od parametrów procesu wypalania. W związku z tym, 50% spadek zawartości zanieczyszczeń w surowcach nie zawsze oznacza taką samą redukcję emisji zanieczyszczeń, zwłaszcza, że doświadczenie wykazało korelację pomiędzy zawartością fluoru w glinie a stężeniem emisji HF.

W kontekście trudności powodowanych przez zawartość siarki, trzeba zauważyć, że wykorzystanie kopalni znajdujących się w pobliżu zakładu ogranicza możliwości wyboru surowców o niskiej zawartości siarki (por. także „Ekonomia”).

Ekonomia

W przypadku firm, które posiadają złoża materiału o dużej zawartości siarki, zastosowanie lub domieszanie surowców o niskiej zawartości siarki oznacza konieczność dostarczania materiału wydobywanego przez inne firmy w innych lokalizacjach. To pociąga za sobą znaczne, w porównaniu z korzystaniem z surowców z własnych złóż, koszty dodatkowe, generowane z jednej strony przed dodatkowy transport (w 1998 r. oszacowane na 0,05 EUR/t/km) oraz z drugiej strony zwiększone koszty wydobycia (w 1998 r. oszacowane na 2,5 EUR/t), które będą musiały zostać poniesione na rzecz stron trzecich [2, VITO, 2003]. Minimalizacja zawartości związków organicznych w surowcach może także zwiększać koszty z uwagi na możliwe większe odległości, na które trzeba transportować materiał od dostawców do zakładu.

Działania związane z dodatkiem niskosiarkowych dodatków do gliny zawierającej wapń (por. także sekcja 4.3.2) może wiązać się ze znacznymi kosztami inwestycyjnymi (do 850000 EUR), np. z uwagi na konieczność zapewnienia dodatkowej powierzchni magazynowej lub modyfikacji urządzeń wykorzystywanych do przygotowania surowców, formowania oraz suszenia. Może się także wiązać z dodatkowymi kosztami operacyjnymi oraz kosztami dodatkowych materiałów.

Czynniki skłaniające do zastosowania

- Wymagania prawne;
- Uniknięcie stosowania kosztowych technik redukujących „na końcu rury”.

Przykładowe zakłady i literatura

[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005]

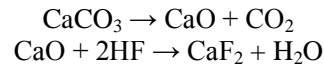
4.3.2 Dodatki bogate w wapń

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Dodawanie wapienia lub kredy do czerepów ceramicznych powoduje rozcieńczanie, ale dodatki bogate w wapień reagują także w relatywnie niskich temperaturach (700-850°C) z surowcami zawierającymi fluor i

chlor oraz z tlenkami siarki powstającymi podczas wypalania surowców zawierających siarkę, zatrzymując fluor, chlor i siarkę w wypalanych czerepach.

Poniższa reakcja służy do utrwalenia fluoru poprzez tworzenie stabilnego fluorku wapnia i może znacząco obniżyć emisję HF.



Podobna reakcja służy także do utrwalenia chloru i SO_x w czerepach ceramicznych i może znacząco obniżać emisję HCl i SO_x .

Jednak stężenie HF, HCl oraz SO_x w spalin nie jest koniecznie związane z zawartością CaO w surowcach, ponieważ doświadczenia pokazują, że nawet drobne węglany lub CaO obecne w produktach glinianych podczas procesu wypalania mogą mieć niewielki lub żaden wpływ na poziom emisji HF, HCl oraz SO_2/SO_3 . Powstają one przede wszystkim ze względu na wysokie temperatury wypalania wewnątrz pieca, powodując dekompozycję CaSO_4 , CaCl i CaF_2 . W temperaturze około 850°C CaF_2 zaczyna się rozkładać. W wysokiej temperaturze (powyżej 900°C) CaO wchodzi także w reakcję z krzemianami formując krzemian wapnia, ograniczając jednocześnie ilość dostępnego CaO.

Efekty krzyżowe

Dodawanie dodatków o dużej zawartości wapnia może zwiększać zużycie energii podczas wypalania, ze względu występowanie reakcji endotermicznych w piecu oraz dłuższy czas wypalania. Ponadto, dodawanie dodatków o dużej zawartości węglanu wapnia zwiększa emisję CO_2 .

Dane operacyjne i zastosowanie

Dodatki bogate w wapń mogą powodować ograniczenie emisji fluoru o 10-75% (w zależności od surowców i szczytowej temperatury wypalania), ale ich dodatek może wpływać na jakość produktów końcowych. W związku z tym, metody te nie mogą być stosowane w praktyce bez ograniczeń [4, UBA, 2001].

Głównym sektorem, w którym metoda znajduje zastosowanie jest produkcja cegieł, o ile właściwości techniczne produktu końcowego mogą zostać zapewnione. W przemyśle produkującym wyroby ogniotrwale technika ta nie jest powszechna. Poniżej wymieniono aspekty związane z jakością, na które wpływ ma dodatek wapnia:

- Kolor: zwiększenie dodatku wapnia powoduje zmianę odcieni kolorów na jaśniejsze (bardziej żółte). Niewielkie odbarwienia są dopuszczalne podczas produkcji cegieł służących do budowy ścian wewnętrznych, ale odbarwienia takie mogą powodować trudności ze sprzedażą w przypadku produkcji cegieł elewacyjnych, a zatem nie jest możliwe zastosowanie tych dodatków do mas służących do wyrobu każdego rodzaju cegieł. Dodatek Fe_2O_3 może częściowo zrównoważyć żółte zabarwienie.
- Stężenie rozpuszczalnych w wodzie siarczanów: zwiększa się wraz ze wzrostem ilości dodanego CaCO_3 . Rozpuszczalne w wodzie siarczany są częściową przyczyną problemów z wykwitami na ceglach.
- Siła nacisku: dodatek węglanu wapnia może mieć zarówno lekko pozytywny, jak i lekko negatywny wpływ na siłę nacisku.
- Kurczliwość: dodatek kredy ma względnie nieprzewidywalny wpływ na kurczliwość produktów podczas suszenia i wypalania.
- Absorpcja wody: spontaniczna absorpcja wody zwiększa się wraz ze wzrostem ilości dodanego CaCO_3 , co powoduje także wzrost współczynnika saturacji. To powoduje zmniejszenie wytrzymałości na niskie temperatury cegieł i zwiększa prawdopodobieństwo wykwitów. Jest to akceptowalne bardziej w przypadku cegieł wewnętrznych, niż w przypadku cegieł elewacyjnych.
- Keramzyt mogą zawierać maksymalnie 3% CaO, w innym przypadku wytrzymałość granulek jest znacznie mniejsza, a ponadto powyżej 5% rozszerzenie osłabia się z uwagi na dodatkowe topnienie [2, VITO, 2003].

Ekonomia

Zwiększone emisje CO₂, spowodowane wykorzystaniem dodatków o dużej zawartości węgla wapnia, może powodować zwiększenie kosztów z uwagi na wymagania prawne (np. handel emisjami). Ponadto, zmiany kurczliwości produktów ceramicznych może wpływać na proces obróbki mechanicznej podczas produkcji.

Działania związane z dodatkiem niskosiarkowych dodatków do gliny zawierającej wapń (por. także sekcja 4.3.2) może wiązać się ze znacznymi kosztami inwestycyjnymi (do 850000 EUR), np. z uwagi na konieczność zapewnienia dodatkowej powierzchni magazynowej lub modyfikacji urządzeń wykorzystywanych do przygotowania surowców, formowania oraz suszenia. Może się także wiązać z dodatkowymi kosztami operacyjnymi oraz kosztami dodatkowych materiałów.

Czynniki skłaniające do zastosowania

- Wymagania prawne;
- Uniknięcie stosowania kosztowych technik redukujących „na końcu rury”.

Przykładowe zakłady i literatura

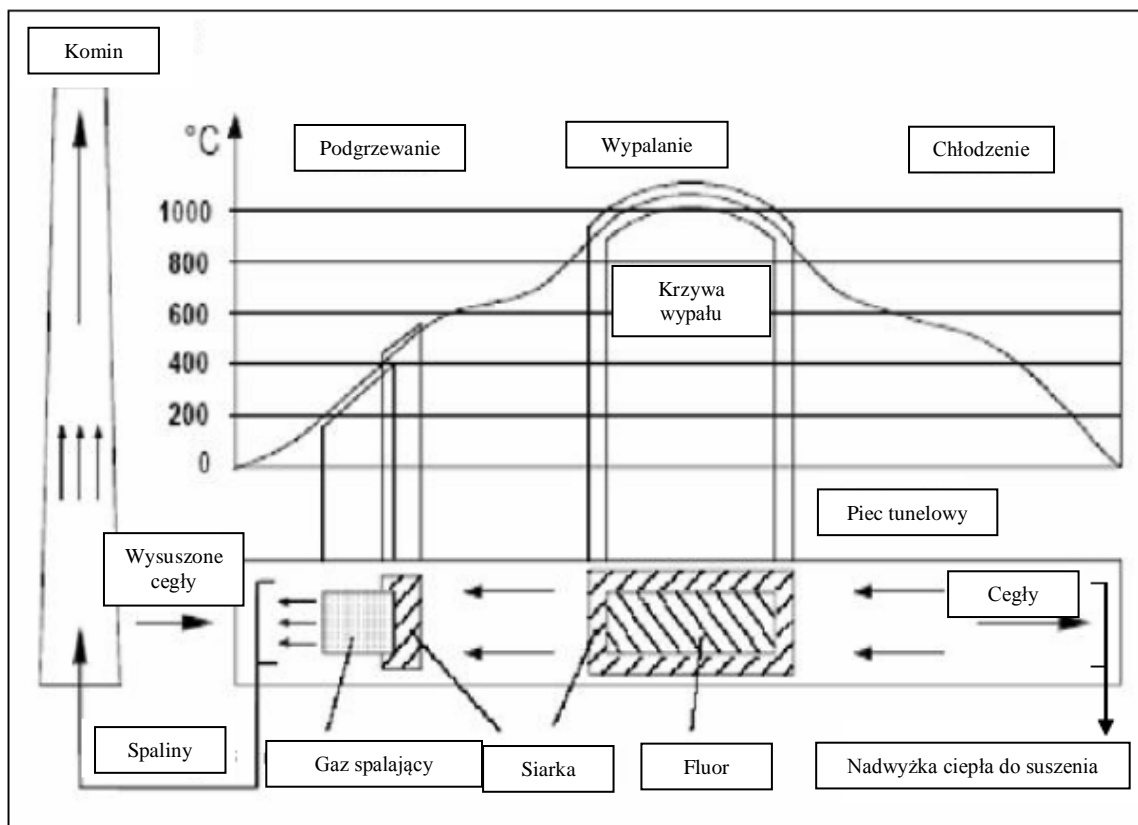
[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005]

4.3.3 Optymalizacja procesu**4.3.3.1 Optymalizacja krzywej cieplnej**Opis, osiągnięte korzyści środowiskowe oraz dane operacyjne

Ilość ciepła oraz poziom temperatury wypalania może wpływać na emisje SO_x i HF:

- Redukcja ilości ciepła w najniższych zakresach temperatury (do 400°C) wspiera resorpcję HF oraz tworzenie się CaF₂, co powoduje zmniejszenie emisji HF. Podobny efekt można osiągnąć w przypadku emisji SO_x. Zwykle tworzą się one w wyniku utleniania pirytu i/lub dysocjacji siarczanu wapnia zawartego w czerepach.
- Zwiększenie ilości ciepła w zakresie temperatury od 400°C do temperatury wypału powoduje szybsze osiągnięcie temperatury spiekania, a w konsekwencji emisje zostają ograniczone w wyniku dyfuzji i ilość emisji spada.
- Wysokość temperatury wypalania wpływa na rozkład siarczanów. Im niższa temperatura wypalania, tym w mniejszym stopniu zachodzi dekompozycja, a zatem tym niższe są emisje SO_x. Zmniejszenie temperatury wypalania można także osiągnąć dodając do mieszanki surowców topniki.
- Przyspieszony cykl wypalania zasadniczo skutkuje zmniejszeniem emisji fluoru. Właściwości surowców wpływają na uwalnianie fluoru, niemniej jednak w przypadku wszystkich wyrobów ceramicznych kluczowe jest wypalanie w temperaturze powyżej 800°C.
- Kontrola poziomu tlenu w procesie wypalania maksymalizuje skuteczność wypalania.

Na poniższym rysunku zaprezentowano zakresy temperatur przykładowej krzywej temperaturowej dla uwalniania zanieczyszczeń podczas wypalania cegieł [4, UBA, 2001], [30, TWG Ceramics, 2005].



Rysunek 4.6: Zakresy temperatury krzywej temperaturowej dla uwalniania zanieczyszczeń podczas wypalania cegieł

Efekty krzyżowe

Brak.

Zastosowanie i ekonomia

Optymalizacja krzywej cieplnej/kontrola procesu może być stosowana we wszystkich sektorach ceramicznych, choć trzeba wziąć pod uwagę, że w praktyce, krzywe cieplnej dla przemysłu przetwórstwa gliny są optymalizowane w zgodzie z jakością produktu i zużyciem energii. W związku z tym, krzywe cieplne mogą zostać zmienione wyłącznie w przypadku, gdy techniczne właściwości produktu końcowego pozwalają na to. Dodatkowo, trzeba także wziąć pod uwagę dodatkowe koszty związane ze zmianą krzywej cieplnej z uwagi na emisje.

Czynniki skłaniające do zastosowania

- Wymagania prawne;
- Uniknięcie kosztownych technik redukcyjnych „na końcu rury”;
- Wydajna energetycznie praca pieców.

Przykładowe zakłady i literatura

[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005]

4.3.3.2 Ograniczenie zawartości pary wodnej w spalinach z pieca

Opis, osiągnięte korzyści środowiskowe oraz dane operacyjne

Zmniejszenie zawartości pary wodnej w spalinach z pieca zwykle skutkuje zmniejszeniem emisji fluoru, ponieważ podstawowym mechanizmem uwalniania fluoru z minerałów ilastych jest pirohydroлиза. Reakcja ta zachodzi w temperaturze od 800°C.

Efekty krzyżowe, zastosowanie i ekonomia

Podczas badań laboratoryjnych ustalono, że zmniejszenie zawartości wody w atmosferze pieca skutkowało zmniejszeniem emisji HF, a także SO_x . W praktyce, ograniczenie zawartości wody w atmosferze pieca może być technicznie skomplikowane, biorąc pod uwagę, że podczas spalania paliw kopalnych służących do ogrzewania pieca generowana jest woda. Można uniknąć wytwarzania tej wody stosując pośrednie ogrzewanie pieca, na przykład za pomocą ogrzewanego gazem promiennika rurowego [5, InfoMil, 2003] lub elektryczności, ale wymagałoby to zasadniczej zmiany projektu pieca i pociągałoby za sobą znaczne zwiększenie zużycia energii.

Zasadniczo, w całej Europie, w przypadku produkcji cegieł i dachówek, rur kamionkowych, wyrobów ogniotrwałych oraz keramzytu, opłacalne jest stosowanie jedynie pieców opalanych paliwami kopalnymi. W związku z tym zastosowanie pieców elektrycznych lub ogrzewanych pośrednio nie jest raczej możliwe w tych sektorach (ogrzewanie elektryczne jest wykorzystywane jedynie do krótkich serii specjalnych produktów ogniotrwałych). Niemniej jednak, w sektorach produkujących płytki ścienne i podłogowe, zastawę stołową i elementy dekoracyjne, ceramikę sanitarną i techniczną oraz nieorganiczne ścierniwa spoiste, ograniczenie zawartości pary wodnej w piecu dzięki zastosowaniu ogrzewania elektrycznego (podczas produkcji niektórych rodzajów ceramiki technicznej niekiedy stosuje się piece elektryczne) lub pieców ogrzewanych pośrednio za pomocą promienników rurowych [5, InfoMil, 2003] (piece wahadłowe lub małe piece z paleniskiem rolkowym mogą zasadniczo być wyposażone w takie palniki w przypadku produkcji na mniejszą skalę), ma bardziej uzasadnione potencjalne zastosowanie.

Czynniki skłaniające do zastosowania

- Wymagania prawne;
- Uniknięcie kosztownych technik redukcyjnych „na końcu rury”.

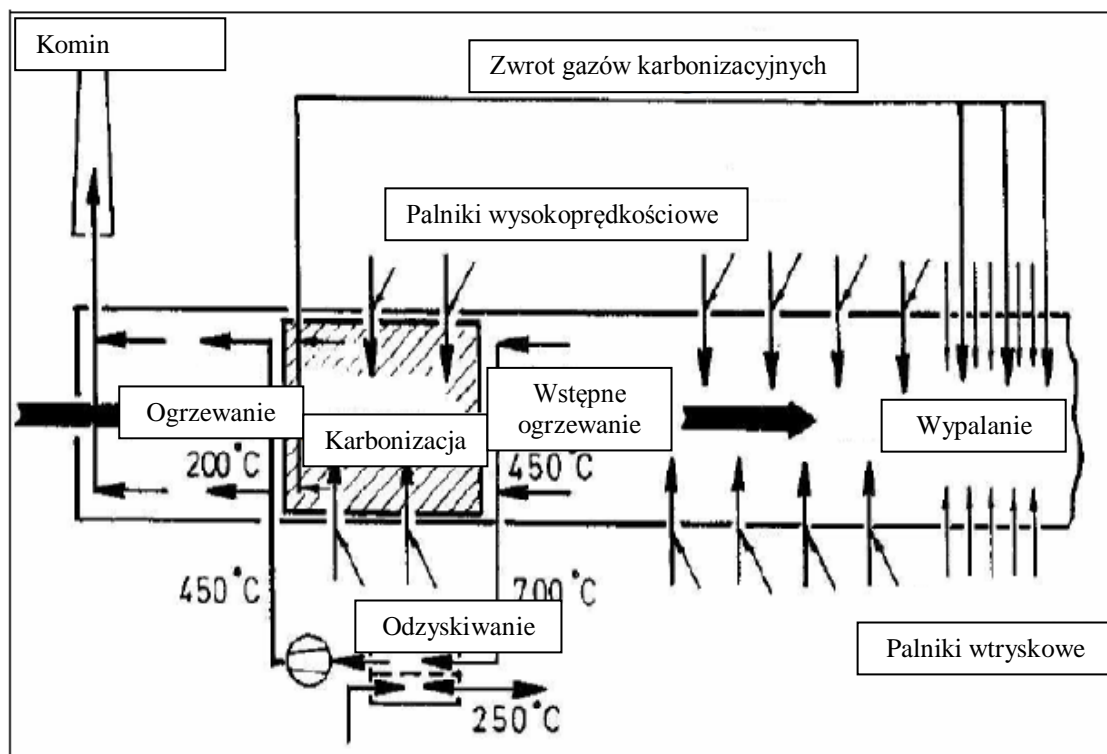
Przykładowe zakłady i literatura

[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [5, InfoMil, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005]

4.3.3.3 Wewnętrzne spalanie gazów karbonizacyjnych

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Emisje LZO zachodzące w strefie ogrzewania pieca w wyniku rozkładu i niepełnego spalania substancji organicznych zawartych w mieszance surowców (znanych jako gazy karbonizacyjne) mogą być spalane w piecu, pod warunkiem, że piec został odpowiednio zmodyfikowany. Wewnętrzne spalanie można przeprowadzić kierując gazy karbonizacyjne ze strefy ogrzewania z tyłu pieca do strefy spalania, gdzie zostają one spalane w wyniku panującej tam wyższej temperatury. Aby osiągnąć ten efekt, strefa w piecu, w której występują emisje LZO (zwana strefą karbonizacji) musi zostać specjalnie oddzielona od reszty pieca. Można to osiągnąć instalując jedno lub więcej drzwi przesuwnych w piecu lub za pomocą specjalnego systemu ekstrakcji gazów karbonizacyjnych. Dzięki zastosowaniu tej techniki można znacznie zmniejszyć emisje nie tylko LZO, ale też CO. Poniższy rysunek pokazuje schemat wewnętrznego spalania gazów karbonizacyjnych [4, UBA, 2001], [30, TWG Ceramics, 2005].



Rysunek 4.7: Schemat wewnętrznego spalania gazów karbonizacyjnych

Efekty krzyżowe

Gazy karbonizacyjne wewnątrz pieca mogą zwiększać ogólne zużycie energii, szczególnie w przypadku, gdy wykonuje się dodatkowe wypalanie za pomocą (szybkich) palników w celu spalania gazów karbonizacyjnych pochodzących ze strefy ogrzewania.

Dane operacyjne i zastosowanie

Systemy służące do wewnętrznego spalania gazów karbonizacyjnych są już używane w Niemczech, szczególnie w kilkudziesięciu zakładach produkujących cegły. Systemy te umożliwiają znaczne obniżenie emisji LZO, ale ich praktyczną wadą jest to, że często zakłócają one normalną pracę pieca i w związku z tym są trudne do kontrolowania. Na przykład, w systemach wykorzystujących drzwi przesuwne w piecu, problem stanowią wymiary tych drzwi. Zakłócenie termicznego dopalania wewnątrz pieca przy zastosowaniu pieca tunelowego jako prostego przeciwbieżnego wymiennika ciepła, często prowadzi do trudności w pracy pieca lub do wyższych kosztów operacyjnych. Prawdopodobnie jest to powód, dla którego systemy zewnętrznego spalania gazów karbonizacyjnych są bardziej popularne, szczególnie w nowych zakładach otwieranych w ostatnich latach.

Technika ta nie może być stosowana do produkcji keramzytu, ponieważ połączenie suszenia i wypalania powoduje wytwarzanie gazów o dużej zawartości wody.

Stosując tę technikę, można uzyskać czyste gazy o stężeniu węgla całkowitego na poziomie około $15 \text{ mg C-całkowitego/m}^3$, w przypadku surowych gazów na poziomie $250 \text{ mg C-całkowitego/m}^3$ [4, UBA, 2001].

Ekonomia

Wewnątrz spalanie gazów karbonizacyjnych jest, z uwagi na skomplikowanie technik wypalania oraz kontroli, relatywnie kosztowną techniką pod względem kosztów konserwacji.

W tym zakresie zastosowanie ma także tabela 4.7.

Czynniki skłaniające do zastosowania

- Wymagania prawne;
- Uniknięcie kosztownych technik redukcyjnych „na końcu rury”.

Przykładowe zakłady i literatura

[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005]

4.3.3.4 Palniki o niskiej emisji NO_xOpis, osiągnięte korzyści środowiskowe i dane operacyjne

Emisje tlenków azotu powstają podczas wypalania wyrobów ceramicznych, np. ogniotrwałych, w temperaturze powyżej 1300°C. Emisje te mogą zostać ograniczone za pomocą specjalnych palników o niskiej emisji NO_x. Palniki te są użyteczne do redukcji temperatury płomienia, a tym samym do ograniczania termicznego oraz (do pewnego stopnia) pochodzącego z paliw NO_x. Redukcja NO_x jest osiągana za pomocą dostarczania powietrza obniżającego temperaturę płomienia lub zastosowanie palników pulsacyjnych.

Efekty krzyżowe

Brak.

Zastosowanie

Możliwość zastosowania oraz skuteczność palników o niskiej emisji NO_x zależy od kilku czynników, takich jak ostateczna temperatura wypalania. Odnotowano nieskuteczność tej techniki w niektórych przypadkach wypalania w temperaturze powyżej 1400°C. W tym zakresie użyteczne informacje można znaleźć w dokumencie BREF dotyczącym produkcji szkła, w którym omówiono palniki o niskiej emisji NO_x. Zastosowanie tych palników może być także ograniczone z uwagi na wymagania dotyczące jakości produktu końcowego [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

Czynniki skłaniające do zastosowania

Wymagania prawne.

Przykładowe zakłady i literatura

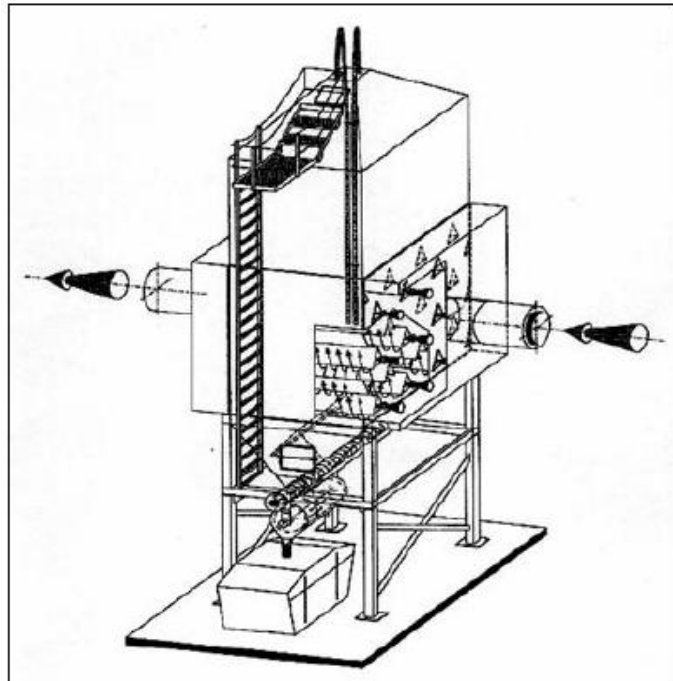
[1, BMLFUW, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005]

4.3.4 Instalacje sorpcyjne (adsorbery, absorbery)

W tym zakresie użyteczne informacje można znaleźć także w dokumencie BREF dotyczącym oczyszczania ścieków i gazów/systemów zarządzania w sektorze chemicznym.

4.3.4.1 Adsorbery kaskadowe ze stałym złożemOpis i osiągnięte korzyści środowiskowe

W kaskadowych adsorberach ze stałym złożem, reakcja pomiędzy adsorbentem, zwykle węglanem wapnia (CaCO₃, wapień) a zanieczyszczeniami (przede wszystkim HF, SO_x i HCl) zawartymi w spalinach, zachodzi w komorze, w której adsorbent ścieka pod wpływem grawitacji, a przez którą spaliny przechodzą przeciwnym lub krzyżowym strumieniem. Aby osiągnąć odpowiedni czas reakcji oraz strefę kontaktu, w komorze znajdują się przegrody. Przegrody zmniejszają prędkość opadania adsorbenta i zapewniają skuteczny obieg i rozkład spalin w urządzeniu. Zużyty węglan wapnia jest zbierany na dnie instalacji. Takie adsorbery mogą pracować w przypadku gazów o temperaturze do 500°C bez uprzedniego ich schładzania, a zatem są bardzo skuteczne w ograniczaniu emisji HF, SO_x i HCl ze spalin pochodzących z pieca. Przykładowy adsorber krzyżowy przedstawiono na poniższym rysunku [4, UBA, 2001].



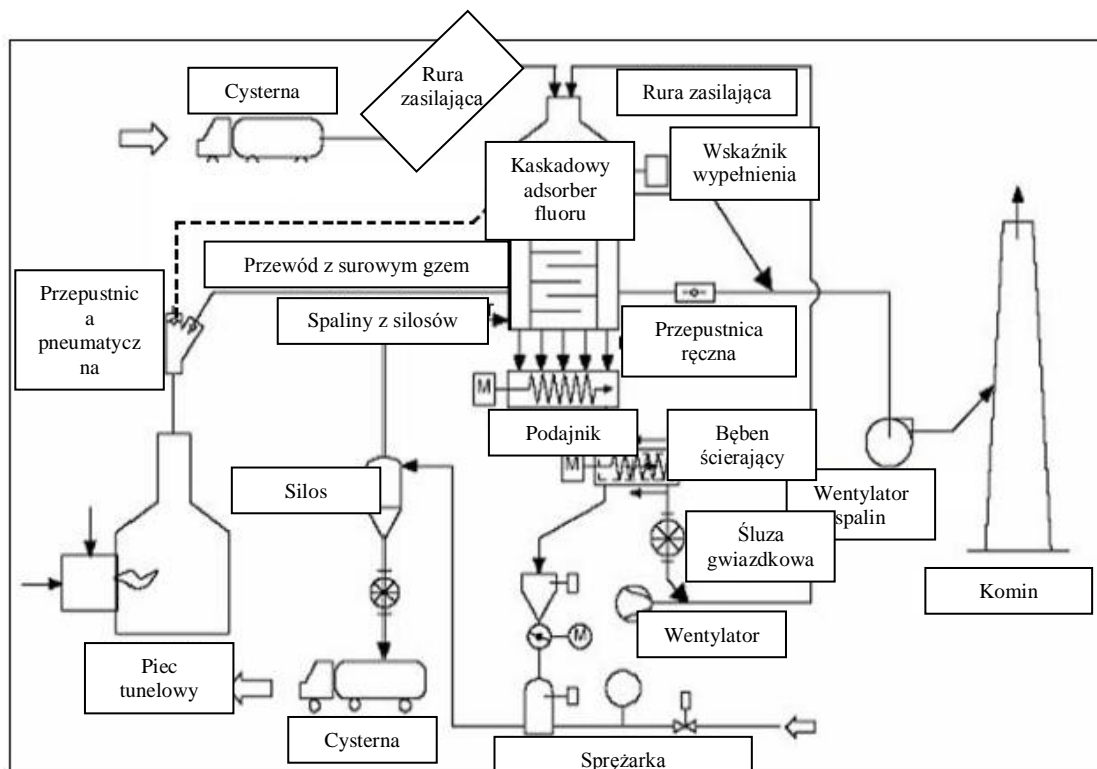
Rysunek 4.8: Przykład krzyżowego adsorbera kaskadowego

Węgiel wapnia jest stosowany w postaci granulek o średnicy ziarna 4-6 mm, które muszą spełniać określone wymagania dotyczące wielkości, składu i porowatości, aby osiągnąć maksymalną skuteczność oczyszczania. Oprócz zwyczajnego węgla wapnia jako adsorbentów można używać zmodyfikowanego węgla wapnia, składającego się z mieszaniny węgla wapnia/wodorotlenku wapnia ($\text{CaCO}_3/\text{Ca}(\text{OH})_2$). Z uwagi na zwiększoną porowatość i wyższą zawartość wodorotlenku wapnia, wykazuje ona większe powinowactwo do kwaśnych gazów.

