
PRACE

**Instytutu Ceramiki
i Materiałów Budowlanych**

Scientific Works
of Institute of Ceramics
and Building Materials

Nr 18
(lipiec–wrzesień)

Prace są indeksowane w BazTech i Index Copernicus
ISSN 1899-3230

Rok VII

Warszawa–Opole 2014

EWA GŁODEK-BUCYK*
WOJCIECH KALINOWSKI**

Paliwa z odpadów wyzwaniem środowiskowym dla technologii wypalania klinkieru

Słowa kluczowe: paliwa z odpadów, współspalanie, układ wypalania klinkieru, emisje.

Stopień wykorzystania odpadów jako alternatywnego źródła energii jest bardzo zróżnicowany w poszczególnych regionach i krajach świata. W Unii Europejskiej, a także w Polsce w piecach cementowych substytucja paliw naturalnych przez odpady palne jest znaczna i w indywidualnych przypadkach osiąga wartość powyżej 80%. Wykorzystanie paliw alternatywnych wiąże się z korzyściami nie tylko dla przedsiębiorstw (ograniczenie kosztów zakupu paliwa), ale również dla środowiska (alternatywy dla składowania odpadów). Może jednak wiązać się z występowaniem niekorzystnych zjawisk i utrudnieniami w prowadzeniu procesu wypalania klinkieru. W pracy przedstawiono wpływ stosowania paliw z odpadów na prace układu wypalania, na wzrost jednostkowego zapotrzebowania na ciepło, jak również wpływ na wielkość emisji zanieczyszczeń.

1. Wprowadzenie

Pieczę obrotowe do wypalania klinkieru tradycyjnie opalane były paliwami kopalnymi. W latach 70. XX w. w USA i Europie rozpoczęto badania nad możliwością wykorzystania odpadów jako paliw zastępczych w układzie wypalania klinkieru. Poszukiwano rozwiązań, które umożliwiłyby znalezienie alternatywy dla składowania odpadów i spalania odpadów niebezpiecznych. Wytwórcy odpadów byli zainteresowani obniżeniem kosztów likwidacji, a producenci cementu szukali sposobu ograniczenia kosztów zakupu paliw konwencjonalnych. Obecnie stopień wykorzystania odpadów jako alternatywnego źródła energii jest bardzo zróżnicowany w poszczególnych regionach i krajach świata (tab. 1). Uzależniony jest on głównie od rodzaju lokalnego przemysłu, dostępności przetworzonych

* Dr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Inżynierii Procesowej Materiałów Budowlanych w Opolu, e.glodek@icimb.pl

** Dr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Inżynierii Procesowej Materiałów Budowlanych w Opolu, w.kalinowski@icimb.pl

odpadów, poziomu rozwoju prawodawstwa w zakresie gospodarki odpadami i lokalnej świadomości ekologicznej. Największa substytucja ciepła paliwami alternatywnymi występuje w Europie, gdzie zużywa się ok. 60% wszystkich paliw alternatywnych. W krajach Unii Europejskiej oraz w Polsce w piecach obrotowych do wypalania klinkieru substytucja paliw naturalnych przez odpady palne jest znaczna i w indywidualnych przypadkach przekracza 80%. W roku 2012 udział paliw alternatywnych współspalanych w cementowniach wynosił w Polsce 44,5%, w Europie – 36,2%, a w świecie – 12,2% [1]. Ilościowo oznaczało to wykorzystanie 1,04 mln t rocznie w Polsce (w tym 96,2 tys. t biomasy), 8,0 mln t rocznie w Europie i 13,8 mln t na świecie [1].

T a b e l a 1

Zużycie paliw alternatywnych oraz produkcja klinkieru i cementu [1]