Ponieważ adsorpcja HF , SO_x oraz HCl odbywa się przeważnie na zewnątrz granulek węgla wapnia, skuteczność adsorpcji granulek jest bardzo niska. Aby zwiększyć skuteczność adsorpcji przy zastosowaniu niezmodyfikowanego węgla wapnia, można zastosować technikę peelingu, w której miękka, zewnętrzna powłoka zużytych granulek, zawierająca fluorek wapnia, siarczek wapnia, siarczan wapnia lub chlorek wapnia, jest mechanicznie usuwana. Pozostałe granulki mogą być ponownie wykorzystane jako adsorbent, o ile ich wielkość jest wystarczająco duża, tak, aby zminimalizować ilość odpadów (w postaci oderwanego nasyconego wapienia).

W przypadku zmodyfikowanych granulek, większe powinowactwo do kwaśnych gazów jest osiągane za pomocą poprawy jakości powierzchni, a zatem nie mogą one być ścierane do ponownego użytku, tak jak jest to możliwe w przypadku niezmodyfikowanego węgla wapnia.

Poniższy rysunek przedstawia schemat procesu adsorbera kaskadowego ze stałym złożem i bębniem ścierającym. Starty czynnik sorpcyjny jest ponownie automatycznie wprowadzany do silosów. Ilość odpadów zostaje zredukowana do 50% dzięki zastosowaniu tej techniki [4, UBA, 2001].



Rysunek 4.9: Schemat procesu kaskadowego adsorbera ze stałym złożem i bębna ścierającym

Granulat wapienny, nasycony zanieczyszczeniami jest wprowadzany do bębna ścierającego za pomocą podajnika ślimakowego. Zewnętrzna powierzchnia, nasycona zanieczyszczeniami jest usuwana wraz z drobnymi granulkami o średnicy $< 2,5$ mm. Taki zanieczyszczony materiał jest odprowadzany do zbiorników na ciężarówkach. Powierzchnia pozostałych granulek o średnicy $> 2,5$ mm znów staje się reaktywna. Granulki z recyklingu są ponownie wprowadzane do silosów adsorbera przez śluzę gwiazdkową i rurę zasilającą. Adsorber, piec ścierający i rura zasilająca łączą się w zamknięty system. Ścieranie i zasilanie odbywa się w sposób automatyczny i ciągły.

Efekty krzyżowe

- Większe zużycie adsorberów;
- Duża ilość odpadów (ze względu na relatywnie dużą ilość adsorbentów);
- Granulki węgla wapnia wchodzi w reakcję z kwaśnymi składnikami spalin tworząc CO_2 ;
- Zwiększenie zużycia energii ze względu na działanie adsorbera (w szczególności by zrównoważyć spadek ciśnienia);
- Zwiększone emisje pyłu są rezultatem zwiększenia obciążenia pyłem w wyniku zastosowania granulek węgla wapnia, szczególnie w przypadku zastosowania bębna ścierającego;
- Możliwe emisje hałasu.

Dane operacyjne

Niemodyfikowane granulki węgla wapnia, najlepiej miększe rodzaje węgla wapnia, są szczególnie odpowiednie do usuwania HF oraz SO_3 . W przypadku tych związków, granulki osiągają skuteczności oczyszczania, odpowiednio, powyżej 90% (do 99%) i 80%. Jednak zwykły węgiel wapnia nie jest odpowiedni do usuwania SO_2 , ponieważ tlenek ten jest mniej reaktywny w porównaniu z HF i SO_3 i umożliwia osiągnięcie skuteczności czyszczenia rzędu 20%. W przypadku HCl skuteczność oczyszczania niemodyfikowanego węgla wapnia wynosi około 50% [2, VITO, 2003], [4, UBA, 2001], [30, TWG Ceramics, 2005].

Modyfikowany węglan wapnia jest bardziej odpowiedni do usuwania SO_2 , a także pozwala osiągnąć nieco lepszą skuteczność w przypadku usuwania HF i SO_3 . W przypadku modyfikowanego węglanu wapnia, można osiągnąć skuteczność oczyszczania do 99% dla HF, do 85% dla SO_3 , od 30 do 85% dla SO_2 dla stężenia surowych gazów do $1500 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ oraz skuteczność powyżej 50% dla HCl. Skuteczność czyszczenia dla tych systemów wynosi do 100% wychwytywania zawiesin cząstek stałych (por. także sekcja 4.3.6) [4, UBA, 2001], [30, TWG Ceramics, 2005].

Spaliny o zawartości około $2500 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$ mogą, w zależności od okoliczności – na przykład w przypadku zastosowania czterech adsorberów (przeciwbieżnych ze stałym złożem przy zastosowaniu modyfikowanego węglanu wapnia) skierowanych w dół – być odpowiednio filtrowane, by osiągnąć czyste gazy na poziomie poniżej $500 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$. Możliwe jest także uzyskanie wydajności na poziomie 85% SO_2 dla bardzo zanieczyszczonych surowych gazów [4, UBA, 2001] podczas gdy przy zastosowaniu jednego adsorbenta skuteczność oczyszczania SO_2 spada do około 30% [2, VITO, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005].

W tym zakresie zastosowanie ma także tabela 3.2 dotyczące rozkładu uwalnianego chloru, tabele 3.6, 3.7, 3.8 oraz 3.9 dotyczące emisji podczas produkcji cegieł i dachówek oraz tabela 3.43 dotycząca emisji z procesu produkcji ceramiki sanitarnej przy zastosowaniu systemu adsorberów ze stałym złożem [2, VITO, 2003].

Zastosowanie

Technika ta może być stosowana w różnych sektorach ceramicznych, ale trzeba wziąć pod uwagę ilość miejsca zajmowanego przez system, a także brak elastyczności kontroli oraz zastosowania innych adsorbentów. Pod uwagę należy wziąć także inne uwarunkowania, takie jak stężenia HF i SO_x w surowych gazach, zakres produktów glinianych, działanie pieca, jego wielkość, wydajność, niezbędna maksymalna temperatura wypalania, ilość spalin i ich temperatura, całkowita ilość pyłu z adsorbenta, wymagania związane z filtrem, możliwość ponownego wykorzystania, recykling lub utylizacja dużych ilości odpadów z adsorbenta, dostępność odpowiednich granulek wapnia, zwiększone zapotrzebowanie na energię elektryczną oraz ogólny wpływ na środowisko.

Ekonomia

W tym zakresie zastosowanie ma także tabela 4.7.

Mniejsze ilości startego nasyconego wapienia mogą być dodawane do produkcji bloczków glinianych lub cegieł elewacyjnych, ale trzeba wziąć pod uwagę, że zawartość siarczanu wapnia w nasyconym wapieniu może prowadzić do kwitnienia cegieł. Możliwe jest wykorzystanie nasyconego wapnia także do produkcji cementu, betonu i asfaltu. Jeżeli ponowne wykorzystanie nie jest możliwe, trzeba uwzględnić dodatkowe koszty utylizacji.

Czynniki skłaniające do zastosowania

Wymagania prawne.

Przykładowe zakłady i literatura

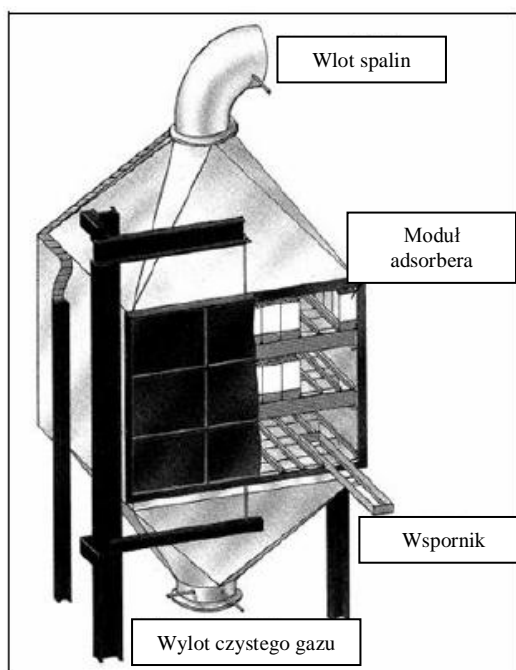
Wienerberger Ziegelindustrie AG, zakład produkujący cegły elewacyjne, Rotenturm, Austria [1, BMLFUW, 2003], Erlus Baustoffwerke AG, zakład produkujący dachówki, Neufahrn, Germany [4, UBA, 2001], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [23, TWG Ceramics, 2005]

4.3.4.2 Modułowe systemy adsorberów

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Procesem, najczęściej wykorzystywanym do oddzielania gazowych, nieorganicznych związków fluoru jest sucha sorpcja opierająca się na modułach w kształcie plastra miodu wykonanych z wodorotlenku wapnia w tak zwanych modułowych systemach adsorberów. W tym procesie, spaliny przechodzą przez prosty reaktor stalowy niezawierający żadnych ruchomych części. Reaktor zawiera kilka warstw adsorberów w kształcie plastrów miodu wypełnionych wapnem gaszonym (wodorotlenek wapnia), które chemicznie zamienia zawarty w spalinach HF przechodzący przez moduły w fluorek wapnia (CaF_2). Na żywotność modułów wpływ ma czas działania zakładu, objętość strumienia spalin oraz stężenie fluoru w surowych gazach. Moduły są umieszczone na wspornikach, aby zminimalizować czas wymiany modułów oraz ułatwić ich obsługę. Nasycone moduły są wymieniane na nowe.

Poniższy rysunek pokazuje schemat działania suchej sorpcji z wykorzystaniem modułów w kształcie plastra miodu wykonanych z $\text{Ca}(\text{OH})_2$ [4, UBA, 2001].



Rysunek 4.10: Schemat systemu sorpcji z zastosowaniem modułów w kształcie plastra miodu

Efekty krzyżowe

- Relatywnie wysokie zużycie adsorbentów;
- Duża ilość odpadów (nasycone moduły muszą zostać zutylicowane);
- Możliwe zwiększenie zużycia energii, ze względu na działanie adsorbentów (w szczególności w celu zrównoważenia spadku ciśnienia w przypadku bardziej zanieczyszczonych spalin).

Dane operacyjne i zastosowanie

System jest technicznie nieskomplikowany i prosty, ponieważ nie zawiera ruchomych części i zachodzą w nim niewielkie spadki ciśnienia. Jest on szczególnie skuteczny w przypadku oczyszczania mniejszych strumieni spalin ($<18000 \text{ m}^3/\text{h}$) oraz gdy stężenia związków nieorganicznych, innych niż HF (SO_2 , SO_3 , HCl) są niskie. Z tego względu ten rodzaj systemu jest stosowany przede wszystkim do produkcji płytek ściennych i podłogowych, zastawy stołowej i dekoracji, ceramiki sanitarnej i technicznej. Ponadto, kanaliki mają tendencje do zatykania się, w przypadku, gdy występują wyższe stężenia pyłu, a w związku z tym system nie nadaje się do odpylania.

W tym zakresie zastosowanie ma także tabela 3.41, w której przedstawiono stężenia surowych i czystych gazów pochodzących z procesu produkcji, w którym zastosowano modułowe adsorbery do oczyszczania spalin.

Ekonomia

W tym zakresie zastosowanie ma także tabela 4.7. Oprócz ceny nowych modułów adsorpcyjnych, trzeba także uwzględnić koszt utylizacji nasyconych modułów, ponieważ ich ponowne wykorzystanie nie jest możliwe.

Czynniki skłaniające do zastosowania

Wymagania prawne.

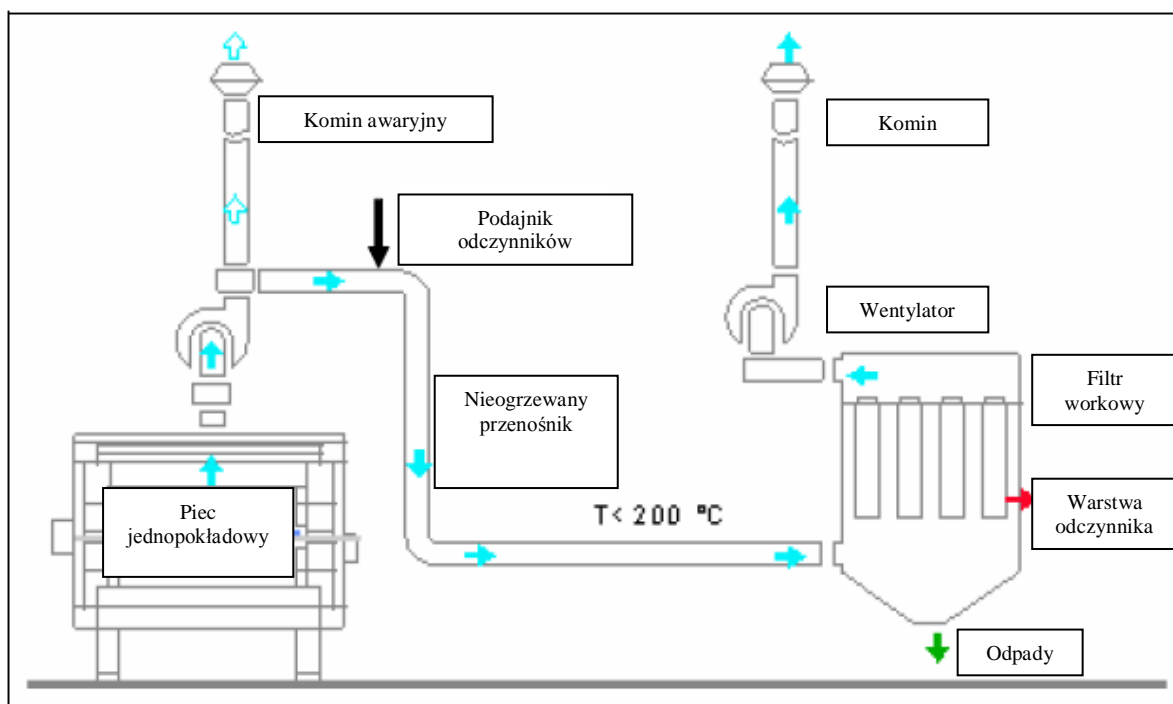
Przykładowe zakłady i literatura

[1, BMLFUW, 2003], [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005]

4.3.4.3 Suche oczyszczanie spalin za pomocą filtrów (workowych lub elektrofiltrów)

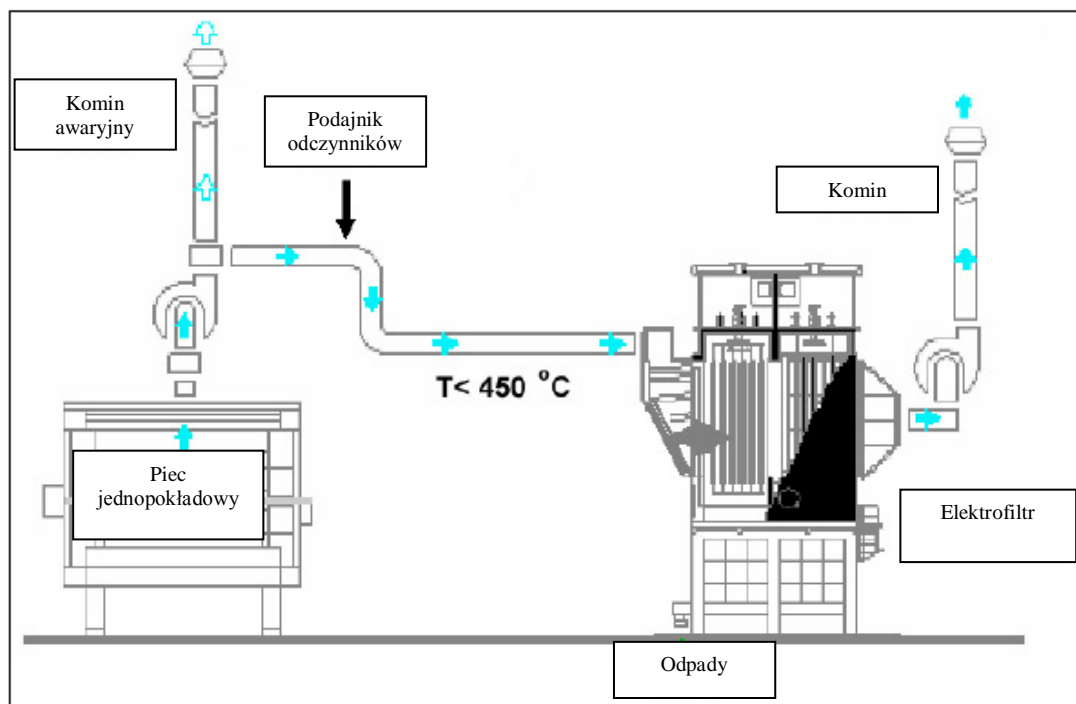
Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Dzięki zastosowaniu tej metody oczyszczania spalin, adsorbent jest wdmuchiwany do strumienia spalin w postaci suchej. Składniki kwaśne (tlenki siarki i nieorganiczne związki chloru i fluoru) są adsorbowane w reaktorze lub strefie reaktora, które mogą składać się z przepustu dla spalin pomiędzy piecem a filtrem o określonej długości, aby zagwarantować odpowiedni czas kontaktu. Filtr znajdujący się za reaktorem (strefa) usuwa sole pochodzące z neutralizacji oraz nadmiar adsorbentu ze strumienia spalin. W tym celu przeważnie stosuje się filtry workowe, ponieważ zapewniają one dobry kontakt pomiędzy adsorbentem a zanieczyszczeniami w postaci gazowej. Tkanina filtra musi być odporna na warunki kwaśne i zasadowe, a także na określone temperatury gazów poddawanych obróbce (por. tabela 4.2). Poniższy rysunek przedstawia schemat suchego oczyszczania spalin wraz z filtrem workowym [10, Navarro, 1998], [23, TWG Ceramics, 2005].



Rysunek 4.11: Schemat suchego oczyszczania spalin wraz z filtrem workowym

Elektrofiltry mogą być stosowane zamiast filtrów workowych, przy zastosowaniu tego samego systemu wtryskiwania sproszkowanych odczynników. Umożliwiają one prace w wyższych temperaturach (znacznie przekraczających 400°C), a zatem nie jest konieczne schładzanie spalin, a odzyskiwanie energii z oczyszczonych spalin jest łatwiejsze. Z drugiej strony, kontakt pomiędzy adsorbentem a zanieczyszczeniami nie jest tak dobry, jak w przypadku filtrów workowych. Poniższy rysunek prezentuje schemat suchego oczyszczania spalin za pomocą elektrofiltru [10, Navarro, 1998], [23, TWG Ceramics, 2005].



Rysunek 4.12: Schemat suchego oczyszczania spalin wraz z elektrofiltrem

Specjalny wariant oczyszczania spalin stanowi oczyszczanie półmokre z filtrem, zwane też kondycjonowanym suchym oczyszczaniem spalin. Różni się ono od suchej metody zastosowaniem niewielkich ilości wody. Adsorbent jest „kondycjonowany” za pomocą zwilżania, co zwiększa jego reaktywność, a tym samym skuteczność oczyszczania. Ponadto, zużycie adsorbentów oraz ilości pozostałości są niższe. Wadą tej techniki jest ryzyko korozji z uwagi na zwiększoną wilgotność spalin oraz bardziej skomplikowane kontrolowanie procesu [2, VITO, 2003].

Efekty krzyżowe

- Zużycie adsorbentów generuje duże ilości odpadów;
- Recykling odpadów może być trudny ze względu na negatywny wpływ wapnia na reologię gęstwy ceramicznej;
- Relatywnie wysokie zużycie energii ze względu na spadek ciśnienia w filtrze workowym, a w związku z tym zwiększenie zużycia energii elektrycznej związanej z działaniem ESP;
- Poziom hałasu może się zwiększać w przypadku zastosowania pneumatycznych systemów czyszczenia filtrów;
- Adsorbenty zawierające węglany reagują z kwaśnymi składnikami spalin tworząc CO_2 .

Dane operacyjne i zastosowanie

Suche systemy czyszczenia spalin zawierające filtr są elastyczne pod względem kontroli i zużycia adsorbentów. Wodorotlenek wapnia ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), tlenek wapnia (CaO) lub, ostatecznie, wodorowęglan sodu (NaHCO_3), który najlepiej nadaje się do usuwania SO_2 wykorzystuje się jako adsorbenty. Ponadto, należy wspomnieć, że produkty reakcji wodorowęglanu sodu zawierają rozpuszczalne w wodzie sole (siarczan sodu i fluorek sodu), a w związku z tym nie mogą być łatwo utylizowane na składowiskach.

W przypadku systemów czyszczących wyposażonych w filtr workowy, mogą pojawiać się trudności w bardzo wysokich temperaturach, gdy filtr może zapalić się, oraz w bardzo niskich temperaturach bliskich punktowi rosy, gdy filtr łatwo zatyka się. Systemy czyszczące wyposażone w elektrofiltr mają tę zaletę, że mogą pracować w wysokich temperaturach, przekraczających znacznie 400°C, a zatem nie jest konieczne schładzanie spalin przed oczyszczaniem, a odzyskiwanie energii z czystych gazów jest łatwiejsze. Suche systemy oczyszczania spalin wyposażone w filtr workowy pozwalają na osiągnięcie stężenia fluoru w oczyszczonych spalinach na poziomie poniżej 5 mg/m³ oraz stężeń zawiesiny pyłu na poziomie 2-20 mg/m³. Wydajność oczyszczania tych systemów waha się od 90 do 99% w przypadku wychwytywania zawieszin cząstek stałych, 92 do 95% w przypadku wychwytywania fluoru, 10 do 80% dla SO₂, do 90% dla SO₃ oraz do 85% dla HCl, jeżeli jako adsorbent wykorzystywany jest wodorotlenek wapnia [2, VITO, 2003, 10, Navarro, 1998], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

Oprócz szacunkowej skuteczności czyszczenia na poziomie 99% zawieszonych cząstek stałych, możliwe jest osiągnięcie ponad 95% skuteczności wychwytywania fluoru, 98 do 99% dla SO₂ i SO₃, a także 89% dla HCl, jeżeli jako adsorbent stosuje się wodorowęglan sodu w suchych systemach oczyszczania spalin wyposażonych w filtr workowy (por. sekcja 4.3.6) [4, UBA, 2001].

Systemy oczyszczania wyposażone w elektrofiltry mają tę zaletę, że mogą pracować w temperaturze do około 450°C, a w związku z tym nie jest konieczne schładzanie spalin przed oczyszczaniem a odzyskiwanie energii z czystych spalin jest łatwiejsze. Możliwe jest uzyskanie stężeń w czystych gazach na poziomie 5 do 50 mg/m³ oczyszczanych za pomocą elektrofiltrów (por. sekcja 4.2.3.5).

Suche systemy oczyszczania spalin wyposażone w filtry mogą, zasadniczo, być stosowane do oczyszczania spalin piecowych we wszystkich sektorach ceramicznych, niemniej jednak trzeba wziąć pod uwagę pewne wady – w porównaniu do systemów adsorbentów ze stałym złożem – związane z większym zapotrzebowaniem na czynności konserwacyjne oraz trudnościami związanymi z wytrzymałością filtrów workowych (w przypadku systemów wyposażonych w takie filtry).

Ekonomia

W związku z suchą sorpcją z filtrem workowym patrz też tabela 4.7.

- W przypadku systemów półsuchych, koszty inwestycyjne są zwykle nieco wyższe, niż w przypadku w pełni suchych jednostek;
- Wodorowęglan sodu jest droższy niż adsorbenty bazujące na wapniu;
- Należy uwzględnić dodatkowe koszty utylizacji nasyconych adsorbentów, które nie mogą być ponownie wykorzystane.

Czynniki skłaniające do zastosowania

Wymagania prawne.

Przykładowe zakłady i literatura

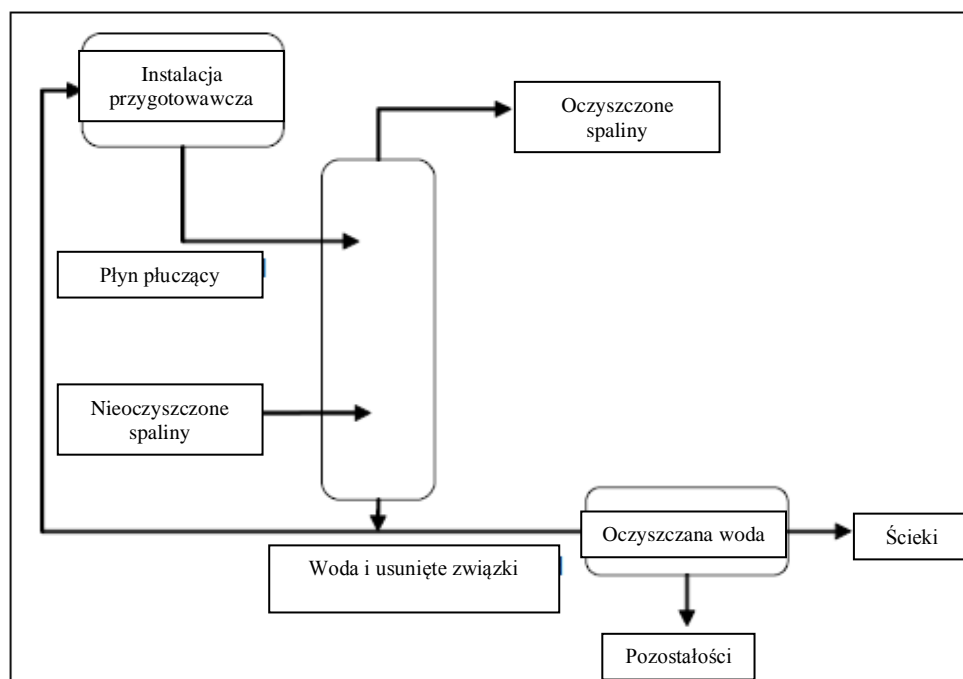
[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [10, Navarro, 1998], [4, UBA, 2001], [17, Burkart, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [26, UBA, 2005], [32, TWG Ceramics, 2006]

4.3.4.4 Mokre oczyszczanie spalin

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Przy pomocy mokrego systemu oczyszczania spalin, składniki kwaśne (tlenki siarki, nieorganiczne związki chloru i fluoru) są usuwane ze spalin dzięki umieszczeniu ich w bezpośrednim kontakcie z wodą. To powoduje przenoszenie składników z fazy gazowej do wodnej. Stopień zależy od rozpuszczalności składników. Aby zwiększyć rozpuszczalność do wody można dodawać bazę w postaci węglanu wapnia (CaCO_3), wodorotlenek wapnia (Ca(OH)_2), węglan sodu (Na_2CO_3), wodorotlenek sodu (NaOH) lub amoniak (NH_3).

Ilustrację instalacji służącej do mokrego oczyszczania spalin przedstawiono na poniższym rysunku [2, VITO, 2003]. Instalacja taka składa się z sekcji przygotowawczej plyn płuczający, sekcji płuczki, separatora cząstek stałych i płynów, a także ewentualnie urządzeń służących do oczyszczania ścieków oraz kolektor. Płytki lub bierny materiał wypełniający (wypełnione kolumny) może być stosowany w celu zwiększenia strefy kontaktu. Oprócz płuczek kolumnowych stosuje się także płuczki odrzutowe, venturi i rotacyjne.



Rysunek 4.13: Ilustracja mokrej instalacji oczyszczania spalin

W systemach mokrych płuczek, spaliny są schładzane a dopiero później oczyszczane. Dodatkowo, instalacje neutralizacji oraz urządzenia służące do oddzielania cząstek stałych nie są potrzebne w mokrym procesie.

Specjalną odmianą mokrego oczyszczania spalin jest oczyszczanie półmokre, gdzie, z uwagi na mniejszą zawartość wody, możliwe jest odparowywanie. W związku z tym, generowane są suche pozostałości reagujące bardzo skutecznie, a które mogą być oddzielone za pomocą filtra. Metoda ta wymaga wyższej temperatury spalin, aby utrzymać odpowiednio wysokie temperatury w filtrze po stratach energii spowodowanych odparowaniem. Półmokre systemy mają tę zaletę, że powodują mniejsze zużycie adsorbentów, generują mniejsze ilości pozostałości, mają wyższą skuteczność oczyszczania, ale zarazem wymagają bardziej kompleksowej kontroli operacyjnej [2, VITO, 2003].

Efekty krzyżowe

- Wyższe zużycie wody;
- Powstawanie ścieków procesowych (nie w takim stopniu, jak w przypadku półmokrych systemów) powoduje konieczność ich oczyszczenia;
- Relatywnie wysokie zużycie energii ze względu na spadek ciśnienia w poszczególnych urządzeniach;
- Adsorbenty zawierające węgiel, reagują z kwaśnymi związkami spalin tworząc CO₂.

Dane operacyjne

Aby usunąć HF, HCl i SO_x za pomocą mokrego oczyszczania spalin, zwykle jako adsorbentu używa się wapnia. W takim przypadku, roztwór wodorotlenku wapnia (mleczko wapienne) lub roztwór węglanu wapnia w wodzie jest wstrzykiwany do kolumny natryskowej. Zwykle, jaki odpady powstają lekko zanieczyszczony gips. Można osiągnąć skuteczność oczyszczania na poziomie 99% dla HF, do 98% dla SO₂, 95% dla SO₃ i do 95% dla HCl [2, VITO, 2003], [4, UBA, 2001].

Jeżeli generowany jest ług sodowy (kaustyczny), jako czynnik sorpcyjny w stałych kolumnach stosuje się fluorek sodu (NaF), siarczan sodu (Na₂SO₃) oraz chlorek sodu (NaCl). Odpady powstające w czynniku myjącym muszą zostać zutylizowane po odparowaniu. Przy zastosowaniu ługu sodowego można osiągnąć skuteczność oczyszczania na poziomie 98% dla HF, do 98% dla SO₂, 96% dla SO₃ i do 98% dla HCl [4, UBA, 2001].

Problemem, jaki może się pojawić jest korozja. Gazy opuszczające kolumny płuczek są nasycone wodą i mogą powodować korozję podczas schładzania poniżej punktu rosy. Ponadto, takie zimne gazy rozpraszają się wolniej w atmosferze i powodują powstawanie dymu, dlatego niekiedy zaleca się ponowne ogrzanie spalin.

Zastosowanie

Systemy mokrego oczyszczania spalin mogą, zasadniczo, być stosowane we wszystkich sektorach ceramicznych. Szczególnie w przypadku, gdy spaliny wykazują wysokie stężenie SO₂ a urządzenia służące do suchej sorpcji nie mogą osiągnąć niskich stężeń gazów czystych, zastosowanie mokrej sorpcji stanowi alternatywę dla suchych systemów. Jednak w praktyce zastosowanie mokrych procesów jest mocno ograniczone ze względu na wysokie koszty inwestycyjne i konserwacyjne.

Szczególnie w sytuacji, gdy jednocześnie generowane są zanieczyszczenia nieorganiczne w dużych stężeniach, np. duża zawartość SO₂ powyżej 2500 mg/m³, mokre procesy stanowią alternatywę dla suchych systemów oczyszczania.

Ekonomia

W tym zakresie, patrz tabela 4.7. Trzeba wziąć pod uwagę możliwe skrócenie żywotności instalacji ze względu na korozję.

Czynniki skłaniające do zastosowania

Wymagania prawne.

Przykładowe zakłady i literatura

Plant Hallerndorf-Pautzfeld, Niemcy (zakład produkcji keramzytu) [26, UBA, 2005], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005]

4.3.4.5 Filtry z aktywnego węgla

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe, dane operacyjne i zastosowanie

Filtry z aktywnego węgla są odpowiednie jedynie do oczyszczania niewielkich strumieni spalin zawierających lotne związki organiczne (LZO), na przykład uwalnianych jako lotne produkty reakcji podczas cieplnej obróbki żywic, które stosowane są jako spoiwa.

Substancje cząsteczkowe i kropelki muszą zostać usunięte ze strumienia gazu przed filtrem węglowym. Podczas gdy niektóre związki organiczne (np. fenol i naftalen) są wychwytywane przez węgiel aktywny, inne nie są skutecznie absorbowane.

Filtry z aktywnego węgla są stosowane przede wszystkim w procesie produkcji wyrobów ogniotrwałych.

Efekty krzyżowe

- Zwiększone ilości odpadów, w przypadku, gdy aktywny węgiel nie może zostać zregenerowany i musi zostać poddany utylizacji;
- Zwiększone zużycie energii ze względu na działanie filtrów z aktywnym węglem.

Ekonomia

Wysokie koszty, szczególnie w przypadku, gdy aktywny węgiel nie może zostać zregenerowany i musi zostać poddany utylizacji.

Czynniki skłaniające do zastosowania

Wymagania prawne.

Przykładowe zakłady i literatura

[3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005]

4.3.4.6 Płuczki biologiczne

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Lotne produkty reakcji, które są uwalniane podczas obróbki cieplnej żywic stosowanych jako spoiwa podczas produkcji wyrobów ogniotrwałych, a także niektórych rodzajów ceramiki technicznej, nieorganicznych ścierniw, zawierają amoniak, formaldehyd i fenol. Można je usunąć ze spalin za pomocą odpowiednich płynów płuczących. Zastosowanie płuczek biologicznych jest wariantem, dzięki któremu adsorbent można poddać regeneracji. Rozpuszczalność zanieczyszczeń w wodzie oraz stałe, równomierne wprowadzanie ich do płuczki biologicznej jest warunkiem koniecznym.

Efekty krzyżowe

- Możliwe jest zwiększone zużycie wody i powstawanie ścieków procesowych;
- Zwiększone zużycie energii ze względu na działania płuczek biologicznych.

Zastosowanie

Płuczki biologiczne mogą być stosowane w produkcji wyrobów ogniotrwałych, a także niektórych rodzajów ceramiki technicznej oraz nieorganicznych ścierniw.

Czynniki skłaniające do zastosowania

Wymagania prawne.

Przykładowe zakłady i literatura

[3, CERAME-UNIE, 2003], [14, UBA, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005]

4.3.5 Dopalanie

Istotne informacje na ten temat można znaleźć także w dokumencie BREF dotyczącym oczyszczania ścieków i gazów/systemów zarządzania w sektorze chemicznym.

4.3.5.1 Dopalanie termiczne

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

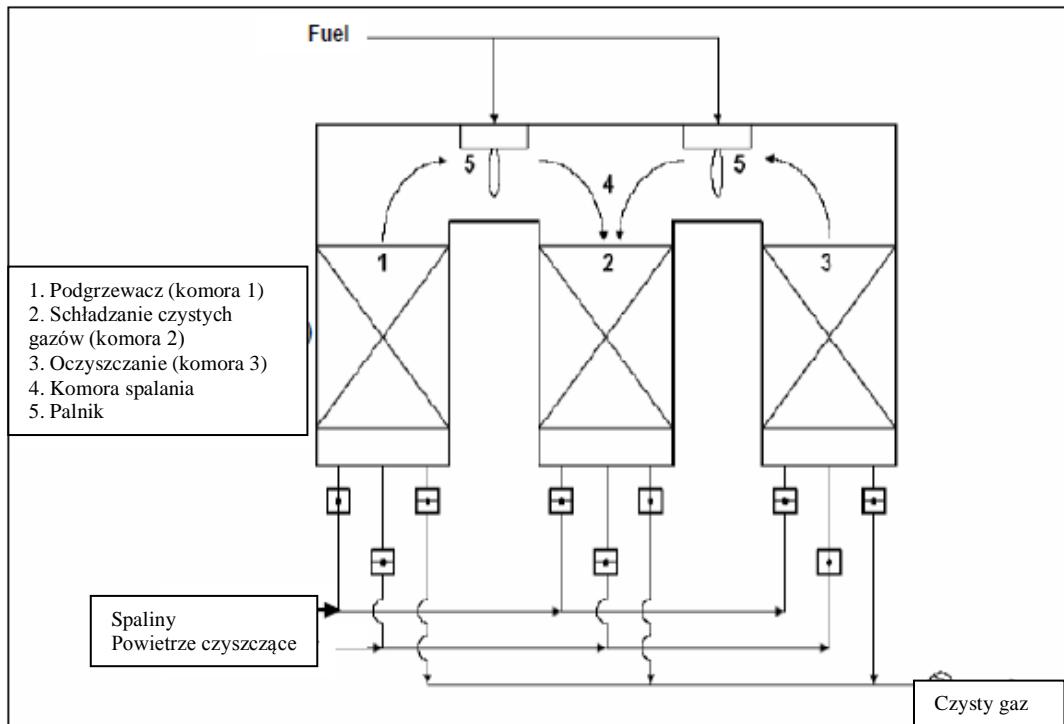
Spalanie LZO gazów karbonizacyjnych na zewnątrz pieca można przeprowadzić w termoreaktorach, które składają się z dwóch lub trzech komór wypełnionych elementami ceramicznymi lub SiO_2 o dużej zdolności przechowywania ciepła. Przeprowadzane jest przeważnie w przypadku surowych gazów o stężeniach przekraczających $100\text{-}150\text{ mg LZO/m}^3$, w zależności od właściwości surowych gazów (np. temperatura, skład).

Spaliny zawierające LZO są przepuszczane przez pierwszą komorę i absorbują zmagazynowane ciepło. Po opuszczeniu pierwszej komory, na wejściu do komory spalania, mają już temperaturę zbliżoną do temperatury spalania. W komorze spalania są dalej ogrzewane do $750\text{ - }800^\circ\text{C}$ za pomocą palników, tak że substancje organiczne zostają w zasadzie całkowicie spalane. CO zawarty w spalinach jest także utleniany do CO_2 . Ponadto, jeżeli temperatura wynosi co najmniej 800°C a czas przebywania co najmniej 1,5 sekundy, wówczas można osiągnąć 90% skuteczność niszczenia wygenerowanych/obecnych w spalinach dioksyn.

Czyste gorące gazy opuszczające komorę spalania przechodzą następnie przez kolejną komorę, w której oddają większość swojego ciepła. Schłodzony gaz zostaje w drugiej komorze i jest wypuszczany przez komin. Po określonym czasie, kiedy pierwsza komora schłodzi się odpowiednio a druga jest wystarczająco nagrzana, kierunek strumienia spalin jest zmieniany. Wówczas druga komora ogrzewa surowy gaz, a pierwsza schładza gaz oczyszczony.

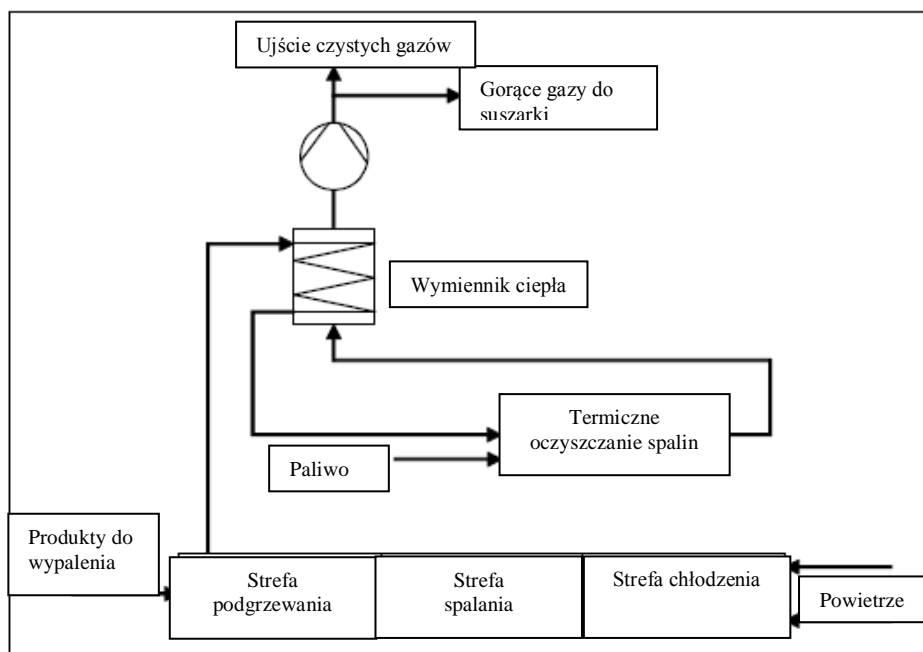
Jeżeli termoreaktor jest wyposażony w trzecią komorę, jest ona wykorzystywana, aby uniknąć pików emisji, podczas zmiany kierunku spalin. Po odwróceniu kierunku spalin, niewielkie ilości czyszczącego powietrza przechodzą przez tę komorę gwarantując, że nieoczyszczony gaz nie dostanie się do komin.

Poniższy rysunek prezentuje schemat termicznego systemu dopalania w termoreaktorze (system trójkomorowy) [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].



Rysunek 4.14: Schemat systemu dopalania termicznego w termoreaktorze (system trójkomorowy)

Poniższy rysunek prezentuje przepływ spalin w zewnętrznym systemie termicznego dopalania [4, UBA, 2001].



Rysunek 4.15: Przepływ spalin w zewnętrznym systemie dopalania termicznego

Efekty krzyżowe

- Dodatkowe zapotrzebowanie na paliwo, przynajmniej podczas uruchamiania i stężenie LZO poniżej punktu zapłonu;
- Możliwe dodatkowe emisje NO_x .

Dane operacyjne i zastosowanie

W przypadku, gdy stężenia LZO i CO są odpowiednio wysokie, spalanie jest w zasadzie autotermiczne. W takich przypadkach nie jest potrzebna dodatkowa energia, aby podtrzymać proces spalania. Ma to miejsce podczas produkcji bardzo porowatych cegieł, kiedy do mieszanki surowców dodaje się duże ilości organicznych substancji formujących pory.

Termoreaktory stają się ostatnio coraz popularniejsze w przemyśle ceramicznym, szczególnie podczas produkcji glinianych bloczków, kiedy do mieszanki surowców dodaje się organiczne substancje formujące pory. Możliwe jest także zmniejszenie emisji LZO z procesu produkcyjnego innych produktów ceramicznych, na przykład ogniotrwałych, ceramiki technicznej oraz niektórych nieorganicznych ścierniw. Systemy te, w porównaniu z innymi systemami spalania wewnętrznego, mają tę zaletę, że nie zakłócają normalnego działania pieca, a strumień spalin jest dokładnie oczyszczany. W przypadku produkcji keramzytu pojawia się problem z dużą zawartością wody.

W zależności od wymaganej skuteczności czyszczenia, termoreaktory są instalowane w formie dwu- lub trójkomorowej. W przypadku instalacji dwukomorowych, można osiągnąć skuteczność oczyszczania od 94 do 97%, podczas gdy w trójkomorowych bez trudności można osiągnąć skuteczność przekraczającą 99% [4, UBA, 2001].

W tym zakresie, por. także tabela 3.6 dotycząca emisji z procesu produkcji cegieł oraz tabela 3.54 dotycząca emisji z procesu produkcji ceramiki technicznej (ścierniwa związane). W tych procesach produkcyjnych, dopalanie termiczne jest wykorzystywane do oczyszczania spalin.

Ekonomia

W tym zakresie, por. Tabela 4.7.

- Aby wprowadzić oszczędności paliwa, stosuje się termiczne dopalanie LZO oraz CO najlepiej z regenerującymi się wymiennikami ciepła;
- Im niższe stężenie LZO i CO w surowych gazach, tym więcej energii potrzeba, by utrzymać działanie termoreaktora, co generuje wyższe koszty.

Czynniki skłaniające do zastosowania

Wymagania prawne oraz techniki związane z wydajnością energetyczną procesu.

Przykładowe zakłady i literatura

Wienerberger Ziegelindustrie AG/Werk Hennersdorf, zakład produkujący cegły, Austria [1, BMLFUW, 2003], [2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [14, UBA, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [32, TWG Ceramics, 2006]

4.3.5.2 Dopalanie katalityczne

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

W tej technice ograniczania LZO, lotne związki organiczne zostają utlenione przechodząc przez spaliny nad powierzchnią katalityczną, która przyspiesza reakcję utleniania. Katalizator obniża temperaturę utleniania zanieczyszczeń organicznych do temperatury od 200 do 300°C. Wykorzystuje się katalizatory oraz związki tlenków metali lub metali szlachetnych (np. Pd, Pt oraz Rh).

Efekty krzyżowe

Wykorzystywane katalizatory szybko utleniają SO_2 do SO_3 , który jest bardziej toksycznym i korozyjnym związkiem.

Zastosowanie

Utlenianie katalityczne jest trudne do zastosowania w przemyśle ceramicznym, ponieważ katalizatory szybko zostają zanieczyszczone cząstkami obecnymi w spalinach (np. związki siarki). W związku z tym, dopalanie katalityczne jest wykorzystywane przeważnie do oczyszczania niewielkich strumieni spalin, o dużej zawartości węgla całkowitego, które powstają, na przykład, podczas wypalania specjalnych wyrobów ogniotrwałych lub ceramiki technicznej w niewielkich piecach lub podczas procesu suszenia.

Czynniki skłaniające do zastosowania

Wymagania prawne.

Przykładowe zakłady i literatura

[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005]

4.3.6 Przykładowe dane operacyjne, wydajność, zużycie oraz koszty dla różnych technik oczyszczania spalin

Poniższa tabela przedstawia przykłady danych operacyjnych, wydajność, zużycie oraz koszty dla różnych technik oczyszczania spalin [2, VITO, 2003], [30, TWG Ceramics, 2005]:

Technika	Adsorber kaskadowy	Adsorber kaskadowy	Adsorber kaskadowy	Suche oczyszczanie spalin z filtrem	Suche oczyszczanie spalin z filtrem	Mokre oczyszczanie spalin	Mokre oczyszczanie spalin	
Wartość emisji		SO ₂ <1500 mg/Nm ³	SO ₂ ≥2500 mg/Nm ³					
Adsorbent	CaCO ₃	Modyfikowany CaCO ₃	Modyfikowany CaCO ₃	Ca(OH) ₂	NaHCO ₃	Woda/Ca(OH) ₂ lub CaCO ₃	Ług sodowy (kaustyczny)	
Skuteczność czyszczenia	HF	90% (do 99%)	do 99%	do 99%	80 do 96%	> 95%	92-99%	98%
	SO ₂	8-20%	43 do 85%	30-43%	7 do 80%	98-99%	20 do 98%	90-98%
	SO ₃	80%	80-85%	80-85%	do 90%	98-99%	92-95%	94-96%
	HCl	50%	>50%	50%	10 do 85%	89%	do do 95%	90-98%
	Pył	100%	100%	99%	90-99%	99%		100%
Nadwyżki adsorbentu	2,5	2,5	2,5	1,35-2,00		1,01-2,00		
Zużycie wody (m ³ /dzień) ^B	0	0	0	0		86-240		
Zużycie elektryczności (kWh/dzień) ^B	641-864	864	864	1200-2880		2352-4824		
Koszt adsorbentu (EUR/tona)	56	99	99	104		30-100		
Koszty inwestycyjne (EUR 10 ³) ^{B,C}	228-278	692	692	766-1081		511-659		
^A To oznacza: stosunek pomiędzy ilością adsorbentu praktycznie niezbędną do osiągnięcia określonej skuteczności oczyszczania do ilości adsorbentu teoretycznie niezbędnego (w oparciu o stechiometrię reakcji adsorpcji).								
^B Zakres odnosi się do wartości ustalonych dla czterech typowych firm.								
^C Koszty instalacji i koszty dodatkowe.								

Tabela 4.5: Parametry techniczne, skuteczność i koszty dla technik oczyszczania spalin

Skuteczność redukcji wynikająca z działań zintegrowanych z procesem oraz technik końca rury zostały przedstawione w kolejnej tabeli. Techniki końca rury przede wszystkim skutkują redukcją HF. Działania zintegrowane z procesem skutkują jedynie redukcją SO_x. Przykłady pokazują także skuteczność redukcji w zależności od zawartości siarki w glinie [2, VITO, 2003], [30, TWG Ceramics, 2005].

Przykład	1	2	3	4
Technika	Suche oczyszczanie spalin z filtrem	Adsorber kaskadowy ze złożem	Adsorber kaskadowy ze złożem	Adsorber kaskadowy ze złożem
Surowce	Gлина o dużej zawartości siarki	Gлина o dużej zawartości siarki	Gлина o dużej zawartości siarki	Gлина o dużej zawartości siarki
Wartość emisji	$SO_x > 1500 \text{ mg/m}^3$	$SO_x > 1500 \text{ mg/m}^3$	$SO_x \geq 2500 \text{ mg/m}^3$	$SO_x \geq 2500 \text{ mg/m}^3$
Metody zintegrowane	Dodawanie surowców o niskiej zawartości siarki i wapnia	Dodawanie surowców o niskiej zawartości siarki i wapnia	Dodawanie surowców o niskiej zawartości siarki i wapnia	Dodawanie surowców o niskiej zawartości siarki i wapnia
Adsorbent	$Ca(OH)_2$	$CaCO_3$	$CaCO_3$	$CaCO_3$
Skuteczność redukcji	HF	do 96%	do 96%	do 83%
	SO_x	do 7%	do 8%	do 24%
	HCl	0%	do 18%	do 22%
	Pył	do 92%	do 39%	do 80%

Przykład	5	6	7	8
Technika	Suche oczyszczanie spalin z filtrem	Adsorber kaskadowy ze złożem	Adsorber kaskadowy ze złożem	Adsorber kaskadowy ze złożem
Surowce	Gлина o dużej zawartości siarki	Gлина o niskiej zawartości siarki	Gлина o niskiej zawartości siarki	Gлина o niskiej zawartości siarki
Wartość emisji	$SO_x > 1500 \text{ mg/m}^3$	$SO_x < 500 \text{ mg/m}^3$	$SO_x < 500 \text{ mg/m}^3$	$SO_x < 500 \text{ mg/m}^3$
Metody zintegrowane	-	-	-	-
Adsorbent	$Ca(OH)_2$	$CaCO_3$	$CaCO_3$	$CaCO_3$
Skuteczność redukcji	HF	do 95%	do 74%	do 99%
	SO_x	do 34%	0%	do 76%
	HCl	0%	0%	do 94%
	Pył	0%	do 37%	do 83%

Tabela 4.6: Skuteczność redukcji w zakresie zależności zawartości siarki w surowcach

W tym zakresie zastosowanie ma także tabela 3.8 oraz 3.9 zawierające dane operacyjne, stężenia surowych i czystych gazów pochodzących z pieców służących do produkcji cegieł elewacyjnych i bloczków glinianych [32, TWG Ceramics, 2006].

Niektóre przykłady danych kosztowych dotyczących ograniczenia emisji pyłu, nieorganicznych związków gazowych i organicznych związków gazowych przy użyciu różnych technik zostały pokazane w tabeli 4.7 dla kosztów inwestycji, konserwacji, kosztów sorbentów, a także kosztów operacyjnych. Jednak informacje te nie mogą być stosowane bezpośrednio do porównania poszczególnych technik, ponieważ rzeczywiste koszty zależą od czynników takich, jak przepływ, poziom kontroli, ilość surowych gazów, energii, etc. Celem jest dostarczenie ogólnego przeglądu inwestycji niezbędnych dla różnych technologii [3, CERAME-UNIE, 2003], [2, VITO, 2003], [4, UBA, 2001], [30, TWG Ceramics, 2005], [32, TWG Ceramics, 2006].

System czyszczący/typ	Zakres zastosowania	Absorbent/adsorbent	Standardowe wielkości/przepływ dla przemysłu ceramicznego (Am^3/h) ¹	Ogólne wytyczne inwestycyjne (EUR)	Konserwacja (EUR/rok)	Koszty sorbentów (EUR/tona) (EUR/rok)	Koszty operacyjne EUR/tona
Ograniczanie pyłu							
Filtr workowy/system filtrów workowych	Całe strefy w zakładzie, strefy przygotowania, przenoszenia, przechowywania, formowania, etc.		900 do 70000	6000-150000 (w zależności od wielkości i ilości przewodów)			0,03-0,1
Centralne oczyszczanie próżniowe	Całe strefy w zakładzie, strefy przygotowania, przenoszenia, przechowywania, formowania, wózki piecowe etc.		900 do 1000	25000-65000 (w zależności od ilości przewodów/rur)			
Systemy oczyszczania wózków piecowych (w innym przypadku: stałe dysze, ruchome dysze, unoszenie i dopasowywanie płytek)	Wózki piecowe		8000 do 30000	40000-200000 (w zależności od wielkości i realizacji)			
Elektrofiltr	Techniki ograniczania ilości pyłu dla gorących i dużych strumieni spalin		do 100000	1000000-3000000			0,1-0,2
Ograniczanie ilości nieorganicznych związków gazowych							
System modułowych	Przed wszystkim redukcja HF	Plaster miodu $\text{Ca}(\text{OH})_2$	Bardzo niskie przepływy	45000-100000	~500	~46000 EUR/rok	
Kaskadowy absorber ze stałym złożem	Przed wszystkim redukcja HF	CaCO_3	2500 do 140000 (brak limitu górnego i dolnego)	40000-500000	~2000	30-55 EUR/tona (dostawa) 4000-30000 EUR/rok	23400-4800
Kaskadowy absorber ze stałym złożem	Przed wszystkim redukcja HF, HCl i SO_x	Modyfikowany/produkowany absorbent	2500 do 140000 (brak limitu górnego i dolnego)	40000-500000	~2000	95-110 EUR/tona (dostawa) do 60000 EUR/tona	

Redukcja nieorganicznych związków gazowych (cont)							
Przeciwbieżny absorber ze stałym złożem/zestaw modułów	Przed wszystkim redukcja HF, HCl i SO _x	CaCO ₃ i modyfikowane/produkowane absorbenty	2500 do 140000 (brak limitu górnego i dolnego)	80000-800000	~2500	30-55 EUR/tona (dostawa) odpowiednio 95-110 EUR/tona (dostawa)	
Sucha sorpcja z filtrem workowym (system strumieniowy)	Przed wszystkim redukcja HF, HCl i SO _x i cząstek stałych	Ca(OH) ₂ różnej jakości	2500 do 140000 (brak limitu górnego i dolnego)	80000-1000000	~4000	95-110 EUR/tona (dostawa) 8000-45000 EUR/rok	107500-130700
Sucha sorpcja z filtrem workowym (system strumieniowy) z kondycjonowaniem produktu	Przed wszystkim redukcja HF, HCl i SO _x i cząstek stałych	Ca(OH) ₂ różnej jakości (z niewielką domieszką wody)	2500 do 140000 (brak limitu górnego i dolnego)	200000-1600000	~6500	95-110 EUR/tona (dostawa) 8000-45000 EUR/rok	107500-130700
Mokre płuczki	Przed wszystkim redukcja HCl i SO _x	Woda zasadowa	2500 do 140000 (brak limitu górnego i dolnego)	400000-2000000	do 8000	95-110 EUR/tona (dostawa) 8000-45000 EUR/rok	
Redukcja organicznych związków gazowych							
Termiczne dopalanie w termoreaktorze (zewnętrzne)	Redukcja LZO		10000-50000	180000-420000	500-4500		
Wewnętrzne spalanie gazów karbonizacyjnych	Redukcja LZO			42000-300000	500-8000		
<p>UWAGA: W kolumnach „standardowe wielkości/przepływy” oraz „ogólne wskazówki inwestycyjne” pojawiają się zakresy. Rozsądnie będzie założyć, że niskie Am³/h odpowiada niższym kosztom inwestycyjnym w EUR, natomiast wysokie Am³/h odpowiada wysokim kosztom inwestycyjnym w EUR. W przedziale wzrost nie ma charakteru liniowego, zwykle w im większym stopniu Am³/h poddawane jest obróbce, tym tańsza jest inwestycja na Am³.</p> <p>1) Przepływy zostały podane w „rzeczywistych m³” (Am³ w przeciwieństwie do zwykłych m³, warunki normalne), ponieważ obróbce poddawane są rzeczywiste spaliny.</p>							

Tabela 4.7: Koszty dotyczące redukcji pyłu, nieorganicznych związków gazowych i organicznych związków gazowych przy użyciu różnych technik redukcyjnych

4.4 Ścieki procesowe

4.4.1 Woda zużyta jako surowiec

Woda jest bardzo ważnym surowcem dla przemysłu ceramicznego, ale ilość zużytej wody znacznie różni się w poszczególnych sektorach i procesach. Woda dodawana bezpośrednio do czerepów ceramicznych nie prowadzi do problemów z odpadami, ponieważ jest odparowywana do powietrza podczas etapów suszenia i wypalania. Ścieki procesowe wytwarzane są przede wszystkim w sytuacji, gdy surowce ilaste są wyplukiwane i rozpuszczane w wodzie podczas poszczególnych etapów procesu produkcyjnego.

4.4.2 Woda zużyta jako środek służący do wymiany ciepła

Woda pełni funkcję chłodziwa w systemach hydraulicznych i kompresorach, etc. Woda wykorzystywana do tego celu musi być czysta i miękka, aby zapobiec osadzaniu się kamienia na wymiennikach ciepła. Wykorzystana woda może krążyć w zamkniętym obiegu po prostym schłodzeniu i/lub oczyszczeniu, a zatem zużycie wody jest równe ilości wody odparowanej. Ponieważ woda w zamkniętym obiegu wykorzystywana do chłodzenia, w większości przypadków, jest chemicznie kondycjonowana, aby uniknąć korozji lub fermentacji substancji organicznych, zwykle nie jest możliwa obróbka obejmująca produkcję ścieków (w tym zakresie, por. także dokument BREF dotyczący przemysłowych systemach chłodzenia).

4.4.3 Woda stosowana jako czynnik płuczący

Woda jest wykorzystywana także w płuczkach spalin (mokre systemy oczyszczania spalin oraz mokrych separatorach pyłu). W tych systemach można wykorzystać poddane recyklingowi ścieki procesowe, które zostały oczyszczone za pomocą prostych fizycznych procedur (z lub bez wcześniejszej obróbki chemicznej) i mogą krążyć w obiegu lub zostać ponownie poddane obróbce.

4.4.4 Woda stosowana jako czynnik czyszczący

Woda jest stosowana do czyszczenia instalacji, szczególnie urządzeń służących do przygotowywania surowców, form i innych urządzeń odlewniczych, linii glazurniczych i innych urządzeń służących do dekorowania. Czyszczenie jest czynnością podczas której zużywa się większość wody i które wymagają odpowiedniego zarządzania, by osiągnąć oszczędności i uniknąć powstawania ścieków. Zużycie wody można ograniczyć, jeżeli woda zostaje poddana obróbce i wykorzystywana do czyszczenia kilka razy.

4.4.5 Cele i rozwiązania służące do ograniczania ilości ścieków procesowych (emisje i zużycie)

Cele oczyszczania ścieków powstających w procesie produkcji ceramiki obejmują obniżanie zużycia wody i osiągnięcie minimalnych emisji ze ścieków procesowych. Aby osiągnąć te cele, stosuje się działania optymalizujące procesy oraz systemy oczyszczania ścieków.

4.4.5.1 Optymalizacja procesu

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Minimalizowanie zużycia wody jest kluczowe, a żeby osiągnąć ten cel, można zastosować następujące metody optymalizacji procesu:

- W obiegu wodnym nie jest konieczne już instalowanie automatycznych zaworów, aby zapobiegać wyciekom wody;
- Instalacja wysokociśnieniowego systemu w zakładzie do celów oczyszczania (lub wysokociśnieniowych urządzeń czyszczących);
- Zamiana mokrych systemów oczyszczania spalin na alternatywne, niezużywające wody (oczyszczanie za pomocą suchych systemów oczyszczania spalin, por. sekcja 4.2.3 i 4.3.4);
- Instalacja in situ systemów zbierania zużytej glazury;
- Instalacja rurociągów przenoszących gęstwę;
- Osobne zbieranie strumieni ścieków procesowych z różnych etapów procesu;
- Ponowne wykorzystanie ścieków procesowych w tym samym etapie procesu, a w szczególności ponowne wykorzystanie wody czyszczącej po jej odpowiednim oczyszczeniu.

Efekty krzyżowe

Brak.

Dane operacyjne

Optymalne rozwiązanie obejmuje ponowne wykorzystanie generowanych ścieków procesowych w tym samym etapie procesu. Aby określić maksymalną ilość ścieków procesowych nadających się do ponownego wykorzystania oraz zaprojektować takie rozwiązanie, można sporządzić bilans wodny (tak zwany przepływ masy) określający wszystkie punkty oraz ilości generowanych ścieków procesowych, a także ich potencjalne wykorzystanie.