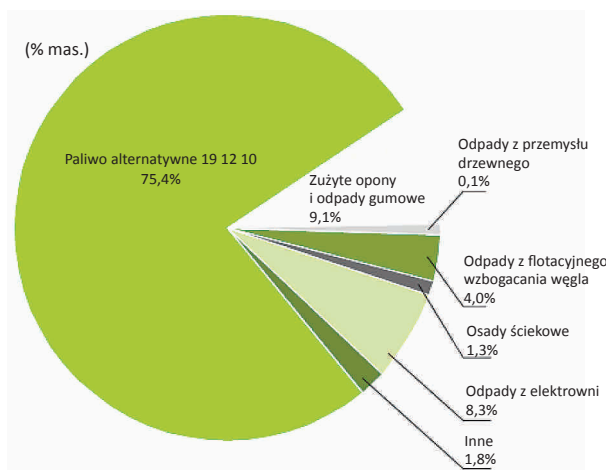
Wyszczególnienie		Paliwa alternatywne	Biomasa	Paliwa kopalne	Paliwa alternatywne	Produkcja klinkieru	Produkcja cementu
		[TJ/rok]			[tys. t/rok]		
Świat	1990	2 910	2 520	206 000	2 320	422 000	501 000
	2000	282	4 310	200 000	6 020	520 000	629 000
	2012	bd	bd	bd	13 800	649 000	859 000
Europa	1990	18 600	1 630	747 000	1 140	186 000	233 000
	2000	53 800	9 760	635 000	3 830	182 000	237 000
	2012	128 000	57 300	327 000	8 030	134 000	173 000
Polska	1990	0	0	55 000	0	9 980	11 800
	2000	335	123	44 500	174	11 400	14 100
	2012	15 600	3 870	24 300	1 040	11 700	15 600

Wykorzystanie paliw alternatywnych w ostatnich dwudziestu latach znacząco się zwiększyło (tab. 1). Przykładowo w Europie od 2000 r. wzrosło o 27%. Tak duży wzrost wykorzystania paliw alternatywnych w Europie powiązany jest z polityką energetyczną i środowiskową prowadzoną przez kraje Unii Europejskiej. Istotny wpływ na rozwój rynku paliw z odpadów oraz biomasy ma Dyrektywa o handlu emisjami 2003/87/WE (Ustawa z 28 kwietnia 2011 r. o systemie handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych). Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z 12 września 2008 r. (Dz.U. z 2008 r. nr 183, poz. 1142) w sprawie sposobu monitorowania wielkości emisji substancji objętych wspólnotowym systemem handlu uprawnieniami do emisji, część F, w wykazie czystej biomasy, neutralnej pod względem emisji CO₂, znajdują się m.in. frakcje biomasy z odpadów komunalnych i przemysłowych. Neutralność czystej biomasy polega na tym, że jej wskaźnik emisji CO₂ wynosi 0 [Mg CO₂/TJ lub Mg lub tys. m³]. Z kolei Dyrektywa 2009/28/WE w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych (Ustawa Prawo energetyczne z 10 kwietnia 1997 r. z późn. zm.) promuje odzysk energii z paliw alternatywnych i z biomasy.

W piecu obrotowym można stosować palne odpady o różnej postaci, zarówno stałe, jak i płynne lub gazowe. Do najczęściej stosowanych paliw z odpadów w procesie wypalania klinkieru należą:

- zużyte opony samochodowe lub inne odpady gumowe,
- odpady tworzyw sztucznych,
- przetworzone odpady komunalne,
- przepracowane oleje.

W ogólnym bilansie spalanych odpadów ponad 75% stanowią paliwa alternatywne z grupy 19 12 10. Obecnie w kraju na 11 działających zakładów produkcji klinkieru, aż w 9 prowadzi się współspalanie paliw z odpadów. Na rycinie 1 przedstawiono strukturę stosowanych w Polsce różnych rodzajów odpadów wykorzystywanych jako paliwa.



Ryc. 1. Struktura rodzajowa paliw alternatywnych zużytych w Polsce w 2011 r. [8]

2. Wpływ stosowania paliw z odpadów na pracę układu wypalania klinkieru

Wykorzystanie paliw z odpadów może wiązać się z występowaniem niekorzystnych zjawisk i utrudnieniami w prowadzeniu procesu wypalania klinkieru. Właściwości paliw alternatywnych, w porównaniu z paliwem konwencjonalnym, wykazują różnicę pod względem cech fizycznych (wilgotność, wielkość i kształt ziaren, zawartość części lotnych), wartości opałowej, składu chemicznego i charakterystyki procesu spalania (czasy zapłonu, temperatury, zapotrzebowanie tlenu). Zróżnicowane właściwości paliw, szczególnie w warunkach współspalania, oddziałują wzajemnie na przebieg procesu spalania oraz formowanie płomienia

w strefie spalania. Gwałtowny zapłon drobnych suchych frakcji paliw alternatywnych zmienia warunki indukcji zapłonu węgla, co oddziałuje na następne fazy spalania węgla. Rosnący udział paliw alternatywnych w palniku głównym pieca powoduje obniżenie temperatury w strefie spiekania i wydłużenie płomienia, co skutkuje przesunięciem stref w piecu obrotowym w kierunku wlotu materiału do pieca i podniesienie temperatury w tzw. zimnym końcu pieca [6].