W związku z tym, poniższa tabela pokazuje możliwy do osiągnięcia stosunek ścieków procesowych poddanych recyklingowi w różnych sektorach ceramicznych. Dane pochodzą z niemieckich sektorów i wyrażają średnie oraz najwyższe osiągnięte współczynniki, w odniesieniu do generowanych ścieków procesowych [4, UBA, 2001].

Sektor	Średnia	Najwyższe współczynniki
Płytki ścienne i podłogowe	70-80%	100%
Ceramika domowa	nie dotyczy	50%
Ceramika sanitarna	30-50%	50%

Tabela 4.8: Osiągalne współczynniki recyklingu ścieków procesowych dla różnych sektorów ceramicznych

Różne osiągalne współczynniki ponownego wykorzystania ścieków procesowych, w stosunku do niezbędnej do procesu wody, zostały odnotowane dla produkcji różnych płytek ściennych i podłogowych: od 10% (nieglazurowana kamionka porcelanowa) do 70% (jednokrotnie wypalane płytki glazurowane i glazurowana kamionka porcelanowa) [6, Timellini, 2004].

Recykling oraz współczynniki ponownego użycia ścieków procesowych są osiągnięte za pomocą kombinacji działań optymalizujących proces i systemów oczyszczania ścieków wymienionych w sekcji 4.4.5.2.

Zastosowanie

Działanie optymalizujące proces służące do minimalizacji zużycia wody mogą być stosowane we wszystkich sektorach ceramicznych.

Ekonomia

Zależne od szczególnych przypadków działań/celów, jednak minimalizowanie zużycia wody zasadniczo prowadzi do ograniczenia kosztów czystej wody.

Czynniki skłaniające do zastosowania

Oszczędności związane z realizacją procesu w wydajny sposób.

Przykładowe zakłady i literatura

[3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [10, Navarro, 1998], [13, SYKE, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005]

4.4.5.2 Systemy oczyszczania ścieków procesowych

Użyteczne informacje na ten temat można znaleźć także w dokumencie BREF dotyczącym oczyszczania ścieków i gazów/systemów zarządzania w sektorze chemicznym.

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Do głównych systemów oczyszczania ścieków należą:

Homogenizacja: zbiorniki służące do homogenizacji są stosowane do uzyskania spójnego składu wody, która ma zostać poddana obróbce i sflumieniu, w maksymalnym możliwym stopniu, problemów związanych ze zmianami składników. Używanie takich zbiorników pozwala na poprawę wydajności wszystkich kolejnych procesów obróbki, ponieważ homogenizacja ułatwia kontrolę dodatków i konsystencji produktów w urządzeniach.

Napowietrzanie: jest to fizyczny proces, który często wykorzystuje obróbkę wody do różnych celów, takich jak utlenianie materiałów ułatwiające dalszą flokulację, utlenianie związków organicznych obecnych w ściekach procesowych, eliminacja odorów, etc. Urządzenia do napowietrzania mogą składać się z mieszadeł powierzchniowych lub turbin.

Sedymentacja (osadzanie): jest to częściowe oddzielanie cząstek stałych od płynu za pomocą grawitacji. Istnieją różne rodzaje osadników: mogą być prostokątne, okrągłe lub płatkowate.

Filtracja: filtracja obejmuje oddzielenie zawieszin cząstek stałych od płynu, poprzez przepuszczanie roztworu przez porowaty środek, który zatrzymuje cząstki stałe i pozwala, by płyn przepływał dalej. W sektorze ceramicznym stosuje się prasy filtracyjne, rotacyjne filtry próżniowe i filtry wgłębne.

Absorpcja aktywnym węglem: ta metoda obróbki wykorzystuje zdolność węgla do silnego adsorbowania organicznych substancji zawartych w wodzie. System ten jest bardzo odpowiedni dla usuwania nie biodegradowalnych substancji organicznych.

Wytrącanie chemiczne: jest to proces służący do eliminacji różnych rozpuszczonych elementów poprzez ich wytrącanie w postaci związków nieorganicznych, za pomocą odczynników takich, jak wapień.

Koagulacja i flokulacja: celem tej techniki obróbki jest rozłamanie zawieszin koloidalnych i wytworzenie aglomeracji cząsteczek, np. za pomocą aluinów lub polielektrolitów i/lub kombinacji wapnia i soli metali.

Wymiana jonów i odwrócona osmoza: proces ten służy do usuwania boru z wody czyszczącej pochodzącej z glazury i urządzeń ją nakładających. Odwrócona osmoza jest stosowana także do ograniczania ilości ścieków przeznaczonych do zrzutu.

Stosując te metody lub ich kombinacje, można osiągnąć znaczące redukcje emisji ścieków procesowych i obniżenie zużycia wody (por. tabela 4.8).

Efekty krzyżowe

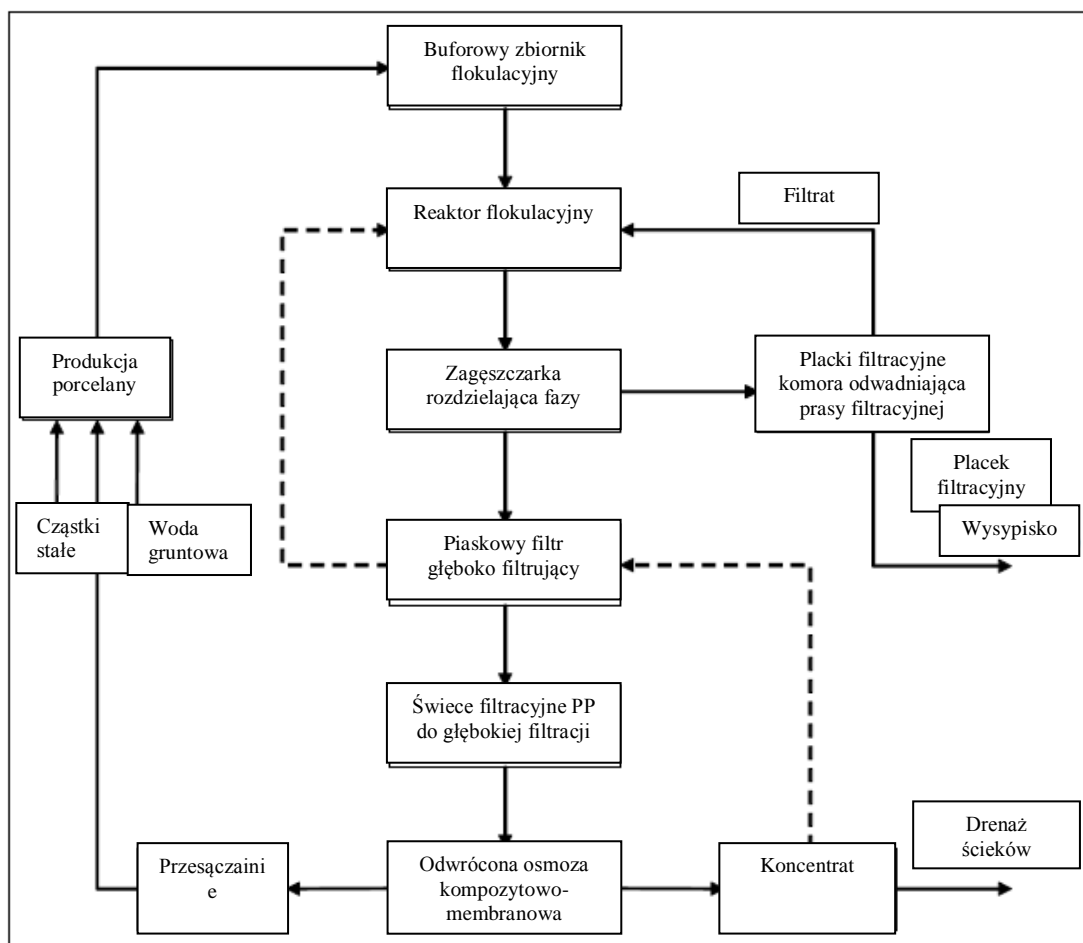
Pozostałości z sedymentacji/filtracji muszą zostać zutylizowane, jeżeli nie jest możliwe ich ponowne użycie (szczególnie, jeżeli stosowane są czynniki flokulacyjne, wytrącające lub absorpcyjne).

Dane operacyjne i zastosowanie

Systemy oczyszczania ścieków procesowych mogą być stosowane we wszystkich sektorach ceramicznych, ale trzeba wziąć pod uwagę następujące szczegółowe zadania:

- Jeżeli ścieki procesowe mają zostać ponownie wykorzystane w procesie przygotowania czerepów, żadna obróbka nie jest konieczna, ale niezbędne będzie zastosowanie zbiorników homogenizacyjnych, by zapewnić utrzymanie możliwie najbardziej spójnej charakterystyki.
- Jeżeli woda ma zostać ponownie wykorzystana do czyszczenia instalacji, jakość wody będzie musiała być wyższa, w związku z czym konieczne będzie zastosowanie, po uprzednim napowietrzeniu, sedymentacji z, lub bez, obróbką chemiczną, w celu usunięcia odorów.
- Nadmiar ścieków procesowych, które muszą zostać zutylizowane zewnętrznie zwykle wymagają zastosowania połączenia homogenizacji, flokulacji, sedymentacji i filtracji. Stosuje się także odwróconą osmozę do redukcji ilości zrzucanych ścieków procesowych.

Jako przykład, na poniższym rysunku przedstawiono diagram przepływu ścieków procesowych w oczyszczalni ścieków zakładu produkującego porcelanę stołową, wykorzystującej systemy oczyszczania ścieków wymienione powyżej [4, UBA, 2001].



Rysunek 4.16: Diagram przepływów oczyszczalni ścieków procesowych

W tym zakresie, por. tabela 3.3.8, która przedstawia odpowiednio analizę ścieków procesowych dotyczącą kilku etapów procesu oraz tabela 3.39, która przedstawia analizę ścieków procesowych w zakładzie produkującą ceramikę domową, w którym oczyszczanie odbywa się za pomocą procesu chemicznego wytrącania.

Por. także tabela 3.49, która przedstawia analizę czystych ścieków procesowych związanych z produkcją ceramiki technicznej (izolatory elektryczne), gdzie do oczyszczania wykorzystuje się flokulację, oddzielanie za pomocą zagęszczarki płytkowej i filtracji za pomocą prasy filtracyjnej, podczas gdy tabela 3.50 prezentuje także stężenia zanieczyszczeń w ściekach procesowych pochodzących z produkcji izolatorów elektrycznych po flokulacji, ale z pominięciem filtracji.

Ekonomia

Jeżeli ścieki procesowe mają zostać poddane utylizacji na zewnątrz, konieczne jest zachowanie zgodności z obowiązującymi przepisami prawnymi, co zmusza do przeprowadzenia szeregu etapów oczyszczania, w tym sedymentacji, chemicznego wytrącania, flokulacji i ostatecznego przetworzenia, z wykorzystaniem albo wymiany jonowej, albo odwróconej osmozy.

Jeżeli czysta woda z systemów oczyszczania ścieków procesowych może zostać ponownie wykorzystana, prowadzi to do zmniejszenia kosztów zużycia wody. Dzięki zastosowaniu kombinacji metod recyklingu i ponownego wykorzystania ścieków procesowych służących do zmniejszenia zużycia wody, możliwe jest obniżenie kosztów związanych z utylizacją materiałów zużytych podczas wymienionych powyżej etapów obróbki.

Czynniki skłaniające do zastosowania

- Wymagania prawne;
- Ograniczenie zużycia wody i surowców.

Przykładowe zakłady i literatura

[1, BMLFUW, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [10, Navarro, 1998], [13, SYKE, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005], [31, Probst, 2005]

4.5 Straty procesowe/odpady

4.5.1 Osady powstające podczas produkcji wyrobów ceramicznych

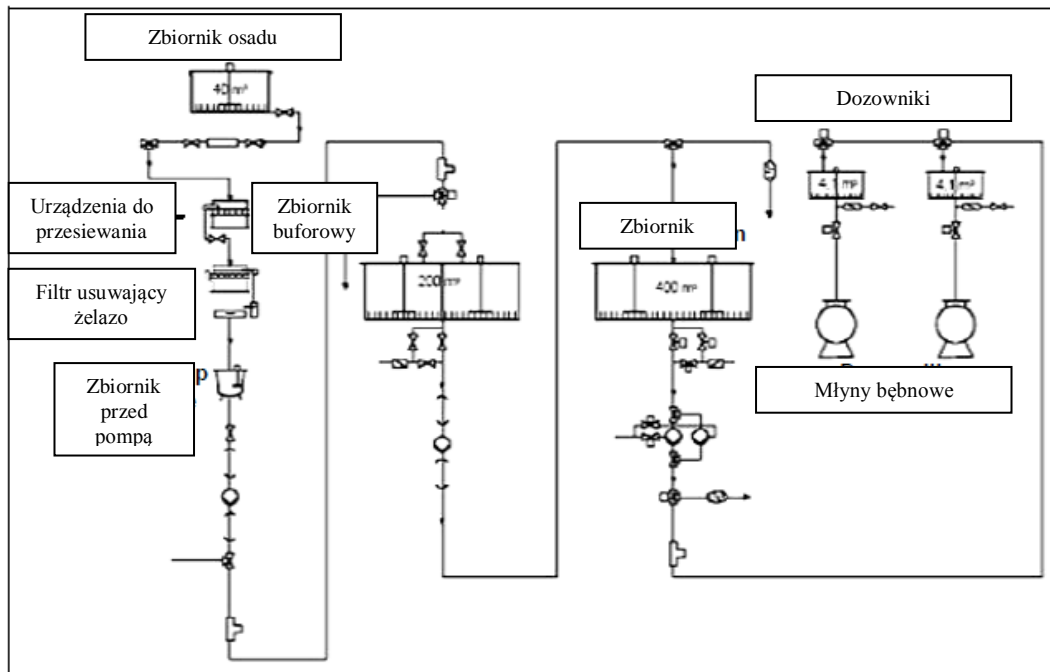
4.5.1.1 Systemy recyklingu osadów

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Recykling obejmuje ponowne wykorzystanie osadów w czerepach ceramicznych, jak w przypadku gazowych roztworów i gęstw zawierających materiały ceramiczne, na przykład do produkcji płytek ściennych i podłogowych, por. także sekcja 2.3.5 i 3.3.5.

Systemy recyklingu osadów mogą być łatwo wdrażane w instalacjach, w których przygotowuje się surowce za pomocą mielenia na mokro, ponieważ osady mogą być wykorzystywane bezpośrednio bez potrzeby stosowania obróbki dodatkowej lub za pomocą prostej obróbki fizycznej lub fizykochemicznej, która pozawala pozwala na ponowne wykorzystanie wody zawierającej jako woda do mielenia. Jeżeli stosuje się proces suchego przygotowania czerepów, osady nadal nie stanowią problemu, choć zarządzanie nimi jest bardziej skomplikowane, ponieważ osady muszą najpierw zostać osuszone.

Kolejny rysunek przedstawia schemat instalacji służącej do recyklingu osadów w zakładzie produkującym płytki ściennie i podłogowe (mokry proces) [4, UBA, 2001]. Osady są pompowane ze zbiornika do dwuetapowego urządzenia służącego do przesiewania. Następnie przechodzą one przez filtr usuwający żelazo, a później są wprowadzane do zbiornika poprzedzającego pompę o pojemności 3m³. Następnie osady są pompowane do dwóch zbiorników o pojemności 200m³, napełnianych na zmianę. Po zbadaniu właściwości osadów i pozytywnych wynikach analizy, osady są wprowadzane do głównego zbiornika o pojemności 400m³. Osady ceramiczne są półautomatycznie transportowane z głównego zbiornika do dozowników, skąd następnie trafiają do młynów bębnowych.



Rysunek 4.17: Schemat instalacji służącej do recyklingu osadów

Wykorzystując system recyklingu osadów nie tylko możliwe jest ograniczenie zużycia surowców i wody, ale także emisji zanieczyszczeń do środowiska.

Efekty krzyżowe

Jeżeli osady muszą zostać wysuszone przed ponownym użyciem, wzrasta zużycie energii. Należy zwrócić uwagę na możliwe negatywne konsekwencje tego, że zanieczyszczenia pochodzące z danej fazy/sekcji procesu/zakładu, takie jak przygotowanie i nakładanie glazury są wprowadzane do różnych faz/sekcji, na przykład przygotowania czerepów. Kontrola emisji gazowych i ścieków procesowych stanowią odpowiednie rozwiązania zapobiegające takim negatywnym konsekwencjom.

Dane operacyjne i zastosowanie

Ilość osadów generowanych podczas produkcji płytek ściennych i podłogowych waha się od 0,09 do 0,15 kg/m² gotowego produktu w stanie suchym, dla produktów o masie od 15 do 20 kg/m², co daje 0,4 -1,0% (kg suchych osadów /kg czerepu ceramicznego). Jeżeli wszystkie osady powstające podczas oczyszczania ścieków są ponownie wykorzystywane w procesie przygotowania czerepów, dodatek, w relacji do surowców służących do przygotowania czerepów, wynosi około 0,4-1,0% suchej masy. Ustalono, że 1-1,5% dodatku osadów do czerepów służących do produkcji płytek nie wpływa w zasadzie na zachowanie się produktów podczas procesu produkcyjnego [10, Navarro, 1998], [32, TWG Ceramics, 2006].

W związku z tym, zarówno jeżeli chodzi o bilans masy oraz zmiany zachowania, technicznie możliwe jest wykorzystanie wszystkich osadów w mokrym procesie mielenia, a dodatkowo ułatwia zarządzanie procesem.

W przypadku, gdy do przygotowania czerepów stosuje się niezależną instalację mokrej obróbki lub, gdy jest ona oddzielona od instalacji produkcyjnej, osady mogą być zawracane. Wodne roztwory oraz osady mogą być zawracane w zbiornikach lub transportowane za pomocą rurociągów.

Zastosowanie osadów, które zawierają zużytą glazurę i składniki glazury może wydawać się bardzo odpowiednią opcją. Jednak główną wadą całego procesu jest znaczna heterogeniczność składu osadów w czasie, ze względu na znaczną różnorodność glazury wykorzystywanej w danym zakładzie. Jednocześnie osady te nie mogą stanowić wyłącznego składnika, ale trzeba je traktować jako dodatki (np. topniki). Zatem, choć niekiedy może to stanowić dobre rozwiązanie, szczególnie w przypadku, gdy stosuje się jedną lub kilka różnych glazur, to jednak rozwiązanie nie może być traktowane jako właściwe we wszystkich przypadkach.

Ponowne wykorzystanie osadów nie może zatem być wykorzystywane zawsze. Jeżeli istnieją specjalne wymagania dotyczące jakości lub wydajności, osady mogą być wykorzystywane wyłącznie do innych produktów (por. sekcja 4.5.1.2).

Ekonomia

Recykling/ponowne wykorzystanie osadów pozwalają uniknąć – a zatem oszczędzić – kosztów utylizacji.

Czynniki skłaniające do zastosowania

Oszczędność kosztów poprzez oszczędność surowców i zmniejszenie zużycia wody oraz uniknięcie generowania odpadów.

Przykładowe zakłady i literatura

[3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [6, Timellini, 2004], [10, Navarro, 1998], [13, SYKE, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005], [32, TWG Ceramics, 2006]

4.5.1.2 Ponowne wykorzystanie osadów w innych produktach

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Osady mogą być ponownie wykorzystywane w sektorach ceramicznych innych, niż sektor, w którym zostały wygenerowane, ponieważ mogą zawierać interesujące z perspektywy technicznej lub korzystne ekonomicznie składniki. Na przykład, osady pochodzące z produkcji ceramiki domowej lub sanitarnej mogą być stosowane jako surowce/dodatki do produkcji bloczków glinianych i keramzytu.

To prowadzi, z jednej strony, do uniknięcia generowania odpadów i, z drugiej, do oszczędności surowców.

Efekty krzyżowe

Jeżeli osady muszą zostać osuszone przed ponownym użyciem, wzrośnie zużycie energii. Trzeba zwrócić uwagę na możliwe, negatywne konsekwencje spowodowane tym, że zanieczyszczenia pochodzące z konkretnej fazy/sekcji/sektora procesu/zakładu/przemysłu, takie jak przygotowanie i nakładanie glazury podczas produkcji ceramiki domowej, są wprowadzane do innej fazy/sekcji/sektora, na przykład przygotowania czerepów podczas produkcji cegieł. Kontrola gazowych emisji oraz ścieków procesowych stanowią odpowiednie rozwiązanie zapobiegające takim negatywnym konsekwencjom.

Dane operacyjne i zastosowanie

Temperatury topnienia glazury, które wchodzą w skład osadów oraz właściwości topiące muszą zostać uwzględnione, w przypadku, gdy osady mają zostać ponownie wykorzystane do produkcji artykułów budowlanych, ponieważ może to wpłynąć na ich właściwości.

Ekonomia i czynniki skłaniające do zastosowania

Oszczędność pieniędzy poprzez ograniczenie zużycia surowców i obniżenie kosztów utylizacji.

Przykładowe zakłady i literatura

[3, CERAME-UNIE, 2003], [13, SYKE, 2004], [22, SYKE, 2004], [23, TWG Ceramics, 2005]

4.5.2 Stałe straty procesowe/odpady

Sekcja omawia możliwości redukcji ilości stałych odpadów powstających w szeregu etapów podczas produkcji wyrobów ceramicznych. Stałe straty procesowe generowane w instalacjach/technikach zostały już omówione w niniejszym dokumencie, na przykład w rozdziałach 2 oraz 4 dotyczących technik ograniczania ilości pyłu.

4.5.2.1 Ogólne rozważania na temat ponownego wykorzystania stałych strat procesowych jako surowców

Pył zebrany podczas ładowania, rozładowywania, przenoszenia, mechanicznego przenoszenia i przetwarzania surowców może zwykle być wykorzystany jako surowiec. Na przykład podczas przechowywania surowców pył filtracyjny może być ponownie wprowadzany do procesu produkcyjnego lub do silosów, jeżeli wykorzystuje się oczyszczanie lokalnego powietrza za pomocą górnego filtra w silosie. Niemniej jednak bezpośrednie wprowadzanie może nie być możliwe w przypadku, gdy stosowane są urządzenia odpylające, ze względu na mieszanie się różnych surowców.

Także straty procesowe, które są generowane przed wypalaniem mogą zwykle być ponownie wykorzystywane jako surowce dodawane do mieszanki surowców. Ścinki, zużyte formy gipsowe, a także pył należą do głównych strat procesowych powstających podczas formowania. Ścinki z prasy są często zmiatane z blatu prasy, zbierane pod prasą i bezpośrednio wprowadzane do zbiornika z materiałami prasy. Ponadto, pył lub ścinki są często wprowadzane ponownie jako składniki partii gęstwy odlewniczej lub masy kamionkowej. Zużyte formy gipsowe mogą być ponownie wykorzystywane w przemyśle cementowym lub, po skruszeniu lub zmieleniu, także w przemyśle wyrabiającym nawozy sztuczne.

Pył pochodzący z systemów oczyszczania spalin mogą być wykorzystywane ponownie jedynie w określonych okolicznościach, ponieważ taki pył zawiera znaczne stężenie siarki i fluoru. Dodając go do mieszanki surowców, pył ten może zwiększać emisje HF i SO_x podczas procesu wypalania. Podobnie, pył z systemów oczyszczania spalin może zawierać cząsteczki adsorbentów takich jak na przykład wapień – jeżeli stosowany jest system adsorpcyjny wykorzystujący wapień – co wpływa na właściwości produktów. Zatem, oddzielne przeprowadzenie strumieni spalin ułatwia optymalne wykorzystanie pyłu ze strat procesowych. W większości przypadków podczas produkcji keramzytu, pył może zostać poddany recyklingowi.

Gips powstający podczas oczyszczania spalin, szczególnie podczas produkcji keramzytu lub cegieł i dachówek, nie może być ponownie wykorzystany w tych procesach, ale jest wykorzystywany w przemyśle cementowym jako czynnik regulujący twardość. Materiały, które nie mogą zostać poddane recyklingowi wewnątrz, opuszczają zakład, aby mogły zostać wykorzystane w innych sektorach lub dostarczane do zewnętrznych instalacjach przeznaczonych do recyklingu lub utylizacji odpadów.

Wypalane produkty, które nie są odpowiednie do sprzedaży (potłuczone) oraz potłuczone wsporniki wspomagające wypalanie, a także potłuczone wyroby ogniotrwałe z pieca mogą w niektórych przypadkach po oszlifowaniu być ponownie wykorzystane jako surowce. Potłuczone produkty, które nie mogą zostać ponownie wykorzystane w procesie, mogą niekiedy być wykorzystywane jako surowce w innych sektorach, na przykład zużyte tarcze ścierniwi organicznych są wykorzystywane jako materiał ogniotrwały w piecach hutniczych lub jako wypełnienia do konstrukcji dróg. Potłuczone cegły mogą być stosowane na przykład jako półprodukty do zielonych dachów, kortów tenisowych lub jako kruszywa do betonów specjalnych.

W porównaniu do składowania odpadów na wysypiskach, ponowne wykorzystanie stałych strat procesowych pociąga ze sobą;

- Ograniczenie zużytych surowców;
- Ograniczenie ilości zanieczyszczeń uwalnianych do środowiska;
- Ponowne wykorzystanie stałych strat procesowych pozwala uniknąć – a zarazem oszczędzić – kosztów utylizacji i także niektórych kosztów surowców.

[2, VITO, 2003], [3, CERAME-UNIE, 2003], [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005], [26, UBA, 2005], [28, Schorcht, 2005]

4.5.2.2 Ogólne rozważania na temat form gipsowych, elementów wspomagających wypalanie oraz potłuczonych produktów – unikanie/wymiana/redukcja

Wykorzystanie nowoczesnych technik w procesie formowania daje znaczące możliwości uniknięcia ścieków. Procesy, takie jak odlewanie gęstwy w formach gipsowych mogą być zastępowane ciśnieniowymi urządzeniami odlewniczymi z formami polimerowymi.

Dzięki tej metodzie unika się stosowania form gipsowych, a ponadto możliwe jest ograniczenie zużycia surowców do 20% oraz ograniczenie powstawania białego osadu. Użycie pras izostatycznych z formami polimerowymi także umożliwia uniknięcie korzystania z form gipsowych. W niektórych sektorach, na przykład w produkcji dachówek, możliwe jest zastosowanie zamkniętych form metalowych zamiast otwartych form gipsowych. Jednak zamiana form gipsowych możliwa jest jedynie w nowych instalacjach odlewniczych lub podczas całkowitej przebudowy starych, co jest kosztowne, a zatem, szczególnie w przypadku niewielkich przedsiębiorstw, trudne do realizacji. W niektórych przypadkach, przy zastosowaniu form gipsowych mogą wystąpić problemy związane z pojawianiem się ostrych krawędzi. Ponadto, formy metalowe mogą znacznie zmniejszyć ilość wody wypływającej z gliny podczas formowania w porównaniu do form gipsowych.

Ilość zużytych form gipsowych może także zostać ograniczona poprzez zwiększenie ich żywotności. Działanie automatycznych mieszadeł do gipsu oraz próżniowych mieszalników do gipsu pozwala na produkcję twardszych form, co oznacza, że ich żywotność jest dwa do trzech razy dłuższa. Jednak, na przykład, podczas mokrej obróbki dachówek nie jest zwykle możliwe zwiększenie twardości gipsu. Aby sprostać wymaganiom związanym z usuwaniem wody i odpornością na zużycie, konieczne jest zoptymalizowanie porowatości i twardości powierzchni.

Metody bezpośredniego zapobiegania powstawaniu odpadów są także dostępne na etapie wypalania, jeżeli zastosowane zostaną nowoczesne techniki. Jeżeli zamiast wypalania w piecu tunelowym lub kapsułach zostaną zastosowane szybkie metody wypalania, jak na przykład piece z paleniskiem rolkowym, ilość (zużytych) elementów wspomagających wypalanie może zostać ograniczona, ale trzeba wziąć pod uwagę, że żywotność tych elementów zależy od temperatury (zwykle wyższa niż w piecach z rolkowym paleniskiem) oraz technik obróbki (częstsze w przypadku szybszego wypalania, z uwagi na krótszy czas wypalania). Ponadto, szybkie wypalanie generuje więcej odrzuconych produktów ceramicznych – w przypadku płytek – których kształt jest skomplikowany, ponieważ technika ta jest szczególnie odpowiednia dla płaskich produktów, a zatem nie może być zastosowana we wszystkich przypadkach.

Stosunek potłuczonych produktów z procesu wypalania można zmniejszyć dzięki dokładnej kontroli krzywej wypalania oraz optymalizację ustawień [4, UBA, 2001], [23, TWG Ceramics, 2005].

4.6 Ogólne rozważania dotyczące hałasu

Ta sekcja omawia możliwości redukcji hałasu powstającego podczas szeregu etapów procesu produkcji ceramiki. Niektóre instalacje/techniki generujące hałas zostały już omówione w bieżącym dokumencie, z drugiej strony wiele aspektów hałasu nie jest specyficznych dla konkretnego sektora.

Redukcja emisji hałasu może zostać uzyskana dzięki bezpośredniemu działaniu przy źródle hałasu. Główne źródło hałasu to, na przykład, pneumatyczne oczyszczanie filtrów, kompresory, silniki służące do przygotowania oraz urządzenia służące do obróbki. Ochrona przed hałasem może zostać zapewniona dzięki zastosowaniu pokryw dla głośnych urządzeń lub przez konstruowanie ścian dźwiękochłonnych. Podwójne ściany lub podwójne konstrukcje zakrywające są bardzo skuteczne, ponieważ dodatkowo powietrze pomiędzy ścianami gwarantują wyższy poziom ochrony przed hałasem.

Drgania i hałas z szeregu urządzeń (na przykład pras, urządzeń kruszących i mieszających) nie mogą być skutecznie eliminowane za pomocą wymienionych wyżej metod, a zatem rozprzestrzenianie się hałasu i drgań musi zostać wyeliminowane za pomocą izolacji tłumiącej drgania. Metalowe zawieszania, połączenia gumy i metalu oraz elementy wykonane z filcu, gumy, korka oraz okładziny antywibracyjne, kładzione na całej podstawie bitumicznej lub przy poszczególnych urządzeniach stanowią skuteczne metody redukcji wibracji i hałasu. Inne metody ograniczania emisji hałasu z instalacji to zastosowanie wyciszenia przy źródle hałasu oraz zamiana wentylatorów szybko obracających się na większe, wolniej obracające się.

Jeżeli wymienione wyżej metody ochrony przed hałasem nie mogą zostać zastosowane, a także, jeżeli nie jest możliwe przeniesienie głośnych urządzeń do wnętrza budynków, zastosowane muszą zostać wtórne metody ochrony przed hałasem, często wewnątrz budynku. Można to osiągnąć za pomocą grubszych ścian lub metod tłumienia hałasu z okien (złożone szyby, które pozwalają też ograniczyć koszty ogrzewania), które muszą być zamknięte podczas głośnych czynności. W związku z tym trzeba także wspomnieć, że konieczność zamykania okien często prowadzi do zainstalowania (kosztownych i energochłonnych) systemów wentylacyjnych, ze względu na warunki pracy. Możliwe jest także przenoszenie okien, drzwi oraz głośnych instalacji znajdujących się na zewnątrz z dala od pobliskich terenów mieszkalnych.

Wpływ na hałas ma także zachowanie pracowników podczas pracy. Bramy muszą być zamknięte, jeżeli nie jest konieczne zachowanie stałego ruchu przez nie, a ostrożna jazda ciężarówkami i wózkami widłowymi także pozwala na ograniczenie emisji hałasu. Oprócz tego, można ograniczać czasowo głośne intensywne prace, np. należy unikać wyrzucania potłuczonych produktów lub stosowania wózków widłowych na otwartym powietrzu wieczorem lub w nocy. Dodatkowo, regularna konserwacja urządzeń za pomocą smarowania, a także regularna wymiana tłumików prowadzi do ograniczenia hałasu [4, UBA, 2001].

Ponieważ czynniki skłaniające do stosowania metod ochrony przed hałasem zwykle są związane z wymaganiami prawnymi (ochrona środowiska lub miejsca pracy), to z ekonomicznej perspektywy są one przede wszystkim związane z wydatkami, szczególnie, gdy niezbędne jest zastosowanie środków konstrukcyjnych.

4.7 Narzędzia zarządzania środowiskowego

Opis

Najwyższą wydajność środowiskową można zwykle uzyskać dzięki instalacji najlepszej technologii i używaniu jej w możliwie najskuteczniejszy sposób. Zostało to uwzględnione w zawartej w dyrektywie IPPC definicji „technologii”, czyli „zarówno wykorzystywana technologia, jak i sposób, w jaki instalacja jest zaprojektowana, zbudowana, utrzymywana, obsługiwana i likwidowana”.

W przypadku instalacji IPPC systemy zarządzania środowiskowego (SZŚ) stanowią narzędzie, które operatorzy mogą wykorzystać do zmierzenia się z tymi konstrukcyjnymi, projektowymi, konserwacyjnymi, operacyjnymi i likwidacyjnymi trudnościami w systematyczny, dowodliwy sposób. SZŚ obejmuje strukturę

organizacyjną, odpowiedzialność, praktyki, procedury, procesy i zasoby służące do rozwijania, wdrażania, podtrzymywania, kontrolowania i monitorowania polityki środowiskowej. Systemy zarządzania środowiskowego są najbardziej skuteczne i wydajne, gdy stanowią część ogólnego systemu zarządzania i obsługi instalacji.

W Unii Europejskiej wiele organizacji zdecydowało się dobrowolnie na wdrożenie systemu zarządzania środowiskiem w oparciu o EN ISO 14001:2004 lub systemem ek zarządzenia i audytu EMAS. EMAS obejmuje wymagania dotyczące zarządzania EN ISO 14001, ale kładzie dodatkowy nacisk na wymagania prawne, wydajność środowiskową i zaangażowanie pracowników. Wymaga także zewnętrznej weryfikacji systemu zarządzania oraz walidacji publicznej deklaracji środowiskowej (w EN ISO 14001 samoregulacja stanowi alternatywę dla zewnętrznej deklaracji). Wiele organizacji zdecydowało się na wdrożenie niestandardowych SZŚ.

Podczas gdy zarówno standardowe (EN ISO 14001:2004 oraz EMAS), jak i niestandardowe systemy („indywidualizowane”) zasadniczo traktują organizację jako całość, niniejszy dokument uwzględnia węższe podejście, nieobejmujące wszystkich czynności, np. dotyczących produktów i usług, ponieważ jednostką podlegającą regulacji na mocy dyrektywy IPPC jest instalacja (zgodnie z definicją zawartą w artykule 2).

System zarządzania środowiskowego (SZŚ) dla instalacji IPPC może obejmować następujące elementy:

- (a) definicję polityki środowiskowej;
- (b) planowanie i ustalanie celów i zadań;
- (c) wdrożenie i realizowanie procedur;
- (d) kontrole i działania korygujące;
- (e) przeglądy systemu zarządzania;
- (f) przygotowanie regularnych deklaracji środowiskowych;
- (g) walidacja przez jednostki certyfikowane lub zewnętrznych kontrolerów SZŚ;
- (h) kwestie dotyczące projektu oraz likwidacji instalacji;
- (i) rozwój czystszych technologii;
- (j) benchmarking.

Elementy te zostały objaśnione poniżej. Bardziej szczegółowe informacje dotyczące elementów (a) do (g) uwzględnionych w EMAS, czytelnik znajdzie w literaturze zacytowanej poniżej.

(a) Definicja polityki środowiskowej

Kierownictwo jest odpowiedzialne za zdefiniowanie polityki środowiskowej dla instalacji i zagwarantowanie, że:

- jest właściwa w stosunku do rodzaju, skali i środowiskowego oddziaływania realizowanych czynności;
- obejmuje zobowiązanie do zapobiegania i kontroli zanieczyszczeń;
- obejmuje zobowiązanie do postępowania zgodnego z wszelkimi przepisami środowiskowymi i regulacjami, a także innymi wymaganiami, do których przestrzegania organizacja zobowiązuje się;
- stanowi ramy dla ustanawiania i przeglądu celów i zadań środowiskowych;
- jest udokumentowana i została zakomunikowana wszystkim pracownikom;
- jest dostępna publicznie i dla wszystkich zainteresowanych stron.

(b) Planowanie, tj.:

- procedury identyfikacji środowiskowych aspektów instalacji, w celu ustalenia, które z czynności mają lub mogą mieć istotny wpływ na środowisko oraz aktualizacji tych informacji;
- procedury identyfikacji oraz dostępu do wymagań prawnych i innych, których organizacja musi przestrzegać, a które mają zastosowanie do środowiskowych aspektów realizowanych zadań;
- ustalanie i przeglądanie udokumentowanych celów i zadań środowiskowych z uwzględnieniem prawnych i innych wymagań, a także opinii zainteresowanych stron;
- ustalanie i regularne aktualizowanie programu zarządzania środowiskiem, w tym wyznaczenie osób odpowiedzialnych za realizację celów i zadań dla każdej istotnej funkcji oraz poziomu, metody i ramy czasowe, w których mają zostać osiągnięte.

(c) Wdrożenie i realizacja procedur

Ważne jest dysponowanie systemami, które zapewniają, że procedury są znane, zrozumiałe i przestrzegane, a zatem efektywne zarządzanie środowiskowe obejmuje:

(i) Struktura i odpowiedzialność:

- definiowanie, dokumentowanie i role komunikacyjne, odpowiedzialności i władze, które obejmują powoływanie specjalnych przedstawicieli zarządu;
- dostarczanie zasobów niezbędnych do realizacji i kontroli systemu zarządzania środowiskiem, w tym zasobów ludzkich i specjalnych kompetencji, technologii oraz zasobów finansowych.

(ii) Szkolenie, świadomości i kompetencje:

- identyfikacja potrzeb szkoleniowych w celu zapewnienia, że wszyscy pracownicy, których praca ma znaczący wpływ na oddziaływanie środowiskowe operacji zostali odpowiednio przeszkoleni.

(iii) Komunikacja:

- procedury nawiązywania i utrzymywania komunikacji wewnętrznej pomiędzy różnymi poziomami i funkcjami instalacji, a także procedurami, które pozwalają na ustanowienie dialogu z zewnętrznymi interesariuszami oraz procedury otrzymywania, dokumentowania i w razie potrzeby odpowiadania na istotną komunikację pochodzącą od interesariuszy zewnętrznych.

(iv) Zaangażowanie pracowników:

- angażowanie pracowników w proces, którego celem jest osiągnięcie wysokiego poziomu wydajności środowiskowej poprzez zastosowanie odpowiednich form uczestnictwa, takich jak księga sugestii, praca projektowych grup roboczych lub komitetów środowiskowych.

(v) Dokumentacja:

- ustalanie i aktualizowanie informacji, w formie papierowej i elektronicznej, aby opisać podstawowe elementy systemu zarządzania i ich wzajemne oddziaływanie oraz nadawanie kierunku powiązanej dokumentacji.

(vi) Skuteczna kontrola procesu:

- adekwatna kontrola procesu we wszystkich trybach działania, np. podczas przygotowywania, uruchomienia, normalnego funkcjonowania, wygaszania i w warunkach niestandardowych;
- identyfikacja kluczowych wskaźników wydajności oraz metod pomiaru i kontroli tych parametrów (np. przepływ, ciśnienie, skład i ilość);
- dokumentowanie i analizowanie niestandardowych warunków operacyjnych służących do identyfikowania dogłębnych przyczyn, a następnie radzenie sobie z nimi, by zdarzenia te nie powtarzały się (może to być łatwiejsze w kulturze nieobwiniania, gdzie identyfikacja przyczyny jest ważniejsza niż przypisywanie winy osobom).

(vii) Program konserwacji:

- ustalenie programu strukturalnego konserwacji w oparciu o opisy techniczne urządzeń, normy, etc. a także awarie urządzeń i ich konsekwencje;
- wspieranie programu konserwacji poprzez odpowiedni system przechowywania zapisów i testy diagnostyczne;
- jasne przenoszenie odpowiedzialności w zakresie planowania i realizacji konserwacji.

(viii) Gotowość i reagowanie:

- ustalenie i utrzymywanie procedur służących do identyfikacji potencjalnych wypadków i sytuacji awaryjnych oraz reagowania na nie, a także zapobiegania i ograniczanie środowiskowych wpływów, które mogą się z nimi wiązać.

(d) Kontrole i działania korygujące, tj.:

(i) Monitorowanie i pomiary:

- ustanawianie i utrzymywanie udokumentowanych procedur służących do regularnego monitorowania i pomiaru, kluczowe charakterystyki operacji i działań, które mogą mieć istotny wpływ na środowisko, w tym także zapisy informacji dotyczących kontroli wydajności, odpowiednich

kontroli funkcjonowania i zgodności ze środowiskowymi celami i zadaniami instalacji (*por. także dokument referencyjny dotyczący monitoringu emisji*);

- ustanawianie i utrzymywanie udokumentowanych procedur okresowej oceny zgodność z odpowiednimi regulacjami i przepisami prawnymi.

(ii) Działania korygujące i zapobiegawcze

- ustanawianie i utrzymywanie procedur definiowania odpowiedzialności za naprawianie i znajdowanie niezgodności z dopuszczalnymi warunkami, innymi prawnymi wymaganiami, a także celów i zadań, podejmując działania do ograniczenia wpływu oraz inicjowanie i przeprowadzanie działań korygujących i zapobiegawczych właściwych do rozmiaru problemu i współmiernych do spowodowanych oddziaływań środowiskowych.

(iii) Zapisy

- ustanawianie i utrzymywanie procedur identyfikowania, utrzymywania i rozmieszczania czytelnych, łatwych do zidentyfikowania i zlokalizowania zapisów środowiskowych, w tym także zapisów na temat szkoleń oraz wyników audytów i przeglądów.

(iv) Audyt

- ustanawianie i utrzymywanie (a) programów i procedur okresowych audytów systemu zarządzania środowiskowego, który obejmuje dyskusje z pracownikami, inspekcje warunków operacyjnych i urzędzeń oraz przeglądy zapisów i dokumentacji oraz wyników zawartych w pisemnych raportach, które powinny być przeprowadzane bezstronnie i obiektywnie przez pracowników (audyty wewnętrzne) lub przez podmioty zewnętrzne (audyty zewnętrzne), obejmujące zakres audytu, częstotliwość i metodologie, a także zakres odpowiedzialności i wymagania dotyczące przeprowadzania audytu i raportowania ustaleń, w celu ustalenia, czy system zarządzania środowiskowego jest zgodny z planem, czy nie, a także czy jest poprawnie wdrażany i utrzymywany.

- przeprowadzanie audytu lub cyklu audytów, w zależności od potrzeb, okresowo, nie rzadziej niż raz na trzy lata, w zależności od charakteru, skali i złożoności działalności, znaczenia związanych z nią oddziaływań środowiskowych, siły i pilności problemów wykrytych podczas poprzednich audytów oraz historii problemów środowiskowych – bardziej złożone działania o większych oddziaływaniach środowiskowych są poddawane audytowi częściej.

- zapewnieni obowiązywania odpowiednich mechanizmów, gwarantujących, że ustalenia audytu są realizowane.

(v) Okresowa ocena zgodności z przepisami prawnymi

- przegląd zgodności z właściwymi przepisami w zakresie środowiska oraz warunkami pozwoleń środowiskowych uzyskanych przez daną instalację;

- dokumentacja oceny.

(e) Przegląd zarządzania, tj.:

- dokonywany okresowo przez kierownictwo, przegląd systemu zarządzania środowiskowego, aby zapewnić jego trwałą stabilność, odpowiedniość i skuteczność;

- zapewnienie, że niezbędne informacje są zbierane, co umożliwi kierownictwu przeprowadzenie oceny;

- dokumentacja przeglądu.

(f) Przygotowanie regularnych oświadczeń środowiskowych:

- przygotowanie oświadczeń środowiskowych, które zwracają szczególną uwagę na wyniki osiągnięte przez instalację względem jej środowiskowych celów i zadań. Są one wydawane regularnie –raz do roku lub rzadziej, w zależności od znaczenia emisji, ilości generowanych odpadów, etc. Zawierają one potrzeby informacyjne istotnych zainteresowanych stron i są ogólnie dostępne (np. w formie publikacji elektronicznych, w bibliotekach, etc.).

Tworząc takie oświadczenie, operatorzy mogą korzystać z istniejących wskaźników wydajności środowiskowej, upewniając się, że wybrane wskaźniki:

- i. właściwie odzwierciedlają działanie instalacji;
- ii. są zrozumiałe i jednoznaczne;

- iii. pozwalają na porównanie rok do roku umożliwiające ocenę poprawy wydajności środowiskowej instalacji;
- iv. pozwalają na dokonywanie, w razie potrzeby, sektorowych, krajowych lub regionalnych porównań.
- v. pozwalają, w razie potrzeby, na porównanie z wymaganiami zawartymi w przepisach.

(g) Walidacja przez podmioty certyfikowane lub zewnętrzne podmioty kontrolujące SZŚ:

- posiadanie systemu zarządzania, procedur prowadzenia audytu oraz wydawania świadectw środowiskowych sprawdzonych i zwalidowanych przez akredytowany organ certyfikujący lub zewnętrzny podmiot kontrolujący SZŚ można, o ile procedury te zostaną właściwie przeprowadzone, zwiększyć wiarygodność systemu.

(h) Rozważania na temat projektu w zakresie likwidacji instalacji

- uwzględnienie oddziaływania środowiskowego potencjalnej likwidacji instalacji na etapie jej projektowania, ponieważ dalekowzroczność sprawia, że likwidacja jest łatwiejsza, czystsza i tańsza;

- likwidacja stanowi zagrożenie dla środowiska związane z zanieczyszczeniem ziemi (oraz wód gruntowych), a także generuje duże ilości odpadów stałych. Techniki zapobiegawcze są zależne od konkretnych procesów, ale ogólne rozważania mogą obejmować:

- i. unikanie struktur podziemnych;
- ii. włączanie struktur ułatwiających rozmontowywanie;
- iii. wybieranie typów wykończeni powierzchni, które są łatwe do oczyszczenia;
- iv. stosowanie takich urządzeń, które minimalizują wiązanie związków chemicznych o ułatwiają ich splukiwanie lub mycie;
- v. projektowanie elastycznych, samodzielnych instalacji, które umożliwiają zamknięcie;
- vi. stosowanie biodegradowalnych i nadających się do recyklingu materiałów, zawsze, gdy to możliwe.

(i) Rozwój czystszych technologii:

- ochrona środowiska powinna stanowić wewnętrzną cechę wszelkich czynności związanych z projektowaniem systemu realizowanych przez operatora, ponieważ techniki włączone na możliwie wczesnym etapie projektowania są zarazem bardziej skuteczne i tańsze. Uwzględnianie rozwoju czystszych technologii może opierać się na R&D lub studiach. Zamiast wewnętrznych działań możliwe jest dokonywanie mechanizmów na bieżąco – oraz w razie potrzeby – powierzanie prac innym operatorom lub instytutom badawczym funkcjonującym w danym sektorze.

(j) Benchmarking, tj.:

- przeprowadzanie systematycznych i regularnych porównań w ramach sektorowych, krajowych lub regionalnych benchmarków, obejmujących wydajność energetyczną oraz działania dotyczące oszczędzania energii, wyboru surowców, emisji do powietrza oraz do wody (za pomocą na przykład Europejskiego Rejestru Emisji Zanieczyszczeń, EPER), zużycia wody oraz generowania odpadów.

Standardowe i niestandardowe SZŚ:

SZŚ może przybierać formę zestandaryzowaną lub nie (zindywidualizowaną). Wdrożenie i przestrzeganie akceptowanych międzynarodowo zestandaryzowanych systemów, takich jak EN ISO 14001:2004 może zwiększać wiarygodność SZŚ, szczególnie w zakresie odpowiednio przeprowadzonej zewnętrznej weryfikacji. EMAS zwiększa wiarygodność ze względu na interakcję ze społeczeństwem poprzez okresowe oświadczenia oraz mechanizm zapewniający zgodność z odpowiednimi przepisami prawnymi. Jednakże, niestandardowane systemy mogą zasadniczo być równie skuteczne, pod warunkiem, że są odpowiednio projektowane i wdrażane.

Osiągnięte korzyści środowiskowe

Wdrożenie i przestrzeganie zasad SZŚ skupia uwagę operatora na wydajności środowiskowej instalacji. W szczególności, utrzymywanie i zgodność z jasnymi procedurami operacyjnymi dla normalnych i nienormalnych warunków oraz odpowiednich zakresów odpowiedzialności powinno zagwarantować, że warunki zawarte w pozwoleniu dla instalacji oraz innych cele środowiskowych oraz zadania są spełniane cały czas.

Systemy zarządzania środowiskowego zwykle zapewniają stałą poprawę środowiskowej wydajności instalacji. Im gorszy jest punkt wyjścia, tym bardziej znaczących krótkoterminowych usprawnień można oczekiwać. Jeżeli instalacja już osiąga dobrą ogólną wydajność środowiskową, system wspomaga operatorów w utrzymywaniu wysokiego poziomu wydajności.

Efekty krzyżowe

Techniki zarządzania środowiskowego są projektowane w taki sposób, by odpowiadać ogólnym oddziaływaniom środowiskowym, co jest zgodne ze zintegrowanym podejściem zawartym w dyrektywie IPPC.

Dane operacyjne

Brak szczegółowych informacji.

Zastosowanie

Powyżej opisane składniki mogą zasadniczo być stosowane do wszystkich instalacji IPPC. Zakres (np. poziom szczegółowości) oraz charakter SZŚ (np. zestandaryzowane lub nie) będą wiązać się z charakterem, skalą oraz złożonością instalacji oraz od zakresu oddziaływań środowiskowych, które może wywierać.

Ekonomia

Trudno dokładnie oszacować koszty oraz korzyści ekonomiczne związane z wdrożeniem i utrzymywaniem dobrego SZŚ. Poniżej zaprezentowano szereg badań. Jednak są to tylko przykłady a ich wyniki nie są całkowicie spójne. Dane te mogą nie być reprezentatywne dla wszystkich sektorów w UE i w związku z tym powinny być traktowane z odpowiednią ostrożnością.

W ramach szwedzkich badań przeprowadzonych w latach 1999 przeanalizowano wszystkie 360 firm certyfikowanych w ramach systemu ISO i zarejestrowanych w EMAS w Szwecji. Odpowiedzi uzyskano od około 50% firm, obejmowały one między innymi:

- wydatki związane z wdrożeniem i utrzymywaniem SZŚ są wysokie, ale nie nieuzasadnione, z wyjątkiem bardzo małych firm. Wydatki powinny zmniejszać się z czasem;
- wyższy stopień koordynacji i integracji SZŚ z innymi systemami zarządzania jest uważany za możliwą metodę obniżania kosztów;
- połowa celów i zadań środowiskowych zwraca się w ciągu jednego roku dzięki oszczędności kosztów i/lub zwiększeniu zysków;
- największe oszczędności kosztów można uzyskać dzięki zmniejszeniu wydatków na energię i surowce oraz utylizację odpadów;
- większość firm uważa, że ich pozycja na rynku została wzmocniona dzięki SZŚ. Jedna trzecia firm odnotowała wzrost dochodów w wyniku wdrożenia SZŚ.

W niektórych państwach członkowskich na instalacje posiadające certyfikat nakłada się niższe opłaty za nadzór.

Szereg badań¹ pokazuje, że istnieje odwrotna zależność pomiędzy wielkością firmy a kosztem wdrożenia SZŚ. Podobna odwrotna zależność istnieje w przypadku zwrotu z inwestycji. Oba te elementy pozwalają wyciągnąć wniosek, że relacja kosztów do korzyści związanych z wdrożeniem SZŚ jest mniej korzystna w przypadku MSP, niż w przypadku dużych firm.

Według szwajcarskich badań średni koszt zaprojektowania i utrzymywania systemu ISO 14001 może się różnić:

- dla firmy zatrudniającej od 1 do 49 pracowników: 64000 CHF (44000 EUR) za projekt SZŚ i 16000 CHF (11000 EUR) rocznie za utrzymywanie;
- w przypadku zakładów zatrudniających ponad 250 pracowników: 367000 CHF (252000 EUR) za konstrukcję SZŚ i 155000 CHF (106000 EUR) rocznie za utrzymywanie.

¹ Np. Dyllick i Hamschmidt (2000, 73) za: Klemisch H. i Holger, R. *Umweltmanagementsysteme in kleinen und mittleren Unternehmen – Befunde bisheriger Umsetzung*, KNI Papers 01/02, styczeń 2002, s. 15; lausen J., M. Keil and M. Jungwirth, *The State of EMAS in the EU. Eco-Management as a Tool for Sustainable Development – Literature Study*, Institute for Ecological Economy Research (Berlin) and Ecologic – Institute for International and European Environmental Policy (Berlin), 2002, s. 15.

Takie średnie dane nie muszą odzwierciedlać rzeczywistych kosztów dla konkretnego przedsięwzięcia, ponieważ koszty w dużej mierze zależą od szeregu istotnych czynników (zanieczyszczeń, zużycie energii...), a także od złożoności problemów, które muszą zostać przeanalizowane.

Najnowsze niemieckie badania (Schaltegger, Stefan and Wagner, Marcus, *Umweltmanagement in deutschen Unternehmen - der aktuelle Stand der Praxis*, luty 2002, s. 106) pokazują następujące koszty EMAS dla różnych sektorów. *Można zauważyć, że dane te są znacznie niższe, niż te, które są cytowane w omówionych powyżej badaniach szwajcarskich. Stanowi to potwierdzenie trudności związanych z ustalaniem kosztów SZŚ.*

Koszty konstrukcji (EUR):

Minimalne – 18750
Maksymalne – 75000
Średnie – 50000

Koszty walidacji (EUR):

Minimalne – 5000
Maksymalne – 12500
Średnia – 6000

Badania przeprowadzone przez Niemiecki Instytut Przedsiębiorców (Unternehmerinstitut/Arbeitsgemeinschaft Selbständiger Unternehmer UNI/ASU, 1997, *Umweltmanagementbefragung - Öko-Audit in der mittelständischen Praxis - Evaluierung und Ansätze für eine Effizienzsteigerung von Umweltmanagementsystemen in der Praxis*, Bonn) dostarczają informacji na temat średnich oszczędności osiąganych dzięki EMAS rocznie, a także średni czas zwrotu z inwestycji. Na przykład, koszty wdrożenia w wysokości 80000 EUR pozwalają na oszczędności w wysokości 50000 EUR rocznie, co odpowiada okresowi zwrotu z inwestycji równego około półtorej roku.

Zewnętrzne koszty związane z weryfikacją systemu mogą zostać oszacowane za pomocą wskazówek wydanych przez International Accreditation Forum (<http://www.iaf.nu>).

Czynniki skłaniające do zastosowania

Systemy zarządzania środowiskowego mogą przynieść szereg korzyści, na przykład:

- lepszy ogólny ogląd środowiskowych aspektów firmy;
- stabilniejsze podstawy dla podejmowania decyzji;
- zwiększenie motywacji pracowników;
- dodatkowe możliwości obniżenia kosztów operacyjnych oraz poprawy jakości produktów;
- zwiększenie wydajności środowiskowej;
- poprawa wizerunku firmy;
- obniżenie kosztów związanych z odpowiedzialnością, ubezpieczeniem i niezgodnościami;
- zwiększenie atrakcyjności dla pracowników, klientów i inwestorów;
- zwiększenie zaufania organów regulacyjnych, co może doprowadzić do ograniczenia kontroli;
- poprawa relacji z organizacjami środowiskowymi.

Przykładowe zakłady

Elementy opisane w punktach od (a) do (e) stanowią elementy EN ISO 14001:2004 oraz Wspólnotowego Systemu Ekozarządzania i Audytu (EMAS), podczas gdy podpunkty (f) i (g) są właściwe tylko dla EMAS. Te dwa zestandaryzowane systemy są stosowane w szeregu instalacji IPPC. Na przykład, w lipcu 2002 roku z 357 organizacji działających w ramach przemysłu chemicznego UE (NACE kod 24), większość prowadzi instalacje IPPC.

W Wielkiej Brytanii Environment Agency of England and Wales przeprowadziła w 2001 roku ankietę wśród operatorów instalacji działających w ramach IPC (precursor IPPC). Wykazały one, że 32% respondentów posiada certyfikat ISO 14001 (co odpowiada 21% wszystkich instalacji IPC) a 7% zarejestrowanych było w EMAS. W Irlandii, gdzie wdrożenie SZŚ (niekoniecznie zestandaryzowanego) jest niezbędne dla uzyskania licencji IPC, około 100 z 500 licencjonowanych instalacji wdrożyło SZŚ

zgodne z ISO 14001, podczas gdy pozostałe 400 instalacji zdecydowało się na wdrożenie niezestandaryzowanego SZŚ.

Literatura

Rozporządzenie (WE) nr 761/2001 parlamentu europejskiego i rady z dnia 19 marca 2001 r. dopuszczające dobrowolny udział organizacji w systemie eko- zarządzania i audytu we wspólnocie (EMAS), OJ L 114, 24/4/2001, http://europa.eu.int/comm/environment/emas/index_en.htm)

(EN ISO 14001:2004, <http://www.iso.ch/iso/en/iso9000-14000/iso14000/iso14000index.html>;
<http://www.tc207.org>).

5. NAJLEPSZE DOSTĘPNE TECHNIKI DLA PRODUKCJI CERAMIKI

Aby zrozumieć ten rozdział i jego treść, czytelnik powinien zwrócić uwagę na przedmowę tego dokumentu, a w szczególności piątą sekcję przedmowy: „Jak należy rozumieć niniejszy dokument?”. Techniki i związane z nimi emisje i/lub poziomy zużycia lub zakresy poziomów omówione w tym rozdziale zostały ocenione w toku iteracyjnego procesu obejmującego następujące etapy:

- identyfikacja kluczowych dla przemysłu produkcji ceramicznej zagadnień środowiskowych;
- badanie najważniejszych technik z punktu widzenia przewyższenia tych trudności;
- identyfikacja poziomów najlepszej wydajności środowiskowej, w oparciu o dane dostępne w Unii Europejskiej i na świecie;
- badanie warunków, w których te poziomy wydajności mogą zostać osiągnięte, takich jak koszty, efekty krzyżowe i główne czynniki skłaniające do zastosowanie tych technik;
- wybór „najlepszych możliwych technik” (BAT) oraz związanych z nimi emisji i/lub poziomów zużycia dla przemysłu produkcji ceramicznej w ogólnym znaczeniu, zgodnie z artykułem 2(11) oraz załącznikiem IV do dyrektywy.

Ekspertyza wykonana przez europejskie biuro IPPC oraz właściwą techniczną grupę roboczą (TWG) odgrywa kluczową rolę na każdym z tych etapów, a także w sposobie prezentowania tu tych informacji.

W oparciu o tę ocenę, techniki, a także potencjalne emisje i poziomy zużycia związane z zastosowaniem BAT zostały zaprezentowane w niniejszym rozdziale, który odpowiada wymaganiom całego sektora ceramicznego, a w wielu przypadkach odzwierciedla aktualne poziomy wydajności niektórych instalacji działających w tym sektorze. W przypadku, gdy zaprezentowane zostały poziomy emisji lub zużycia należy je zrozumieć jako poziomy odpowiadające wydajności środowiskowej, której należy spodziewać się dzięki zastosowaniu, w konkretnym sektorze, opisanych technik, uwzględniając jednocześnie koszty i korzyści zawarte w definicji BAT. Jednak nie są to poziomy graniczne emisji ani zużycia i nie mogą być jako takie rozumiane. W niektórych przypadkach może być technicznie możliwe osiągnięcie lepszych poziomów emisji lub zużycia, ale ze względu na koszty lub rozważania na temat efektów krzyżowych, techniki takie nie są uważane za BAT dla całego sektora ceramicznego. Jednak poziomy takie mogą być traktowane jako uzasadnione w konkretnych przypadkach, gdy pojawiają się specjalne czynniki motywacyjne.

Poziomy emisji i zużycia związane z zastosowaniem BAT muszą być postrzegane w kontekście warunków odniesienia (np. okresy uśredniania).

Pojęcie „poziomów związanych z BAT” opisane powyżej musi zostać odróżnione od stosowanego także w tym dokumencie pojęcia „poziomów osiągalnych”. W przypadku, gdy poziom jest opisywany jako „osiągalny” dzięki zastosowaniu konkretnej techniki lub połączenia technik, można oczekiwać, że poziom taki zostanie osiągnięty w określonym okresie czasu w dobrze utrzymanej i zarządzanej instalacji lub w procesie stosujących te techniki.

Gdy to możliwe, dane dotyczące kosztów zostały podane wraz z opisem technik zaprezentowanych w poprzednim rozdziale. To pozwala na ogólne rozpoznanie rzędu wielkości kosztów. Jednak, rzeczywiste koszty związane z daną techniką zależy w znacznym stopniu od konkretnej sytuacji, na przykład, podatków, opłat i charakterystyk technicznych danej instalacji. Nie jest możliwe dokonanie oceny takich specyficznych dla danego miejsca czynników w tym dokumencie. Z uwagi na brak danych na temat kosztów, wnioski na temat ekonomicznej opłacalności techniki zostały wyprowadzone z obserwacji istniejących instalacji.

W zamierzeniu ogólne techniki BAT omówione w tym rozdziale stanowią punkt odniesienia służący do oceny aktualnej wydajności istniejącej instalacji lub do oceny propozycji nowej instalacji. Dzięki temu mogą one wspomóc ustalenie właściwych warunków związanych z BAT dla instalacji lub ustalenie ogólnych wiążących zasad zgodnych z artykułem 9(8). Przewiduje się, że nowe instalacje mogą być projektowane w taki sposób, by działały na poziomie równym lub nawet wyższym niż ogólne poziomy BAT omówione tu. Uważa się także, że istniejące instalacje mogą przesuwać się w kierunku ogólnych poziomów BAT lub poziomów lepszych, w zależności od technicznej i ekonomicznej możliwości zastosowania technik w każdym poszczególnym przypadku.

Chociaż dokumenty referencyjne BAT nie ustanawiają prawnie wiążących norm, to ich celem jest dostarczenie informacji służących jako wskazówki dla przemysłu, państw członkowskich oraz społeczeństw w zakresie poziomów emisji i zużycia osiągalnych dzięki zastosowaniu konkretnych technik. Odpowiednie limity wartości dla każdego konkretnego przypadku muszą zostać ustalone z uwzględnieniem celów dyrektywy IPPC oraz uwarunkowań lokalnych.

W tym dokumencie, wnioski dotyczące BAT dla przemysłu ceramicznego zostały ustalone na dwóch poziomach. Sekcja 5.1 omawia wnioski na temat ogólnych BAT. Sekcja 5.2 zawiera wnioski na temat szczególnych technik BAT dla każdego z dziewięciu podstawowych sektorów przemysłu ceramicznego uwzględnionych w zakresie niniejszego dokumentu. Najlepsze dostępne techniki dla konkretnych instalacji zwykle będą stanowić indywidualną kombinację technik i działań wymienionych w tym rozdziale w sekcjach dotyczących ogólnych i specyficznych technik (sekcje 5.1 i 5.2).

W przypadku, gdy techniki uznane za BAT mogą być stosowane w kombinacji, skutki takich połączeń powinny zostać uwzględnione we wnioskach z BAT służących jako podstawa dla warunków pozwoleń dla konkretnych przypadków.

Rekomendacje pomagające użytkownikom/czytelnikom korzystać z tego dokumentu:

Zaleca się, by rozdział 5 czytać łącznie z rozdziałem 4, ponieważ pod uwagę należy wziąć nie tylko zastosowanie, ale także ograniczenia zastosowania techniki oraz metod omówione w rozdziale 4. Aby pomóc w czytaniu, w rozdziale 5 zamieszczono odwołania do rozdziału 4.

Standardowe warunki pomiaru natężenia przepływu i stężenia znajdują się poniżej, a także w słowniku:

m ³ /h	Natężenie przepływu: o ile w dokumencie nie stwierdzono inaczej, natężenie przepływu odnosi się do 18% tlenu i stanu normalnego
mg/m ³	Stężenie: o ile w dokumencie nie stwierdzono inaczej, stężenie gazowych substancji lub mieszanin substancji odnoszą się do suchych spalin w 18% tlenu i w stanie normalnym, natomiast stężenie benzenu odnosi się do 15% tlenu i stanu normalnego.
stan normalny	Odnosi się do temperatury 273 K i ciśnienia 1013hPa.

Należy raz jeszcze podkreślić, że, jak zostało szczegółowo omówione w PRZEDMOWIE, niniejszy dokument nie proponuje wartości granicznych emisji. Ustalenie odpowiednich warunków zezwoleń obejmuje uwzględnienie lokalnych, właściwych dla konkretnego miejsca warunków, takich jak charakterystyki techniczne konkretnej instalacji, jej położenie geograficzne oraz lokalne warunki środowiskowe. W przypadku istniejących instalacji pod uwagę trzeba wziąć także techniczne i ekonomiczne możliwości ich modernizacji. Nawet pojedyncze cele związane z zapewnieniem wysokiej ochrony środowiska będą często obejmować kompromisy pomiędzy różnymi rodzajami oddziaływań środowiskowych, a na oceny te wpływać będą uwarunkowanie lokalne.

Choć podjęto próby rozwiązania niektórych spośród tych problemów, nie jest możliwe omówienie ich w pełni w tym dokumencie. Techniki oraz poziomy zaprezentowane w rozdziale 5 nie będą zatem z konieczności odpowiednie dla wszystkich instalacji. Z drugiej strony, obowiązek zapewnienia wysokiego poziomu ochrony środowiska obejmujący minimalizację długoterminowych lub transgranicznych zanieczyszczeń powoduje, że warunki pozwoleń nie mogą być ustalone wyłącznie w oparciu o lokalne uwarunkowania. Jest zatem niezwykle ważne, by informacje zawarte w niniejszym dokumencie zostały w pełni uwzględnione.

5.1 Ogólne najlepsze dostępne techniki

Bieżąca sekcja zawiera wnioski dotyczące ogólnych technik BAT dotyczących wszystkich dziewięciu sektorów omówionych i opisanych w tym dokumencie. Najlepsze dostępne techniki dla konkretnych instalacji zwykle będą zakładać zastosowanie jednej, lub kombinacji kilku, technik i działań wymienionych w tej sekcji oraz w sekcji dotyczącej rozwiązań specyficznych dla danego sektora (sekcja 5.2).

Najlepsze dostępne techniki oraz zaprezentowane zakresy poziomów emisji lub zużycia związane z BAT (zakresy BAT AEL) odnoszą się do instalacji wyposażonych w piece o różnych rozmiarach, różnych

trybach działania, np. ciągle lub okresowo, a także różnych godzinach działania w ciągu roku. Specjalne, lokalne uwarunkowania nie mogą zostać w pełni uwzględnione. BAT AEL nie definiują i nie sugerują wartości granicznych (ELV).

Zaleca się, by rozdział 5 czytać łącznie z rozdziałem 4, ponieważ pod uwagę należy wziąć nie tylko zastosowanie, ale także ograniczenia zastosowania techniki oraz metod omówione w rozdziale 4. Wnioski dotyczące BAT zawarte w rozdziale 5 nie mogą być poprawnie interpretowane, o ile nie zostaną odczytane łącznie z rozdziałem 4. Aby pomóc w czytaniu, w rozdziale 5 zamieszczono odwołania do rozdziału 4.

5.1.1 Zarządzanie środowiskowe

Szereg technik zarządzania środowiskowego zostało uznanych za BAT. Zakres (np. poziom szczegółowości) oraz charakter SZŚ (np. zestandaryzowane i niezestandaryzowane) będą zasadniczo odnosić się do rodzaju, skali i złożoności instalacji oraz zakresu oddziaływań środowiskowych, jakie może powodować.

BAT ma na celu wdrożenie i stosowanie środowiskowego systemu zarządzania (SZŚ) łączącego odpowiednio do indywidualnych uwarunkowań, następujące cechy (por. sekcja 4.7):

- a) definicja polityki środowiskowej dla instalacji przygotowana przez kierownictwa (zobowiązanie kierownictwa jest traktowane jako warunek podstawowy dla skutecznego stosowania innych cech SZŚ);
 - b) planowanie i ustanowienie niezbędnych procedur;
 - c) procedury wdrożenia uwzględniające w szczególności:
 - I. strukturę odpowiedzialności;
 - II. szkolenia, świadomość i kompetencje;
 - III. komunikację;
 - IV. zaangażowanie pracowników;
 - V. dokumentację;
 - VI. skuteczną kontrolę procesu;
 - VII. program konserwacji;
 - VIII. gotowość i metody reagowania na warunki awaryjne;
 - IX. zapewnienie zgodności z przepisami prawa środowiskowego.
 - d) kontrola wydajności oraz podejmowanie działań naprawczych, zwracając szczególną uwagę na:
 - I. monitoring i pomiar (por. dokument referencyjny dotyczący monitoringu emisji);
 - II. działania korygujące i zapobiegawcze;
 - III. utrzymywanie zapisów;
 - IV. niezależne wewnętrzne audyty (w razie potrzeby), których celem jest ustalenie czy system zarządzania środowiskowego jest zgodny z planami oraz czy został właściwie wdrożony i czy jest odpowiednio utrzymywany.
 - e) przegląd kierownictwa
- Trzy kolejne elementy, które mogą uzupełnić powyższe etapy, traktowane są jako działania pomocnicze. Jednak ich brak nie jest traktowany jako niezgodny z BAT. Te trzy etapy to:
- f) posiadanie systemu zarządzania i procedur audytu sprawdzonych i zwalidowanych przez akredytowany organ certyfikujący lub zewnętrznego kontrolera SZŚ;
 - g) przygotowanie i publikacja (a najlepiej także zewnątrz walidacja) regularnych oświadczeń środowiskowych opisujących wszystkie istotne aspekty środowiskowe instalacji umożliwiające dokonanie porównania rok do roku w kontekście celów i zadań środowiskowych, a także, w razie potrzeby, sektorowymi benchmarkami;
 - h) wdrożenie i przestrzeganie międzynarodowych dobrowolnych systemów, takich jak EMAS i EN ISO 14001:2004. Taki dobrowolne zobowiązanie może zwiększyć wiarygodność SZŚ. W szczególności EMAS, łączący w sobie wszystkie wymienione powyżej elementy, staje się bardziej wiarygodny. Jednak

niezestandaryzowane systemy mogą zasadniczo być równie skuteczne, pod warunkiem, że zostaną odpowiednio zaprojektowane i wdrożone.

Szczególnie w przypadku przemysłu ceramicznego, ważne jest, by rozważyć następujące potencjalne elementy SZŚ:

- i) oddziaływania środowiskowe związane z ostateczną likwidacją instalacji na etapie projektowania nowego zakładu;
- j) rozwój czystszych technologii;
- k) w razie potrzeby, zastosowanie regularnego sektorowego benchmarkingu obejmującego działania związane z wydajnością energetyczną i zachowaniem energii, wyborem surowców, emisjami do powietrza i wody, zużyciem wody oraz ilością wytworzonych odpadów.

5.1.2 Zużycie energii

Ogólne rozważania dotyczące zużycia energii znajdują się w sekcji 3.2.1.

a) ograniczenie zużycia energii za pomocą zastosowania kombinacji poniższych technik uważa się za BAT:

I. Poprawa projektu pieców i suszarek. W związku z tym tematem, por. także sekcja 4.1.1, w której zaprezentowano szereg różnych działań, które można zastosować w piecach/ suszarkach pojedynczo lub łącznie.

II. Odzyskiwanie nadmiaru ciepła z pieca, szczególnie ze strefy chłodzenia (por. sekcja 4.1.2). W szczególności nadmiar ciepła z pieca pochodzący ze strefy chłodzenia w postaci gorącego powietrza może być wykorzystany do ogrzewania suszarek.

III. Zamiana paliwa wykorzystywanego w procesie opalania pieca (zamiana ciężkiego oleju opałowego i paliw stałych na paliwa niskoemisyjne). W związku z tym tematem, por. także sekcja 4.1.4 dotycząca zamiany procesu opalania pieca na paliwa gazowe lub olej opałowy EL.

IV. Modyfikacja czerepów ceramicznych. W związku z tym tematem por. także sekcja 4.1.5, w której zaprezentowano szereg możliwości i zastosowań modyfikacji czerepów ceramicznych.

b) ograniczanie zużycia pierwotnej energii poprzez zastosowanie kogeneracji/elektrociepłowni (por. sekcja 4.1.3) w oparciu o użyteczne zapotrzebowanie na ciepło, w ramach ekonomicznie dostępnych ram prawnych uznaje się za BAT.

5.1.3 Emisje pyłu

Ogólne rozważania dotyczące emisji pyłu znajdują się w sekcji 3.1.1.1.

5.1.3.1 Rozproszone emisje pyłu

Ograniczanie rozproszonych emisji pyłu poprzez stosowanie kombinacji poniższych technik uważa się za BAT:

a) metod związanych z operacjami generującymi pył. W związku z tym por. też sekcja 4.2.1, w której zaprezentowano szereg różnych metod, które mogą być stosowane pojedynczo lub w kombinacji;

b) metod związanych z przechowywaniem elementów wielkogabarytowych. W związku z tym zagadnieniem por. też sekcja 4.2.2, w której zaprezentowano szereg różnych metod, które mogą być stosowane pojedynczo lub w kombinacji;

5.1.3.2 Skanalizowane emisje pyłu z operacji generujących pył

Emisje pyłu powstające podczas operacji generujących pył innych niż suszenie, suszenie rozpyłowe lub wypalanie.

Ograniczenie skanalizowanych emisji pyłu z operacji generujących pył (por. sekcja 4.2.3, w której techniki zmierzające wyłącznie do usunięcia pyłu zostały omówione) do poziomu $1-10 \text{ mg/m}^3$, dla średnich półgodzinnych, dzięki zastosowaniu filtrów workowych (por. sekcja 4.2.3.2) uważa się za BAT. Jednak zakres ten może być wyższy w przypadku specyficznych warunków operacyjnych.

5.1.3.3 Emisje pyłu z procesu suszenia

Emisje pyłu generowane podczas procesu suszenia.

Utrzymywanie emisji pyłu w przedziale $1-20 \text{ mg/m}^3$ dla średniej wartości dobowej dzięki czyszczeniu suszarki, co pozwala uniknąć akumulacji pozostałości pyłu w suszarce oraz dzięki zastosowaniu odpowiednich protokołów utrzymania (por. sekcja 4.2) uważa się za BAT.

5.1.3.4 Emisje pyłu z procesu wypalania w piecu

Emisje pyłu generowane podczas procesu wypalania w piecu.

Ograniczanie emisji pyłu (cząstek stałych) ze spalin z pochodzących z procesu wypalania w piecu do poziomu $1-20 \text{ mg/m}^3$ dla średnich wartości dobowych za pomocą stosowania kombinacji poniższych technik/metod pierwotnych uważa się za BAT:

- a) wykorzystanie paliw niskopopiołowych, np. gazu ziemnego, LNG, LPG i superlekkiego oleju opałowego (por. sekcja 4.1.4);
- b) ograniczenie formowania się pyłu spowodowanego ładowaniem produktów, które mają zostać wypalone do pieca (por. sekcja 4.2).

Stosowanie suchego systemu oczyszczania spalin wraz z filtrem (por. sekcja 4.3.4.3) pozwalające obniżyć poziom emisji 20 mg/m^3 w czystych spalinach uważa się za BAT (BAT AEL).

Zastosowanie kaskadowego adsorbentu ze stałym złożem (por. sekcja 4.3.4.1) pozwalające ograniczyć emisje do poziomu poniżej 50 mg/m^3 w oczyszczonych spalinach uważa się za BAT (BAT AEL).

Dla keramzytu patrz techniki BAT specyficzne dla sektora (sekcja 5.2.4).

5.1.4 Lotne związki

Ogólne rozważania na temat emisji lotnych związków można znaleźć w sekcji 3.1.1.2.

5.1.4.1 Pierwotne metody/techniki

a) Ograniczanie emisji lotnych związków (tzn. HF, HCl, SO_x, LZO, metali ciężkich) ze spalin pochodzących z procesu wypalania w piecu dzięki zastosowaniu jednej lub kilku wymienionych poniżej technik/metod uważa się za BAT:

- I. Redukcja wsadu prekursorów zanieczyszczeń. W związku z tym zagadnieniem, patrz też sekcja 4.3.1, w której zaprezentowano szereg możliwości ograniczania ilości prekursorów zanieczyszczeń.
- II. Optymalizacja krzywej ogrzewania. W związku z tym zagadnieniem patrz także sekcja 4.3.3.1, w której zaprezentowano aspekty optymalizacji procesu za pomocą optymalizacji krzywej ogrzewania procesy wypalania.

b) Utrzymywanie emisji NO_x ze spalin pochodzących z procesu wypalania w piecu poniżej poziomu 250 mg/m^3 , dla średnich wartości dobowych wyrażonych jako NO₂, dla temperatury gazów w piecu poniżej 1300°C lub poniżej 500 mg/m^3 dla średnich wartości dobowych wyrażonych jako NO₂, dla temperatury gazów w piecu równej 1300°C lub wyższej, poprzez zastosowanie kombinacji pierwotnych metod/technik (por. sekcje 4.3.1 oraz 4.3.3, w szczególności dotyczące ograniczenia wsadu prekursorów NO_x), z wyłączeniem keramzytu, uważa się za BAT.

c) Utrzymywanie emisji NO_x ze spalin pochodzących z procesu kogeneracji poniżej poziomu 500 mg/m³ dla średnich wartości dobowych wyrażonych jako NO₂, poprzez zastosowanie metod optymalizacji procesu (por. sekcje 4.1.2 oraz 4.3.1) uważa się za BAT.

5.1.4.2 Wtórne metody/techniki oraz ich połączenie z metodami/technikami pierwotnymi

Ograniczanie emisji nieorganicznych lotnych związków ze spalin pochodzących z procesu wypalania w piecu dzięki zastosowaniu jednej z poniższych wtórnych metod/technik uważa się za BAT:

- a) kaskadowe adsorbery ze stałym złożem (por. sekcja 4.3.4.1);
- b) stosowanie suchego procesu oczyszczania spalin wraz z filtrem (filtr workowy lub elektrofiltr, por. sekcja 4.3.4.3).

Dzięki zastosowaniu kombinacji metod/technik pierwotnych opisanych w sekcji 5.1.4.1.a i/lub metod/technik wtórnych opisanych w tej sekcji, następujące poziomy emisji lotnych związków nieorganicznych ze spalin pochodzących z procesu wypalania w piecu uważa się za BAT AEL:

Parametr	Jednostka, jako średnia wartość dobową	BAT AEL ¹
Fluor wyrażony jako HF	mg/m ³	1-10 ²
Chlor wyrażony jako HCl	mg/m ³	1-30 ³
SO _x wyrażone jako SO ₂ Zawartość siarki w surowcach ≤ 0,25%	mg/m ³	<500
SO _x wyrażone jako SO ₂ Zawartość siarki w surowcach > 0,25%	mg/m ³	500-2000 ⁴
1) Zakresy są zależne od zawartości zanieczyszczeń (prekursorów) w surowcach, tzn. w przypadku procesu wypalania wyrobów ceramicznych o niskiej zawartości zanieczyszczeń (prekursorów) w surowcach, niższe poziomy stanowią BAT, natomiast w przypadku wypalania wyrobów ceramicznych o wysokiej zawartości zanieczyszczeń (prekursorów) w surowcach, wyższe poziomy stanowią BAT AEL.		
2) Wyższe poziomy BAT mogą zostać obniżone w zależności od charakterystyk surowców.		
3) Wyższe poziomy BAT mogą zostać obniżone w zależności od charakterystyk surowców. Ponadto, wyższe poziomy BAT AEL nie powinny stanowić przeszkody w ponownym używaniu ścieków.		
4) Wyższe poziomy BAT mają zastosowanie wyłącznie do surowców o bardzo wysokiej zawartości siarki.		

Tabela 5.1: Poziomy emisji związane z BAT dla nieorganicznych związków gazowych pochodzących ze spalin z procesu wypalania w piecu

5.1.5 Ścieki procesowe (emisja i zużycie)

Ogólne rozważania dotyczące ścieków procesowych (emisje i zużycie) znajdują się w sekcji 3.2.1 oraz sekcji 3.2.2.

a) Ograniczanie zużycia wody dzięki zastosowaniu metod optymalizacji procesu uważa się za BAT. W związku z tym zagadnieniem por. także sekcja 4.4.5.1, w której zaprezentowano szereg metod optymalizacji procesu, które mogą zostać wykorzystane indywidualnie lub łącznie.

b) Oczyszczanie ścieków procesowych dzięki zastosowaniu systemów oczyszczania ścieków uważa się za BAT. W związku z tym zagadnieniem por. także sekcja 4.4.5.2, w której zaprezentowano systemy oczyszczania ścieków procesowych, które mogą być stosowane indywidualnie lub łącznie, aby zagwarantować, że woda jest oczyszczana odpowiednio, by mogła być ponownie wykorzystana w procesie produkcji lub zrzucone bezpośrednio do wody lub pośrednio do miejskiego systemu kanalizacji.

c) Ograniczenie zawartości zanieczyszczeń w emisjach w zrzutach ścieków uważa się za BAT. Poniższe poziomy emisji w zrzutach ścieków uważane są za BAT AEL:

Parametr	Jednostka	BAT AEL (2-godzinna złożona próbka)
Zawiesina cząstek stałych	mg/l	50,0
AOX	mg/l	0,1
Ołów (Pb)	mg/l	0,3
Cynk (Zn)	mg/l	2,0
Kadm (Cd)	mg/l	0,07

Tabela 5.2: Poziomy emisji zanieczyszczeń związane z BAT dla zrzutów ścieków

W przypadku, gdy ponad 50% ścieków procesowych jest ponownie wykorzystywanych w procesie produkcyjnym, wyższe stężenia tych zanieczyszczeń mogą nadal być traktowane jako BAT AEL, o ile specyficzne obciążenie zanieczyszczeniami na jednostkę produkcyjną (kg przetwarzanych surowców) jest nie wyższe niż obciążenie zanieczyszczeniami wynikającymi ze współczynnika recyklingu wody na poziomie niższym niż 50%.

5.1.6 Osady

Ogólne rozważania dotyczące osadów znajdują się w sekcji 3.1.3.

Recykling/ponowne wykorzystanie osadów dzięki zastosowaniu połączenia poniższych technik uważa się za BAT:

- a) systemy recyklingu osadów (por. sekcja 4.5.1.1);
- b) osady ponownie wykorzystywane w innych produktach (por. sekcja 4.5.1.2).

5.1.7 Stałe straty procesowe/odpady

Ogólne rozważania dotyczące stałych strat procesowych/odpadów znajdują się w sekcji 3.1.3.

Ograniczanie ilości stałych strat procesowych/odpadów dzięki zastosowaniu połączenia poniższych technik uważa się za BAT:

- a) dostarczanie niezmięszanych surowców (por. sekcja 4.5.2.1);
- b) dostarczanie potłuczonych produktów do procesu produkcyjnego (por. sekcja 4.5.2.1);
- c) wykorzystanie stałych strat procesowych w innych sektorach (por. sekcja 4.5.2.1);
- d) elektroniczna kontrola wypalania (por. sekcja 4.5.2.2);
- e) stosowanie zoptymalizowanych ustawień (por. sekcja 4.5.2.2).

5.1.8 Hałas

Ogólne rozważania dotyczące hałasu znajdują się w sekcji 3.1.4.

Ograniczanie hałasu dzięki zastosowaniu połączenia poniższych technik (por. sekcja 4.6) uważa się za BAT:

- a) zabudowywanie urządzeń;
- b) stosowanie izolacji drgań dla urządzeń;
- c) stosowanie tłumików i wolnoobrotowych wentylatorów;
- d) umiejscawianie drzwi, okien i głośnych urządzeń z daleka od sąsiedztwa;
- e) izolacja dźwiękowa okien i ścian;
- f) zamykanie okien i bram;
- g) wykonywanie głośnych (zewnętrznych) czynności wyłącznie w ciągu dnia;
- h) utrzymanie zakładu w dobrym stanie.

5.2 Specyficzne najlepsze dostępne techniki

Sekcja ta zawiera wnioski na temat specyficznych BAT dla każdego z dziewięciu sektorów omówionych i opisanych w niniejszym dokumencie. Najlepsze dostępne techniki dla każdej konkretnej instalacji zwykle będą składać się z zastosowania pojedynczo lub łącznie technik i metod wymienionych w tej sekcji oraz sekcji zawierającej techniki ogólne (sekcja 5.1).

Najlepsze dostępne techniki i zaprezentowane zakresy emisji lub zużycia związane z najlepszymi dostępnymi technikami (BAT AEL) związane są z instalacjami o różnej wielkości pieców, trybach działania, np. ciągle lub okresowo, a także różnych godzinach pracy w roku. Specjalne uwarunkowania lokalne nie mogą w pełni zostać wzięte pod uwagę. BAT AEL nie definiują ani nie sugerują wartości granicznych emisji (ELV).

Zaleca się, by rozdział 5 czytać łącznie z rozdziałem 4, ponieważ pod uwagę należy wziąć nie tylko zastosowanie, ale także ograniczenia zastosowania techniki oraz metod omówione w rozdziale 4. Wnioski dotyczące BAT zawarte w rozdziale 5 nie mogą być poprawnie interpretowane, o ile nie zostaną odczytane łącznie z rozdziałem 4. Aby pomóc w czytaniu, w rozdziale 5 zamieszczono odwołania do rozdziału 4.

5.2.1 Cegły i dachówki

5.2.1.1 Związki lotne/pierwotne techniki i metody

Ograniczanie emisji związków lotnych (np. HF, HCl, SO_x) ze spalin pochodzących z procesu wypalania w piecu za pomocą dodatków bogatych w wapń uważa się za BAT (por. sekcja 4.3.2), o ile jakość produktu końcowego nie zostaje naruszona.

5.2.1.1 Lotne związki organiczne

Ograniczenie emisji lotnych związków organicznych ze spalin pochodzących z procesu wypalania w piecu uważa się za BAT – dla stężeń spalin przekraczających 100-150 mg/m³, w zależności od właściwości gazu, np. składu, temperatury – do 5-20 mg/m³, dla dziennych wartości średnich wyrażonych jako węgiel całkowity, dzięki zastosowaniu termicznego dopalania w jednej lub w trzech komorach termoreaktora uważa się za BAT (por. sekcja 4.3.5.1).

5.2.2 Rury kamionkowe

5.2.2.1 Skanalizowane emisje pyłu

Ograniczenie skanalizowanych emisji pyłu z procesu glazurowania rozpyłowego do poziomu 1-10 mg/m³ dla półgodzicznych wartości średnich, dzięki zastosowaniu filtrów workowych (por. sekcja 4.2.3.2) lub spieczonych filtrów lamelarnych (por. sekcja 4.2.3.3) uważa się za BAT.

5.2.3 Produkty ogniotrwałe

5.2.3.1 Lotne związki organiczne

a) Ograniczanie emisji lotnych związków organicznych w niewielkich strumieniach spalin pochodzących z obróbki za pomocą związków organicznych przy zastosowaniu filtrów z aktywnym węglem (por. sekcja 4.3.4.5) uważa się za BAT.

Dla dużych strumieni, za BAT uważa się ograniczanie emisji lotnych związków organicznych pochodzących z obróbki za pomocą związków organicznych przy zastosowaniu termicznego dopalania (por. sekcja 4.3.5.1) do poziomu 5-20 mg/m³, dla średnich wartości dobowych wyrażonych jako węgiel całkowity.

b) Ograniczanie emisji lotnych związków organicznych ze spalin pochodzących z procesu wypalania – przy stężeniu surowych gazów powyżej $100-150 \text{ mg/m}^3$, w zależności od właściwości surowych gazów, np. składu, temperatury – do poziomu $5-20 \text{ mg/m}^3$, dla średnich wartości dobowych wyrażonych jako węgiel całkowity, poprzez zastosowanie termicznego dopalania w jednej lub trzech komorach termoreaktora (por. sekcja 4.3.5.1) uważa się za BAT.

5.2.3.2 Stałe straty procesowe/odpady

Ograniczanie ilości stałych strat procesowych/odpadów w postaci zużytych form gipsowych z procesu formowania za pomocą jednej lub kilku poniższych metod uważa się za BAT (por. sekcja 4.5.2.2):

- a) wymiana form gipsowych na formy polimerowe;
- b) wymiana form gipsowych na formy metalowe;
- c) zastosowanie próżniowych mieszalników gipsu;
- d) ponowne wykorzystanie zużytych form gipsowych w innych sektorach.

5.2.4 Keramzyt

5.2.4.1 Skanalizowane emisje pyłu

Ograniczenie skanalizowanych emisji pyłu z gorących spalin do poziomu $5-50 \text{ mg/m}^3$ dla średnich wartości dobowych, dzięki zastosowaniu elektrofiltrów (por. sekcja 4.2.3.5) lub mokrych separatorów pyłu (por. sekcja 4.2.3.4) uważa się za BAT.

5.2.4.2 Lotne związki/pierwotne techniki/metody

Utrzymywanie emisji NO_x ze spalin pochodzących z procesu wypalania w piecu obrotowym poniżej poziomu 500 mg/m^3 , dla średnich wartości dobowych wyrażonych jako NO_x , dzięki zastosowaniu połączenia pierwotnych metod/technik (por. sekcje 4.3.1 i 4.3.3) uważa się za BAT.

5.2.5 Płytki ścienne i podłogowe

5.2.5.1 Skanalizowane emisje pyłu

a) Ograniczenie skanalizowanych emisji pyłu z procesu suszenia rozpyłowego do poziomu $1-30 \text{ mg/m}^3$ dla półgodzinnych wartości średnich, dzięki zastosowaniu filtrów workowych (por. sekcja 4.2.3.2) lub do poziomu $1-50 \text{ mg/m}^3$ dzięki zastosowaniu cyklonów (por. sekcja 4.2.3.1) w połączeniu z mokrymi separatorami pyłu (por. sekcja 4.2.3.4) dla istniejących instalacji uważa się za BAT, o ile woda użyta do płukania może być wykorzystana ponownie.

b) Ograniczenie skanalizowanych emisji pyłu z procesu glazurowania rozpyłowego do poziomu $1-10 \text{ mg/m}^3$ dla półgodzinnych wartości średnich, dzięki zastosowaniu filtrów workowych (por. sekcja 4.2.3.2) lub spieczonych filtrów lamelarnych (por. sekcja 4.2.3.3) uważa się za BAT.

5.2.5.2 Emisje pyłu z procesu wypalania w piecu

Ograniczanie emisji pyłu (cząstek stałych) ze spalin pochodzących z procesu wypalania w piecu do poziomu $1-5 \text{ mg/m}^3$, dla średnich wartości dobowych, dzięki zastosowaniu suchego oczyszczania spalin wraz z filtrem workowym (por. sekcja 4.3.4.3), stosowanych także do usuwania fluoru uważa się za BAT.

5.2.5.3 Związki lotne/wtórne metody/techniki

a) Ograniczenie emisji HF ze spalin pochodzących z procesu wypalania w piecu poziomym 1-5 mg/m³ dla dobowych wartości średnich, dzięki zastosowaniu np. suchego oczyszczania spalin wraz z filtrem workowym (por. sekcja 4.3.4.3) uważa się za BAT.

b) Ograniczenie emisji nieorganicznych związków lotnych ze spalin pochodzących z procesu wypalania w piecu za pomocą adsorberów modułowych (por. sekcja 4.3.4.2), szczególnie dla mniejszych strumieni spalin (poniżej 18000 m³/h) oraz w przypadku, gdy stężenie związków nieorganicznych innych niż HF (SO₂, SO₃, HCl) lub pyłu jest niskie w surowych gazach uważa się za BAT.

5.2.5.4 Ponowne wykorzystanie ścieków procesowych

Ponowne wykorzystanie ścieków procesowych w procesie produkcyjnym przy wskaźniku recyklingu wody rzędu 50-100% (w zależności od typu produkowanych płytek, por. sekcja 4.4.5.1) dzięki zastosowaniu metod optymalizacji procesu oraz systemów oczyszczania ścieków opisanych w sekcji 4.4.5 uważa się za BAT.

5.2.5.5 Ponowne wykorzystanie osadów

Ponowne wykorzystanie osadów generowanych ze ścieków procesowych podczas przygotowywania czerepów ceramicznych w stosunku 0,4-1,5% wagi suchych osadów dodanych do czerepów ceramicznych, dzięki zastosowaniu, w razie potrzeby, systemu recyklingu osadów (por. sekcja 4.5.1.1) uważa się za BAT.

5.2.6 Zastawa stołowa i dekoracje (ceramika domowa)

5.2.6.1 Skanalizowane emisje pyłu

a) Ograniczenie skanalizowanych emisji pyłu z procesu suszenia rozpyłowego do poziomu 1-30 mg/m³ dla półgodzinnych wartości średnich, dzięki zastosowaniu filtrów workowych (por. sekcja 4.2.3.2) lub do poziomu 1-50 mg/m³ dzięki zastosowaniu cyklonów (por. sekcja 4.2.3.1) w połączeniu z mokrymi separatorami pyłu (por. sekcja 4.2.3.4) dla istniejących instalacji uważa się za BAT, o ile woda użyta do płukania może być wykorzystana ponownie.

b) Ograniczenie skanalizowanych emisji pyłu z procesu glazurowania rozpyłowego do poziomu 1-10 mg/m³ dla półgodzinnych wartości średnich, dzięki zastosowaniu filtrów workowych (por. sekcja 4.2.3.2) lub spieczonych filtrów lamelarnych (por. sekcja 4.2.3.3) uważa się za BAT.

5.2.6.2 Związki lotne/wtórne metody/techniki

Ograniczenie emisji nieorganicznych związków lotnych ze spalin pochodzących z procesu wypalania w piecu za pomocą adsorberów modułowych (por. sekcja 4.3.4.2), szczególnie dla mniejszych strumieni spalin (poniżej 18000 m³/h) oraz w przypadku, gdy stężenie związków nieorganicznych innych niż HF (SO₂, SO₃, HCl) lub pyłu jest niskie w surowych gazach uważa się za BAT.

5.2.6.3 Ponowne wykorzystanie ścieków procesowych

Ponowne wykorzystanie ścieków procesowych w procesie produkcyjnym przy wskaźniku recyklingu wody rzędu 30-50% dzięki zastosowaniu metod optymalizacji procesu oraz systemów oczyszczania ścieków opisanych w sekcji 4.4.5 uważa się za BAT.

5.2.6.4 Stałe straty procesowe/odpady

Ograniczanie ilości stałych strat procesowych/odpadów w postaci zużytych form gipsowych z procesu formowania za pomocą jednej lub kilku poniższych metod uważa się za BAT (por. sekcja 4.5.2.2):

- a) wymiana form gipsowych na formy polimerowe;
- b) wymiana form gipsowych na formy metalowe;
- c) zastosowanie próżniowych mieszalników gipsu;
- d) ponowne wykorzystanie zużytych form gipsowych w innych sektorach.

5.2.7 Ceramika sanitarna

5.2.7.1 Skanalizowane emisje pyłu

Ograniczenie skanalizowanych emisji pyłu z procesu glazurowania rozpyłowego do poziomu 1-10 mg/m³ dla półgodzinnych wartości średnich, dzięki zastosowaniu filtrów workowych (por. sekcja 4.2.3.2) lub spieczonych filtrów lamelarnych (por. sekcja 4.2.3.3) uważa się za BAT.

5.2.7.2 Związki lotne/wtórne metody/techniki

Ograniczenie emisji nieorganicznych związków lotnych ze spalin pochodzących z procesu wypalania w piecu za pomocą adsorberów modułowych (por. sekcja 4.3.4.2), szczególnie dla mniejszych strumieni spalin (poniżej 18000 m³/h) oraz w przypadku, gdy stężenie związków nieorganicznych innych niż HF (SO₂, SO₃, HCl) lub pyłu jest niskie w surowych gazach uważa się za BAT.

5.2.7.3 Ponowne wykorzystanie ścieków procesowych

Ponowne wykorzystanie ścieków procesowych w procesie produkcyjnym przy wskaźniku recyklingu wody rzędu 30-50% dzięki zastosowaniu metod optymalizacji procesu oraz systemów oczyszczania ścieków opisanych w sekcji 4.4.5 uważa się za BAT.

5.2.7.4 Stałe straty procesowe/odpady

Ograniczanie ilości stałych strat procesowych/odpadów w postaci zużytych form gipsowych z procesu formowania za pomocą jednej lub kilku poniższych metod uważa się za BAT (por. sekcja 4.5.2.2):

- a) wymiana form gipsowych na formy polimerowe;
- b) wymiana form gipsowych na formy metalowe;
- c) zastosowanie próżniowych mieszalników gipsu;
- d) ponowne wykorzystanie zużytych form gipsowych w innych sektorach.

5.2.8 Ceramika techniczna

5.2.8.1 Skanalizowane emisje pyłu

a) Ograniczenie skanalizowanych emisji pyłu z procesu suszenia rozpyłowego do poziomu 1-30 mg/m³ dla półgodzinnych wartości średnich, dzięki zastosowaniu filtrów workowych (por. sekcja 4.2.3.2) lub do poziomu 1-50 mg/m³ dzięki zastosowaniu cyklonów (por. sekcja 4.2.3.1) w połączeniu z mokrymi separatorami pyłu (por. sekcja 4.2.3.4) dla istniejących instalacji uważa się za BAT, o ile woda użyta do płukania może być wykorzystana ponownie.

b) Ograniczenie skanalizowanych emisji pyłu z procesu glazurowania rozpyłowego do poziomu 1-10 mg/m³ dla półgodzinnych wartości średnich, dzięki zastosowaniu filtrów workowych (por. sekcja 4.2.3.2) lub spieczonych filtrów lamelarnych (por. sekcja 4.2.3.3) uważa się za BAT.

5.2.8.2 Związki lotne/wtórne metody/techniki

Ograniczenie emisji nieorganicznych związków lotnych ze spalin pochodzących z procesu wypalania w piecu za pomocą adsorberów modułowych (por. sekcja 4.3.4.2), szczególnie dla mniejszych strumieni spalin (poniżej 18000 m³/h) oraz w przypadku, gdy stężenie związków nieorganicznych innych niż HF (SO₂, SO₃, HCl) lub pyłu jest niskie w surowych gazach uważa się za BAT.

5.2.8.3 Lotne związki organiczne

Ograniczanie emisji lotnych związków organicznych ze spalin pochodzących z procesu wypalania – przy stężeniu surowych gazów powyżej 100-150 mg/m³, w zależności od właściwości surowych gazów, np. składu, temperatury – do poziomu 5-20 mg/m³, dla średnich wartości dobowych wyrażonych jako węgiel całkowity, poprzez zastosowanie termicznego dopalania w jednej lub trzech komorach termoreaktora (por. sekcja 4.3.5.1) uważa się za BAT.

5.2.8.4 Stałe straty procesowe/odpady

Ograniczanie ilości stałych strat procesowych/odpadów w postaci zużytych form gipsowych z procesu formowania za pomocą jednej lub kilku poniższych metod uważa się za BAT (por. sekcja 4.5.2.2):

- a) wymiana form gipsowych na formy polimerowe;
- b) wymiana form gipsowych na formy metalowe;
- c) zastosowanie próżniowych mieszalników gipsu;
- d) ponowne wykorzystanie zużytych form gipsowych w innych sektorach.

5.2.9 Nieorganiczne ścierniwa spoiste

5.2.9.1 Lotne związki organiczne

Ograniczanie emisji lotnych związków organicznych ze spalin pochodzących z procesu wypalania – przy stężeniu surowych gazów powyżej 100-150 mg/m³, w zależności od właściwości surowych gazów, np. składu, temperatury – do poziomu 5-20 mg/m³, dla średnich wartości dobowych wyrażonych jako węgiel całkowity, poprzez zastosowanie termicznego dopalania w jednej lub trzech komorach termoreaktora (por. sekcja 4.3.5.1) uważa się za BAT.

6. NOWE TECHNIKI DLA PRODUKCJI CERAMIKI

6.1 Palniki z promiennikiem rurowym

Ograniczenie ilości pary wodnej w gazach piecowych zwykle skutkuje obniżeniem wskaźnika emisji dla fluoru, ponieważ podstawowym mechanizmem uwalniania fluoru z minerałów ilastych jest pirohydroлиза. Reakcja ta zachodzi w temperaturze od 800°C.

Podczas badań laboratoryjnych ustalono, że ograniczanie zawartości wody w atmosferze pieca skutkuje ograniczeniem emisji HF i SO_x. W praktyce, redukcja zawartości wody w atmosferze pieca może być technicznie trudna do zrealizowania, z uwagi na fakt, że woda jest generowana podczas spalania paliw kopalnych stosowanych do opalania pieca. Wytwarzania wody można uniknąć dzięki ogrzewaniu pieca pośrednio za pomocą gazowych palników z promiennikiem rurowym (por. sekcja 4.3.3.2).

Aby zastosować palniki z promiennikami rurowymi w sektorze ceramicznym wykonywane są z węgla krzemu o wysokiej przewodności cieplnej i dużej odporności na ciepło przy silnie zmieniających się temperaturach. Za pomocą takich palników piece są ogrzewane pośrednio (z wyłączeniem strefy podgrzewania w piecu) a płomień palnika znajduje się w rurce odpornej na temperaturę, w której odbywa się spalanie. Transfer ciepła z palnika do procesu zwykle odbywa się za pomocą promieniowania cieplnego, przy odpowiadających wysokich wartościach strumienia ciepła w przedziale od 70 do 120 kWh/m².

Palniki z promiennikami rurowymi są, zasadniczo, stosowane do produkcji płytek ściennych i podłogowych, zastawy stołowej i dekoracji, ceramiki sanitarnej i technicznej oraz spoiw ścierni, ale skala produkcji w sektorach zajmujących się ceglami i dachówkami, rurami kamionkowymi, produktami ogniotrwałymi i keramzytem jest zbyt duża. Projekty potwierdziły, że mogą być stosowane w piecach z paleniskiem rolkowym i piecach wahadłowych, natomiast, jak dotąd nie udało się potwierdzić skuteczności tej technologii dla pieców tunelowych.

Projekt pilotażowy przeprowadzony w Holandii, gdzie piece z paleniskiem rolkowym zostały wyposażone w palniki z promiennikami rurowymi i wykorzystane do produkcji płytek ściennych i podłogowych, wykazały poziomy emisji HF od 0,7 mg/m³ (produkcja płytek ściennych) do 1,2 mg/m³ (produkcja płytek podłogowych), a także specyficzne wskaźniki emisji HF od 3 do 6 mg/kg. Dodatkowe koszty wyposażenia palników z promiennikami rurowymi oraz działania pieców w wydajności 500000 m² płytek na rok zostały oszacowane powyżej 450000 EUR [5, InfoMill, 2003].

6.2 Wypalanie z użyciem mikrofal i suszarki mikrofalowe

Wypalanie spieczonych wyrobów ceramicznych jest krytycznym etapem w procesie produkcyjnym. Duże wsady do dużych wózków piecowych sprawiają, że transfer ciepła z zewnątrz do wnętrza oraz do środka poszczególnych cegieł jest trudne. Gradienty temperaturowe mogą prowadzić do naprężeń termicznych i uszkodzenia produktów – temperatury powierzchniowe są często wyższe niż te panujące w środku urządzeń lub instalacji.

Wiele badań zostało przeprowadzonych z wykorzystaniem energii mikrofal do wypalania wyrobów ceramicznych. W procesie tym produkty są ogrzewane bezpośrednio – łącznie ze środkiem. Aby uniknąć zbędnych strat ciepła w strukturze pieca, stosuje się energię mikrofal wraz z konwencjonalnymi metodami ogrzewania, takimi jak gaz lub energia elektryczna.

Problemy techniczne, a także trudności związane z bezpieczeństwem nadal muszą zostać rozwiązane przed możliwością ekonomicznego wdrożenia procesu do produkcji na pełną skalę, dodatkowo trzeba uwzględnić wysokie koszty energii elektrycznej. Jednak prace badawcze wskazały na szereg istotnych korzyści, które można dalej rozwijać w przyszłości:

- minimalizacja naprężeń termicznych w całym cyklu wypalania;
- znacznie wzrasta wydajność, tzn. cykl wypalania znacznie się skraca;
- zużycie energii elektrycznej do wypalania znacznie się zmniejsza – ale nadwyżka ciepła wykorzystywanego do suszenia może być mniejsza;
- ograniczenie stałych strat procesowych/odpadów;
- poprawa jakości, w tym znaczna poprawa właściwości mechanicznych;
- sprawniejsze usuwanie spoiw (z produktów ogniotrwałych);
- zmniejszenie emisji dzięki mniejszemu zużyciu energii i wyższej wydajności;
- niższe emisje fluoru – które są ściśle powiązane z czasem, jaki produkty spędzają w temperaturze powyżej 800°C.

Energia mikrofal może, zasadniczo, być także stosowana do suszenia wyrobów ceramicznych (por. sekcja 2.2.5.8). Korzyści i wady wymienione powyżej w przypadku wypalania stosują się także do procesu suszenia w suszarkach mikrofalowych. Badania wykazały, że suszenie mikrofalowe nie jest odpowiednie w przypadku wyrobów o skomplikowanych kształtach, nadaje się wyłącznie do cienkich przedmiotów [20, CERAME-UNIE, 2004], [28, Schorcht, 2005], [30, TWG Ceramics, 2005].

6.3 Nowe rodzaje systemów suszących dla wyrobów ogniotrwałych

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Suszenie dużych ogniotrwałych elementów budowlanych, takich jak pokrywy kadzi lub zadaszania elektrycznych pieców łukowych może być bardzo czasochłonne i wymagać dużo energii. Dzięki zastosowaniu odpornych na ciepło folii ze stali nierdzewnej (przy temperaturach ogrzewania do 1100°C) lub włókien węglowych (przy temperaturach suszenia poniżej 250°C) ponieważ elementy grzewcze w mieszance ogniotrwałej są wypełniane, składniki mogą być wysuszane od środka. Folie lub włókna węglowe dopasowują się do struktury i nie powodują żadnych zaburzeń.

Ponieważ suszenie odbywa się od środka, woda przesuwa się w tym samym kierunku, co front temperaturowy. To znacznie skraca czas suszenia.

Kontrola ustawień temperatury znacząco poprawia jakość elementów budowlanych, co jednocześnie sprawia, że podczas suszenia powstaje mniej pęknięć a struktura jest bardziej stabilna. Udało się osiągnąć poprawę następujących parametrów:

- wytrzymałość na kruszenie pod wpływem zimna: +50%;
- wytrzymałość na zginanie: +50%;
- odporność na ścieranie: +70%;
- wydłużenie żywotności: +50%.

Ta technika suszenia pozwala znacznie zmniejszyć zużycie energii, które potencjalnie może być zostawione zmniejszone – szczególnie w przypadku bardzo dużych elementów budowlanych – za pomocą izolacji produktów ogniotrwałych podczas suszenia.

Efekty krzyżowe

Brak.

Dane operacyjne i zastosowanie

Włókna węglowe mogą być stosowane w temperaturach do około 250°C, natomiast folie metalowe w temperaturach nawet do 1100°C. Badania dla 9 tonowych elementów budowlanych wykazały, że wcześniejsze zapotrzebowanie na energię podczas suszenia wynosiło 77000 kWh przy zawartości 6%. Instalacja folii grzewczych oraz izolacji podczas suszenia zmniejsza zapotrzebowanie na energię do 2000 kWh, co odpowiada 97% oszczędności. Czas suszenia skraca się od pięciu do około trzech dni.

Ekonomia

Znaczne oszczędności kosztów można osiągnąć, szczególnie w przypadku dużych elementów budowlanych o wadzie do 20 ton, dzięki zmniejszeniu zapotrzebowania na energię.

Czynniki skłaniające do zastosowania

- lepsza jakość i dłuższa żywotność elementów budowlanych;
- zmniejszenie kosztów;
- oszczędność czasu.

Przykładowe zakłady i literatura

Technika ta jest stosowana przez szereg zakładów, np. Wolf GmbH, Urbar, Niemcy, [30, TWG Ceramics, 2005], [32, TWG Ceramics, 2006].

6.4 Zaawansowane zarządzanie ściekami procesowymi ze zintegrowanym odzyskiem glazury

Innowacyjny model systemu oczyszczania ścieków procesowych wdrożony w fabryce produkującej ceramikę pozwolił na znaczne zmniejszenie ilości zanieczyszczeń oraz oszczędności podczas produkcji ceramiki sanitarnej, stołowej, a także płytek ściennych i podłogowych.

Nowy system oczyszczania ścieków obejmuje pięć modułów:

- Mikrofiltracja: ścieki procesowe z największych procesów glazurowania (biała glazura, 80% całkowitego zużycia glazury) przechodzą przez instalację mikrofiltrującą służącą do odzysku glazury. Odzyskana glazura jest zwracana do etapu przygotowania glazury.
- Oczyszczanie dopływającego strumienia ścieków procesowych: ścieki procesowe pochodzące z przygotowania pasty do produkcji płytek ściennych i podłogowych, których jest niewiele, ale są mocno zanieczyszczone, są wprowadzane do osobnej instalacji oczyszczającej. Powstałe w ten sposób osady ściekowe, zawierające składniki wysokiej jakości, które mogą pomóc zwiększyć możliwość spiekania czerepów ceramicznych, są przesyłane do etapu przygotowania pasty, podczas gdy ścieki zostają odprowadzone do komunalnych oczyszczalni w celu usunięcia elementów biodegradowalnych.
- Dołączenie istniejących zbiorników sedymentacyjnych: ścieki procesowe pochodzące z przygotowania glazury przechodzą przez system zbiorników sedymentacyjnych, które zostały dodatkowo zmodyfikowane i są automatycznie monitorowane. Powstające osady ściekowe także są zwracane do etapu przygotowania pasty do produkcji płytek ściennych i podłogowych, podczas gdy ścieki procesowe są wprowadzane do nowej, znacznie mniejszej instalacji oczyszczającej ścieki procesowe.
- Budowa nowej centralnej instalacji oczyszczania ścieków procesowych: poprzednia instalacja mogła oczyścić do 3500m³ ścieków dziennie. Nowa zadana struktura w zakładzie produkującym płytki podłogowe i ścienne umożliwia oddzielenie deszczówki i ścieków z produkcji, już w latach 70, kiedy zbudowana została pierwsza instalacja oczyszczania ścieków. Nowy centralny zakład, odzwierciedlający bieżący stan wiedzy, zbiera ścieki procesowe z zakładu i pompuje je do nowego systemu znajdującego się nad ziemią, w związku z czym nie dochodzi do zmieszania z deszczówką. Dzięki dostosowaniu do objętości generowanych ścieków procesowych rzędu 700-800 m³/dzień, zmniejszeniu zawartości zanieczyszczeń w strumieniach ścieków procesowych oraz lepszej technologii, możliwe stało się zaprojektowanie w pełni automatycznej instalacji, której działanie wymaga jedynie 20% poprzedniego zapotrzebowania na pracowników i pozwala na znaczne oszczędności energii i flokulantów. Część osadów ściekowych z tego zakładu może zostać ponownie wykorzystana podczas

produkcji płytek. Ponieważ zawartość zanieczyszczeń jest niższa, podobnie jak zawartość wody (maksymalnie 25%) ze względu na zastosowanie nowej komorowej prasy filtracyjnej, pozostałości mogą być przechowywane bez ryzyka na własnym składowisku należącym do zakładu. Badania wykazały, że materiał jest także odpowiedni jako składnik uszczelnień mineralnych powłok zakrywających składowiska.

- Oddzielanie deszczówki: ścieki procesowe zostają oddzielone od podziemnego systemu ścieków, a kosztowna modernizacja starych kanałów i wałów nie jest konieczna. Redukcja oraz automatyzacja w zakresie zastosowania stosowania flokulantów pozwala oczekiwać znacznych oszczędności materiałowych i kosztowych.

Przeprojektowanie systemu daje następujące korzyści środowiskowe:

- Odzyskiwanie białej glazury i ponowne wykorzystanie w procesie;
- Oszczędność miejsca na składowisku;
- Wykorzystanie środków biobójczych i filtrów z węglem aktywnym nie jest już potrzebne;
- Bardzo zanieczyszczone ścieki procesowe są oczyszczane oddzielnie;
- Oczyszczanie osadów ściekowych na miejscu;
- Biologicznie zanieczyszczone frakcje ścieków procesowych są odprowadzane do miejskich oczyszczalni ścieków;
- Brak ryzyka związanego z obecnością zanieczyszczonych ścieków w starym systemie ściekowym;
- Oszczędność energii ze względu na modernizację zakładu;
- Oszczędność flokulantów służących do oddzielania osadów.

Korzyści związane z kosztami

- Zmniejszenie kosztów pracowników do 20% pierwotnej liczby niezbędnych pracowników dzięki automatyzacji;
- Obniżenie kosztów energii;
- Zmniejszenie ilości dodatków chemicznych;
- Odzyskiwanie glazury do ponownego wykorzystania;
- Zmniejszenie kosztów składowania.

Całkowite koszty systemu oczyszczania ścieków procesowych wynoszą 2,8 miliona EUR. Ze względu na wynikające z niego oszczędności, system powinien zwrócić się w ciągu 3-4 lat.

Potencjalne wady

Choć zaprezentowany tu system może być opisywany jako modelowy, to ryzyko, gdy warunki różnią się od opisanych, może prowadzić do następujących zagrożeń ekonomicznych i jakościowych:

- Koszty energii przeznaczonej do filtrowania mogą przekraczać oszczędności osiągnięte dzięki odzyskiwaniu surowców (w zależności pierwotnego wskaźnika straty surowców);
- Niewłaściwy projekt instalacji mikrofiltrującej co powoduje zwiększenie kosztów inwestycyjnych lub jej niewłaściwą wydajność;
- Długotrwałe badania nad zastosowaniem odzyskanej glazury (niezbędne mogą okazać się poprawki koloru);
- Mieszanie wpływających strumieni jest możliwe jedynie w ograniczonym zakresie, w innym przypadku oszczędności związane z wysoką jakością staną się nieosiągalne;
- Niezbędne są kompetencje techniczne związane z całym systemem;
- Pomiar redundancji muszą zostać uwzględnione podczas fazy planowania.

Wnioski: ten rodzaj wdrażania aktualnych technologii środowiskowych nadal stanowi próbny model ograniczony ściśle ograniczonymi warunkami [30, TWG Ceramics, 2005], [32, TWG Ceramics, 2006].

6.5 Glazura bezołowiowa dla porcelany stołowej wysokiej jakości

Opis i osiągnięte korzyści środowiskowe

Glazury ołowiane były stosowane w przeszłości w przypadku porcelany stołowej wysokiej jakości. Korzyścią glazur ołowianych jest doskonała powierzchnia i proste techniki obróbki, a w szczególności ze względu na właściwości stapiania i zwilżania charakterystyczne dla glazur zawierających ołów.

Skład glazur bezołowiowych oparty na bazie alkalicznych krzemianów boru został opracowany przez producentów zastawy stołowej, które są bardzo podobne do systemów zawierających ołów pod względem jakości i charakterystyk nakładania. To prowadzi do oszczędności rzędu 60 ton tlenku ołowiu w skali roku. Wykorzystanie minimalnych ilości organicznych dodatków oznacza, że oddziaływania środowiskowego związanego z emisjami podczas wypalania można w dużej mierze uniknąć.

Glazury stosowane do mokrego rozpylania za pomocą reologicznie dopasowanych roztworów glazur. Strumienie ścieków procesowych generowane podczas rozpylania, podobnie jak nadmiar rozpylanych substancji oraz woda z komory i czyszczenia stojaków, a także pył z glazury pochodzący z suchego separatora są oczyszczane i ponownie wykorzystywane do glazurowania razem nową glazurą. Taki zamknięty cykl glazurowania umożliwia optymalizację ilości zużywanej glazury (straty glazury i rzeczywiste zapotrzebowanie). Kolejne procesy termiczne suszenia i wypalania zostały dostosowane do nowego systemu glazurniczego i zoptymalizowane.

Proste wzory nie wymagają dodatkowego wypalania i mogą być pieczone wraz z glazurą za pomocą techniki podglazurowej. Złożone, kolorowe wzory na i w glazurze muszą zostać oddzielnie wypalone.

Efekty krzyżowe

Wysokie zapotrzebowanie na energię jest niezbędne w procesach oczyszczania i odzyskiwania ścieków podczas nakładania glazury.

Dane operacyjne i zastosowanie

Technika ta jest stosowana w przypadku porcelany stołowej wysokiej jakości. Zastosowanie kolorowych wzorów nakładanych pod glazurą nie jest w niej jeszcze możliwe lub wymagałoby dodatkowych inwestycji.

Ekonomia

Dzięki zastosowaniu tej techniki producenci w dwóch zakładach produkcyjnych mogą obecnie oszczędzić 60 ton tlenku węgla. Zastosowanie tej techniki było związane z fundamentalną optymalizacją całego procesu. Wdrożenie tej techniki w ramach nowoczesnych technik pozwoliło na zwiększenie opłacalności ekonomicznej i konkurencyjności na rynku światowym.

Czynniki skłaniające do zastosowania

Oszczędności kosztów związanych z zapasami oraz zapobieganiem emisjom ołowiu.

Przykładowe zakłady i literatura

Villeroy & Boch AG, Germany, [30, TWG Ceramics, 2005], [32, TWG Ceramics, 2006]

7. UWAGI KOŃCOWE

Harmonogram pracy

Wymiana informacji na temat najlepszych dostępnych technik w zakresie produkcji wyrobów ceramicznych została rozpoczęta pod koniec 2003 i trwała do początku 2006 roku. Odbывała się w ramach międzynarodowej technicznej grupy roboczej (TWG), która została powołana właśnie w tym celu. Opracowanie i przygotowanie niniejszego dokumentu w oparciu o dostarczone informacje i uwagi zgłoszone podczas dwóch spotkań konsultacyjnych oraz spotkania podsumowującego grupy TWG zajęło około dwa i pół roku. Tabela 7.1 wskazuje na kamienie milowe tego projektu.

Początek prac nad dokumentem BREF	październik 2003
Spotkanie inauguracyjne	1-2 grudnia 2003
Projekt 1	październik 2004
Uwagi do Projektu 1	styczeń 2005
Projekt 2	czerwiec 2005
Uwagi do Projektu 2	wrzesień 2005
Zmiana autora BREF	wrzesień 2005
Spotkanie podsumowujące TWG	14-17 lutego 2006
Uwagi końcowe	wrzesień 2006

Tabela 7.1: Harmonogram prac nad dokumentem BREF dotyczącym produkcji wyrobów ceramicznych

Źródła informacji i przygotowanie niniejszego dokumentu

Niniejszy dokument został sporządzony w oparciu o 30 źródeł informacji zawierających kluczowe dane pochodzące z całego sektora i z poszczególnych państw członkowskich. Niektóre raporty zostały opracowane jeszcze przed spotkaniem inauguracyjnym, aby dostarczyć konkretnych informacji służących do opracowania tego dokumentu, wiele informacji dostarczono także podczas tego spotkania. Raporty zostały złożone przez CERAME UNIE, organizację sektorową reprezentującą większość europejskich producentów ceramiki oraz państwa członkowskie: Austrię, Belgię, Finlandię, Niemcy, Włochy, Holandię, Portugalię i Hiszpanię. Raporty te można traktować jako fundament tego dokumentu.

Dodatkowe użyteczne informacje zostały uzyskane dzięki wizytom w zakładach produkujących ceramikę na terenie Austrii, Belgii, Danii, Finlandii, Francji, Niemiec, Włoch i Hiszpanii, zwykle organizowali je i uczestniczyli w nich członkowie TWG.

Dokument ten został opracowany w oparciu o około 1000 uwag do pierwszego projektu i ponad 750 uwag do projektu drugiego zgłaszanych przez niemal wszystkich członków TWG. Trzeba jednak zauważyć, że wymiana informacji odbywała się pomiędzy państwami „starej piętnastki”, ponieważ 10 nowych państw członkowskich wchodzących w skład UE-25, z nielicznymi wyjątkami, nie uczestniczyły aktywnie w tych pracach.

Dzięki dostarczonym informacjom i komentarze, zakres i struktura tego dokumentu zostały opracowane w taki sposób, by uwzględnić dziewięć głównych sektorów ceramicznych. Sektory te to:

- Płytki ścienne i podłogowe;
- Cegły i dachówki;
- Zastawa stołowa i dekoracje (ceramika domowa);
- Produkty ogniotrwałe;
- Ceramika sanitarna;
- Ceramika techniczna;
- Rury kamionkowe;
- Keramzyt;
- Nieorganiczne ścierniwa.

Kolejność rozdziałów zawartych w tym dokumencie (Streszczenie, Przedmowa, Zakres, Rozdziały 1-9 dotyczące BAT – rozdział 5 oraz Uwagi końcowe – rozdział 7) jest zgodna ze standardowym układem dokumentów BREF i przewodnikiem. Układ BREF i przewodnik zostały przygotowane przez Information Exchange Forum (IEF), powołane przez Komisję Europejską, by wspierało wymianę informacji w ramach IPPC (por. także Przedmowa).

Pozostałe luki informacyjne

Mimo że dostarczono wiele użytecznych informacji i komentarzy, dotyczących szeregu zagadnień, nadal istnieją pewne braki informacyjne, dlatego trzeba wskazać ich konsekwencje dla tego dokumentu:

- W pewnym sensie brak spójnych informacji ilościowych dotyczących rzeczywistych kosztów (ekonomia) niektórych technik redukcji, innych niż techniki oczyszczania spalin w kontekście odpowiadających im danych na temat wydajności. To spowodowało, że, szczególnie w rozdziale 4, ale także we wnioskach dotyczących BAT, zawarto dane raczej o charakterze jakościowym, niż ilościowym.
- Mnogość grup produktowych i konkretnych etapów procesów produkcyjnych także prowadzi do raczej jakościowych, niż ilościowych wniosków, szczególnie dotyczących wydajności energetycznej BAT. Dane, które zostały przedstawione w tym zakresie pokazują szereg specyficznych aspektów i szczegółów, ale prowadzą do wniosku, że, do teraz, trudno o ogólne wnioski ilościowe dotyczące tego zagadnienia.
- W przypadku możliwości zastosowania paliw alternatywnych (np. biogaz/biomasa) lub stałych (np. węgiel, koks naftowy) dostarczono niewiele informacji dotyczących emisji i zużycia, a większość z nich udostępniono na późnym etapie przygotowywania tego dokumentu – niektóre nawet podczas spotkania podsumowującego TWG i w związku z tym nie mogły zostać w pełni uwzględnione.

Poziom konsensusu na spotkaniu podsumowującym TWG

Na spotkaniu podsumowującym TWG omawiano przede wszystkim wnioski dotyczące BAT, które zostały uzgodnione na dwóch poziomach:

- Wnioski na temat ogólnych BAT, tzn. technik, które mogą być stosowane do całego przemysłu ceramicznego;
- Wnioski na temat sektorowych BAT, tzn. technik dla dziewięciu głównych uwzględnionych sektorów.

Propozycje BAT zostały szczegółowo przedyskutowane, a w tym kontekście podjęto także decyzję, że rozdział poświęcony BAT nie będzie ustalał ani proponował wartości granicznych emisji, ale sugeruje wartości emisji i zużycia związane z zastosowaniem wybranych BAT, a także, że najlepsze dostępne techniki dla konkretnych instalacji będą zwykle konkretnymi technikami lub metodami wymienionymi w rozdziale dotyczącym ogólnych i specyficznych BAT, lub ich połączeniem.

Innym tematem w dyskusji było poruszenie w rozdziale zawierającym uwagi końcowe trudności związanych z uwzględnieniem informacji, które zostały dostarczone późno. Ma to szczególne zastosowanie w przypadku koksu naftowego wykorzystywanego jako paliwo w procesie opalania pieca, a także zaleceń dotyczących zbierania dalszych informacji, w celu zaktualizowania tego dokumentu.

W trakcie podsumowującego spotkania TWG osiągnięto wysoki poziom konsensusu. Nie zgłoszono żadnych zdań odrębnych, a w związku z tym – co wynika także z całego procesu wymiany informacji – proces wymiany należy uznać za udany.

Zalecenia do dalszej pracy

Wymiana informacji i jej wyniki, czyli niniejszy dokument, stanowią istotny krok naprzód w osiągnięciu zintegrowanej kontroli i zapobiegania generowania zanieczyszczeń podczas produkcji ceramiki. Dalsze prace mogą kontynuować ten proces poprzez dostarczenie informacji ze wszystkich 25 państw

członkowskich, obejmujących dane na temat kosztów technik redukcyjnych oraz więcej informacji na temat wydajności energetycznej powiązanych z konkretnymi informacjami.

Aby w przyszłości dokonać aktualizacji tego dokumentu, niezbędne będzie także dostarczenie większej ilości informacji dotyczących zastosowania paliw alternatywnych i stałych oraz wszystkich rodzajów emisji i zużycia, np. rzeczywiste dane na temat pomiarów emisji, które pozwolą zrozumieć zachowanie się emisji.

Ponadto, poziomy emisji związane z BAT (BAT AEL) muszą zostać zweryfikowane podczas przygotowania poprawionej wersji tego dokumentu, w szczególności w zakresie zakresów BAT AEL dla emisji SO_x z procesów wypalania w procesach wykorzystujących surowce bogate w siarkę, uwzględniając postęp w zakresie technik redukcji.

Podczas aktualizacji tego dokumentu jako poziom referencyjny należy uznać zawartość tlenu na poziomie 17%.

Sugerowane tematy do dalszych prac rozwojowo-badawczych

W szczególności techniki opisane w rozdziale dotyczącym nowych technik (rozdział 6) wymagają dalszych prac rozwojowo-badawczych, tak by techniki te mogły zostać uwzględnione podczas ustalania BAT dla produkcji wyrobów ceramicznych.

Oprócz tego, KE ustanawia i wspiera, poprzez szereg programów RTD, szereg projektów dotyczących czystych technologii, nowych technologii oczyszczania ścieków i recyklingu oraz strategii zarządzania. Potencjalnie, projekty te mogą stanowić użyteczny wkład dla przyszłych modyfikacji BREF. Czytelnicy mogą w związku z tym informować EIPPCB o wszelkich wynikach badań istotnych dla zakresu tego dokumentu (por. także przedmowa).

8. BIBLIOGRAFIA

1. BMLFUW (2003). "Austrian Study on State of the Art of Manufacturing Ceramic Goods by Firing".
2. VITO (2003). "The Flemish BAT-report on the ceramic industry (brick and roof tile industry), English translation of parts of the original Dutch version - published in 1999".
3. CERAME-UNIE (2003). "Proposed Best Available Techniques (BAT) Reference Document (BREF) for the European Ceramic Industry, Rev. Nov. 2003".
4. UBA (2001). "Exemplary Investigation into the State of Practical Realisation of Integrated Environmental Protection within the Ceramics Industry under Observance of the IPPC-Directive and the Development of BAT Reference Documents".
5. InfoMil (2003). "Dutch Fact Sheets for the Production of Ceramics".
6. Timellini, G., Canetti, A. (2004). "The Italian Ceramic Tile Industry. Contribution to the identification and specification of the Best Available Techniques".
7. Dodd, A., Murfin, D. (1994). "Dictionary of Ceramics", The Institute of Materials.
8. Ullmann's (2001). "Encyclopedia of Industrial Chemistry, Sixth Edition", Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, Germany.
10. Navarro, J. E. (1998). "Integrated Pollution Prevention and Control in the Ceramic Tile Industry. Best Available Techniques (BAT)".
11. Shreve, R. N. (1945). "The Chemical Process Industries, The Ceramic Industries", McGraw-Hill Chemical Engineering Series.
12. CTCV (2004). "Portuguese Ceramic Industry Data".
13. SYKE (2004). "The contribution of Finland to the exchange of information in the EU on the use of BAT to control the environmental impact of the manufacture of ceramic products, DRAFT June 28, 2004".
14. UBA (2004). "Production of inorganic bonded abrasives".
17. Burkart, M. (2004). "Personal Communication by site visits".
20. CERAME-UNIE (2004). "Proposed Best Available Techniques (BAT) Reference Document (BREF) for the European Ceramic Industry, Rev. Jan. 2004".
21. Almeida, M., Vaz, S., Baio, D. (2004). "Impactes Ambientais e Comércio de Emissões Indústria Cerâmica - Um caso de estado".
22. SYKE (2004). "Report on Best Available Techniques in the Finnish ceramic industry".
23. TWG Ceramics (2005). "Merged and sorted comments master spread sheet on draft 1".
24. VKI-Germany (2004). "Breviary Technical Ceramics".
25. Volland, T., Leuenberger, C., Roque, R. (2004). "Statistic correlations between two methods of pollutant emission evaluation", L'INDUSTRIE CÉRAMIQUE & VERRIÈRE, No 994 - Mai-Juin 2004, pp. 54 - 66.

26. UBA (2005). "Basic information and data on the expanded clay industry in Germany",
Compilation by German National Working group and German expanded clay industry.
27. VDI (2004). "Emission control ceramic industry, VDI Guideline 2585, Draft July 2004".
28. Schorcht, F. (2005). "Personal Communication by site visits".
29. IMA-Europe (2005). "IMA-Europe's comments on the inclusion of calcined clays, 4. May 2005".
30. TWG Ceramics (2005). "Merged and sorted comments master spread sheet on draft 2".
31. Probst, R. (2005). "Development of processes for cleaning ceramic waste water", cfi ceramic
forum international Berichte der Deutschen Keramischen Gesellschaft.
32. TWG Ceramics (2006). "Final TWG meeting Ceramics".

9. SŁOWNIK

TERMIN	ZNACZENIE
absorpcja	Proces objętościowy, w którym jedna substancja przenika inną (nasączenie)
kwas	Donor protonów. Substancja, która, w mniejszym w lub większym stopniu, oddaje jony wodorowe do roztworu wodnego.
zakwaszanie	Dodawanie kwasu do substancji w celu otrzymania właściwości kwasowych.
poważne skutki	Działania szkodliwe dla dowolnego żywego organizmu, które powoduje szybkie postępowanie uciążliwych symptomów, często nieustępujące po zakończeniu ekspozycji.
wysoka toksyczność	Szkodliwe działanie wynikające z zastosowania pojedynczej dawki lub jednorazowego narażenia na działanie substancji chemicznej; dowolne trujące działanie spowodowane w krótkim okresie czasu, zwykle krótszym niż 96 godzin. Pojęcie zwykle jest stosowane w przypadku skutków eksperymentów na zwierzętach.
adsorpcja	Proces powierzchniowy. Akumulacja molekuł gazu lub płynu do postaci cienkiej błony na powierzchni substancji stałej (asymilacja powierzchni).
napowietrzanie	Mieszanie płynu z powietrzem (tlenem).
aerobowy	Proces biologiczny odbywający się w atmosferze tlenowej.
alkaliczny	Akceptor wodoru. Substancja, która, w mniejszym lub większym stopniu przyjmuje jony wodorowe w roztworze wodnym.
anaerobowy	Proces biologiczny odbywający się w atmosferze beztlenowej.
AOCl	Możliwe do zaadsorbowania organiczne związki chloru
AOX	Możliwe do zaadsorbowania organiczne związki halogenowe. Całkowite stężenie w miligramach na litr, wyrażone jako chlor, wszystkich związków halogenowych (z wyjątkiem fluoru) obecnych w próbce wody, które nadają się do adsorpcji przez węgiel aktywny.
atm.	Normalna atmosfera (1 atm. = 101325 N/m ²).
bar	bar (1,013 bar = 1 atm.)
BAT	Najlepsze dostępne techniki
BAT AEL	Poziomy emisji związane z BAT.
BF	Flokulacja partiami
BFW	Dostarczanie wody do kotła w celu produkcji pary.
biochemikalia	Substancje chemiczne, które albo występują w sposób naturalny, albo identyczna z naturalnie występującymi substancjami. Na przykład hormony, feromony i enzymy. Biochemikalia działają jako pestycydy, ale w sposób nietoksyczny i nie zagrażający życiu, na przykład zapobiegając namnażaniu się insektów, regulując ich rozwój lub działając odstraszająco.
biodegradowalny	Może zostać fizycznie i/lub chemicznie rozłożony przez mikroorganizmy. Na przykład wiele związków chemicznych, odpadków żywności, bawełna, wełna i papier są biodegradowalne.
bioróżnorodność	Ilość i różnorodność różnych organizmów w środowiskach ekologicznych, w których występują w sposób naturalny. Organizmy są zorganizowane na wielu poziomach, od pełnych ekosystemów do struktur biochemicznych, które stanowią molekularną podstawę dla dziedziczenia. W związku z tym, pojęcie to zawiera w sobie szereg różnych ekosystemów, gatunków oraz genów, które muszą występować w zdrowym środowisku. Duża liczba gatunków musi występować w łańcuchu pokarmowym reprezentując zróżnicowane relacje pomiędzy drapieżnikami i ich ofiarami.
biskwit	(1) ceramika, która została wypalona, ale jeszcze nie została poddana glazurowaniu. (2) pojęcie to oznacza „nieglazurowany” i jest stosowane w konstrukcjach złożonych, np. w określaniu „wypalanie biskwitu”.
BZT	Biochemiczne zapotrzebowanie na tlen: ilość tlenu potrzebna mikroorganizmom w celu rozłożenia substancji organicznych. Jednostką pomiaru jest O ₂ /l. W Europie BZT zwykle jest mierzone po 3 (BZT ₃), 5 (BZT ₅) lub 7 (BZT ₇) dniach.

TERMIN	ZNACZENIE
czerep	(1) mieszanina surowców przygotowana do uformowania w wyrób ceramiczny. (2) wewnętrzna część ceramiki, różna od glazury.
BREF	Dokument referencyjny poświęcony BAT
BTEX	Benzen, toluen, etylobenzen, ksylen.
BTX	Benzen, toluen, ksylen.
kalcyt	Krystaliczna postać węgla wapnia.
kaseta	Wyposażenie pieca o specjalnym kształcie służące do podpierania np. dachówek podczas wypalania.
CEN	European Committee for Standardization
ceramika	Pojęcie ogólne „ceramika” (wyroby ceramiczne) jest stosowane do określania materiałów nieorganicznych (z możliwą zawartością substancji organicznych), wykonanych z niemetalicznych związków i utwardzonych w procesie wypalania.
kreda	Amorficzna postać węgla wapnia.
glina	Materiał naturalny charakteryzujący się plastycznością wydobywany z kopalni lub poddany szlifowaniu i zmieszany z wodą.
ChZT	Chemiczne zapotrzebowanie na tlen: ilość dwuchromianu potasu wyrażonego jako tlen, niezbędnego do chemicznego utlenienia w temperaturze około 150°C substancji zawierających ścieki.
efekty krzyżowe	Obliczenie oddziaływania środowiskowego emisji do wody/powietrza/gleby, zużycia energii, surowców, emisji hałasu oraz zużycia wody (tzn. wszystkich elementów wymaganych w dyrektywie IPPC).
dH	Stopień twardości wody.
emisje rozproszone	Emisje powstające w bezpośrednim kontakcie środowiska z lotnymi lub lekko pylistymi substancjami (atmosfera, w normalnych warunkach operacyjnych). Mogą powstawać w wyniku: - wewnętrznej konstrukcji urządzeń (np. filtrów, suszarek, etc.); - warunków operacyjnych (np. podczas przenoszenia materiałów pomiędzy pojemnikami); - typu operacji (np. czynności związanych z konserwacją); - lub podczas stopniowego uwalniania do innego ośrodka (np. do wody chłodzącej lub ścieków). Emisje nietrwale stanowią podzbiór emisji rozproszonych.
źródła rozproszone	Źródła podobnych rozproszonych lub bezpośrednich emisji, których jest więcej niż jedno i są rozmieszczone wewnątrz określonego obszaru.
DN	Szerokość nominalna.
dolomit	Rodzaj wapienia, którego fakcja węglowa jest zdominowana przez dolomit w postaci mineralnej, węgiel wapnia z magnezem, CaMg(CO ₃).
DS	Sucha masa (zawartość). Masa materiałów pozostająca po osuszeniu zmierzona testem standardowym.
EC50	Stężenie końcowe 50. Stężenie, które efekty końcowe są obserwowane w 50% badanej populacji po dodaniu pojedynczej dawki. Efekty końcowe obejmują unieruchomienie rozwiłitek, zahamowanie wzrostu, podział komórek lub produkcję biomasy, a także produkcję chlorofilu przez algi.
ścieki	Fluid (powietrze lub woda wraz z zanieczyszczeniami) generujący emisje.
EIPPCB	European IPPC Bureau.
emisja	Substancje uwalniane w sposób pośredni lub bezpośredni, drgania, ciepło lub hałas z pojedynczych lub rozproszonych źródeł w instalacji do powietrza, wody lub gleby.
wartości graniczne emisji	Masa, wyrażona w formie określonych parametrów specyficznych, stężenie i/lub poziomy emisji, które nie mogą zostać przekroczone podczas żadnego okresu pracy.

TERMIN	ZNACZENIE
techniki końca rury	Techniki, które redukują końcowe emisje lub zużycie za pomocą dodatkowych procesów, ale nie zmieniają zasadniczego procesu. Synonimy: „techniki wtórne”, „techniki redukcji”. Antonimy: „techniki zintegrowane”, „techniki pierwotne” (techniki, które do pewnego stopnia zmieniają sposób realizacji zasadniczych procesów i w ten sposób ograniczające ilość surowych emisji lub zużycie).
angobowanie	Odlewanie gęstwy, białej lub kolorowej, nakładanej na porowate czerepy ceramiczne w celu poprawy ich wyglądu.
ESP	Elektrofiltr
eutrofizacja	Zanieczyszczenie wody ściekami, nawozami wymywanyymi z gruntu oraz odpadami przemysłowymi (nieorganiczne azotany i fosfaty). Związki te stymulują rozrost alg, zmniejszając ilość tlenu zawartego w wodzie i tym samym prowadzą do śmierci zwierząt potrzebujących do życia dużo tlenu.
istniejąca instalacja	Uruchomiona instalacja lub, zgodnie z przepisami instalacja istniejąca przed wejściem w życie dyrektywy, instalacja zaakceptowana lub w opinii właściwego organu stanowiąca przedmiot pełnego wniosku o autoryzację, o ile instalacja zostanie uruchomiona nie później niż jeden rok licząc od daty wejścia w życie tej dyrektywy.
wypalanie	Proces obróbki cieplnej wyrobów ceramicznych odbywający się w piecu służący do zeszklenia lub skryształizowania przedmiotów i nadania im w ten sposób właściwości charakterystycznych dla wyrobów ceramicznych.
spaliny	Gazy pochodzące z procesu wypalania/spalania.
topnik	Substancja, która nawet w niewielkich ilościach obniża temperaturę topnienia materiału, w którym się w sposób naturalny znajduje (np. zasady w glinie) lub materiału, do którego zostanie dodana (bp. bor dodawany do glazury).
fryta	Składnik ceramiczny dodawany w celu uzyskania szkła i zwykle granulowany.
olej opałowy EL	Superlekki olej opałowy.
emisje nietrwale	Emisje spowodowane nieszczelnością urządzeń/wyciekami: emisje do środowiska powstające w wyniku stopniowego rozszczelniania urządzeń zaprojektowanych do przechowywania fluidów (gazów lub płynów), zwykle spowodowane różnicą ciśnienia i w konsekwencji wyciekami. Przykłady: wycieki z kołnierza, pompy, uszczelnianych lub dokręcanych urządzeń, etc.
GDP	PKB
GJ	Gigadzule
szkło	Substancja stała niezawierająca długich szeregów w swoich atomach.
glazura	Cienka szklista powłoka na powierzchni wyrobów ceramicznych nakładana i wypalana.
glazurowany	Zwykle stosowane w związkach, np.: „glazurowany wyrób”, „wypalanie glazury”.
surowe wyroby	Wyroby ceramiczne, które zostały już uformowane, ale jeszcze nie zostały wysuszone ani wypalone.
HFO	Ciężki olej opałowy.
hPa	Hektopaskale.
IEF	Information Exchange Forum (nieformalny organ doradczy w ramach dyrektywy IPPC).
inmisje	Występowanie oraz zawartość substancji zanieczyszczających, odorów lub hałasu w środowisku.

TERMIN	ZNACZENIE
instalacja	Stacjonarna jednostka techniczna, w której realizuje się jedną lub większą liczbę czynności wymienionych w Załączniku I do dyrektywy IPPC, a także wszelkie inne bezpośrednio powiązane czynności, które mają techniczny związek z zadaniami realizowanymi w tej placówce, a które mogłyby wpływać na emisję i zanieczyszczenia.
IPPC	Zintegrowane zapobieganie i ograniczanie zanieczyszczeń.
I-TEQ	Równoważnik toksyczności dioksyn/furanów.
K	Kelwiny ($0^{\circ}\text{C} = 273.15\text{ K}$).
kaolin	Nazwa wyprowadzona z chińskiego Kao-Lin (Gaolin), góry, na której biała glina została odkryta (nazywana także chińską gliną).
kcal	Kilokaloria ($1\text{ kcal} = 4.19\text{ kJ}$).
piec	Instalacja generująca wysoką temperaturę wykorzystywana do wypalania ceramiki.
pojemność pieca	Objętość strefy wypalania w piecu.
wyposażenie pieca	Pojęcie ogólne stosowane do elementów ogniotrwałych wykorzystywanych do podpierania wyrobów ceramicznych podczas wypalania w piecu („elementy wspomagające wypalanie”).
cegła elewacyjna	Rodzaj cegieł budowlanych, które mogą mieć jakość cegieł konstrukcyjnych lub elewacyjnych o niskiej absorpcji wody i dużej odporności na zgniatanie.
kWh	Kilowatogodzina ($1\text{ kWh} = 3600\text{ kJ} = 3,6\text{ MJ}$).
LAS	Liniowy sulfonian alkilobenzenu.
LC50	Stężenie śmiertelne 50. Najniższe stężenie substancji w wodzie lub otaczającym powietrzu w miligramach na litr wystarczające do spowodowania śmierci 50% populacji testowej w określonym przedziale czasu (np. 96 godzin dla ryb, 48 godzin dla rozwielitek).
LD50	Dawka śmiertelna 50. Najniższa dawka substancji zastosowana w przypadku zwierząt takich jak myszy lub szczury wystarczająca do spowodowania śmierci 50% populacji testowej w określonym przedziale czasu (nie dłuższym niż 14 dni), wyrażona w miligramach substancji badanej na kilogram masy ciała.
wapień	Skała mineralna składająca się z CaCO_3 , wykorzystywana jako skała lub jako surowiec do produkcji wapna gaszonego poprzez dekarbonizację (tlenek wapnia) lub poprzez uwadnianie wapna gaszonego wodorotlenku wapnia.
LNG	Gaz LNG.
LOEC	Najniższe zaobserwowane stężenie końcowe. Najniższe ustalone w warunkach eksperymentalnych stężenie substancji badanej, przy którym obserwuje się występowanie działań niepożądanych.
LPG	Gaz LPG.
LWA	Lekkie kruszywo: spulchnione kruszywo wytwarzane przez szybkie ogrzewanie odpowiedniej gliny w piecu obrotowym lub w piecu z paleniskiem spiekowym.
m^3/h	Objętość strumienia: o ile nie stwierdzono inaczej, objętość strumienia odnosi się do 18% tlenu oraz stanu normalnego.
magnezja	tlenek magnezu (MgO).
magnezyt	Węglan magnezu (MgCO_3).
mg/m^3	Stężenie: o ile nie stwierdzono inaczej, stężenia substancji gazowych lub mieszanin substancji odnoszą się do suchych spalin przy 18% stężeniu tlenu i w stanie normalnym. Stężenie benzenu odnosi się do 15% stężenie tlenu i stanu normalnego.
MJ	Megadzule ($1\text{ MJ} = 1000\text{ kJ} = 10^6\text{ J}$).
monitoring	Proces, którego celem jest ocena lub ustalenie rzeczywistej wartości oraz zróżnicowania emisji lub innego czynnika, w oparciu o procedury systematycznych, okresowych lub wrywkowych inspekcji, kontroli próbkowania oraz pomiarów lub innych metod oceny, których celem jest dostarczenie informacji na temat emitowanych ilości i/lub tendencji emisji zanieczyszczeń.
MPa	Megapaskal.

TERMIN	ZNACZENIE
efekty wielorakie	por. efekty krzyżowe.
n/a	nie dotyczy
n.a.	niedostępne
nafteny	Węglowodory zawierające co najmniej jeden nasycony pierścień składający się z 5 lub 6 atomów węgla w cząsteczkach, do których dołączane są grupy parafinowe (przymiotnik: nafteniczny).
n/d	brak danych
N-K _j	Azot analizowany metodą Kjendahl.
Nm ³	Normalny metr sześcienny (273 K, 1013 hPa).
NOAC	Brak zaobserwowanych niepożądanych efektów stężenia.
NOEC	Brak zaobserwowanych skutków stężenia.
spaliny	Pojęcie ogólne stosowane w przypadku gazów/powietrza uwalnianego podczas procesu spalania lub ekstrakcji w temperaturze otoczenia.
operator	Każda osoba fizyczna lub prawna zarządzająca lub kontrolująca instalację lub, w przypadku, gdy jest to dozwolone przez przepisy prawa krajowego, której przyznano uprawnienia do podejmowania decyzji dotyczących technicznych zasad funkcjonowania danej instalacji.
cząstki stałe	Pył.
pH	Symbol oznaczający kwasowość lub zasadowość roztworu. Jest to liczba równoważna logarytmowi dziesiętnemu odwrotności stężenia jonów azotu w roztworze wodnym.
zanieczyszczenie	Substancja lub grupa substancji, które mogą zaszkodzić lub wpłynąć na środowisko.
ceramika	Ogólne pojęcie używane do określenia ceramiki domowej.
ppm	Parts per million.
pierwotna technika/metoda	Technika, która do pewnego stopnia zmienia sposób realizacji podstawowego procesu ograniczając tym samym emisje lub zużycie (por. techniki końca rury).
PTFE	Politetrafluoroetylen (Teflon).
rpm	Obroty na minutę.
wtórna technika/metoda	Por. technika końca rury.
Ustalona gęstość	Masa wyrobów do wypalenia bez wsporników w objętości pieca w stosunku do całkowitej objętości pieca.
spiekanie	Ogólny termin stosowany do zagęszczania za pomocą ciepła proszku służącego do produkcji ciał polikrystalicznych.
gęstwa	Roztwór gliny i/lub innych materiałów ceramicznych w wodzie.
osad	Roztwór o relatywnie wysokiej zawartości cząstek stałych.
SME/MSP	Małe i średnie przedsiębiorstwa.
sorpcja	Proces, w trakcie którego jedna substancja wychwytuje lub wiąże inną za pomocą adsorpcji lub absorpcji.
emisje specyficzne	Emisje związane z konkretnym punktem odniesienia, np. zdolnością produkcyjną lub rzeczywistą produkcją (np. masa na tonę lub wyprodukowaną jednostkę).
SS	Zawiesina cząstek stałych (zawartość) (w wodzie) (por. także TSS).
stan normalny	Temperatura 273 K i ciśnienie 1013 hPa.
TJ	Teradżul.
OWO	Całkowity węgiel organiczny.
TS	Całkowita zawartość cząstek stałych. Zawartość przed suszeniem materiału.
TSS	Całkowita zawartość zawiesiny cząstek stałych (w wodzie) (por. także SS).
TWG	Techniczna grupa robocza.
zeszklony	Pojęcie oznaczające „szkliste” materiały stosowane jest w przypadku ceramiki, która powstaje w wyniku znacznego zeszklenia (w odróżnieniu od spiekania) o bardzo niskiej porowatości.
szklenie	Postępujące częściowe łącznie gliny lub czerepu w wyniku procesu wypalania.

TERMIN	ZNACZENIE
LZO	Lotne związki organiczne.
vol-%	Procent objętości.
W/(mK)	Przewodnictwo cieplne
wt-%	Procent masy.
μg	Mikrogram.
μS	Mikrosiemens.

SYMBOLE CHEMICZNE

Al – aluminium	H ₂ O – woda	PbO – tlenek ołowiu
Al ₂ O ₃ – tlenek aluminium	HCl – chlorowódor	Pr – prazeodym
BaO – tlenek baru	HCN – kwas cyjanowodorowy	Pt – platyna
BN – azotek boru	HF – fluorowódor	Rh – rod
Ca - wapń	K ₂ O – tlenek potasu	S - siarka
Ca(OH) ₂ – wodorotlenek wapnia	MgCO ₃ – węglan magnezu	Sb – antymon
CaCl ₂ – chlorek wapnia	MgO – tlenek magnezu	Si – krzem
CaCO ₃ – węglan wapnia	Mn – mangan	SiC – węglik krzemu
CaF ₂ – fluorek wapnia	Mo – molibden	SiO ₂ – dwutlenek krzemu
CaO – tlenek wapnia	Na ₂ CO ₃ – węglan sodu	Sn – cyna
CaSO ₃ – siarczyn wapnia	Na ₂ O – tlenek sodu	SO ₂ – dwutlenek siarki
CaSO ₄ – siarczan wapnia	Na ₂ SO ₃ – siarczyn sodu	SO ₃ – trójtlenek siarki
Cd – kadm	NaCl – chlorek sodu	SO _x – tlenki siarki
Ce – cer	NaF – fluorek sodu	Ti – tytan
Co – kobalt	NaHCO ₃ – wodorowęglan sodu	TiN – azotek tytanu
CO – tlenek węgla	NaOH – wodorotlenek sodu	TiO ₂ – dwutlenek tytanu
CO ₂ – dwutlenek węgla	NH ₃ - amoniak	V – wanad
Cr – chrom	Ni – nikiel	W – wolfram
Cu – miedź	NO ₂ – dwutlenek azotu	WB ₂ – borek wolframu
F – fluor	NO _x – tlenki azotu	Zn – cynk
Fe – żelazo	O ₂ – tlen	Zr – cyrkon
Fe ₂ O ₃ – tlenek żelaza	Pb - ołów	ZrO ₂ – dwutlenek cyrkonu