Elementy o decydującym znaczeniu dla wydajności pieca są następujące: stopień dekarbonizacji surowca na wlocie pieca, temperatura w strefie spiekania oraz czas niezbędny dla reakcji powstawania minerałów klinkieru. Intensywność wymiany ciepła pomiędzy gazami spalinowymi a wypalaniem materiałem jest uzależniona od rozkładu temperatur gazów i materiału wypalanego wzdłuż pieca, co z kolei ma silny związek z długością płomienia oraz jego temperaturą. Synteza związków chemicznych tworzących klinkier wymaga temperatury materiału ok. 1450°C, więc temperatura płomienia w tej strefie jest parametrem decydującym o wartości przekazywanego strumienia ciepła.

Współspalanie paliw z odpadów w palniku głównym, ze względu na niższą wartość opałową w stosunku do węgla oraz dużą zawartość wilgoci, powoduje zmniejszenie temperatury płomienia. Zgodnie z praktyką przemysłową, spadek temperatury płomienia tylko o 100°C obniża wydajność pieca o ok. 10% przy wzroście zużycia ciepła o ok. 5%.

Dla zapewnienia odpowiednich warunków termicznych w strefie spiekania minimalna wartość opałowa paliwa wprowadzanego do palnika głównego nie powinna być zasadniczo niższa od 22–24 MJ/kg. Przeciętne wartości opałowe paliw alternatywnych PAS, współspalanych z węglem na palniku głównym, wahają się w granicach 18,5–21,5 MJ/kg. Pył węglowy stosowany do opalania pieców posiada zwykle wartość opałową na poziomie 24–26 MJ/kg. Proporcje udziału stosowanych paliw, współspalanych w palniku głównym pieca, powinny zapewniać wartość opałową paliwa ekwiwalentnego na podanym wyżej poziomie.

Wykorzystanie paliw alternatywnych w procesie wypalania klinkieru cementowego może wiązać się z występowaniem także innych niekorzystnych zjawisk [3]. Produkty spalania odpadów zarówno stałe, jak i gazowe są zwykle źródłem składników niepożądanych wprowadzanych do procesu wypalania, zwłaszcza chloru, metali ciężkich i składników organicznych. W piecach obrotowych z cyklonowymi wymiennikami ciepła istnieją szczególnie korzystne warunki dla powstawania obiegów składników lotnych wewnątrz instalacji piecowej. Alkalia (K_2O , Na_2O) i Cl wprowadzone z nadawą surowcową oraz z paliwem do układu piecowego, ulegając kolejnej sublimacji w wysokich temperaturach, tworzą duże stężenia w fazie gazowej, które mogą wielokrotnie przekroczyć zawartość tych składników w surowcu wprowadzanym do pieca. Może to być przyczyną tworzenia się narostów, zwłaszcza w wymiennikach cyklonowych i na wlocie

pieca oraz powstawania brył i pierścieni wewnątrz pieca. Zjawiska te nasilają się w warunkach zakłóceń w układach opalania pieca oraz niestabilności pracy pieca.

Jedną z metod przeciwdziałania temu zjawisku jest tzw. bocznikowanie gazów, polegające na wyprowadzeniu części gazów odlotowych pieca na zewnątrz układu wypalania, z pominięciem podgrzewacza. Uzyskuje się w ten sposób stopniowe zmniejszenie koncentracji alkaliów aż do ustalenia się nowego stanu równowagi pomiędzy poszczególnymi strumieniami składników lotnych krążących i bocznikowanych oraz ilością wyprowadzaną z klinkierem. Bocznikowanie najskuteczniej obniża zawartość chloru, najmniej sodu. Przy bocznikowaniu 5% gazów można usunąć w przybliżeniu 90% chlorków, ale nie więcej niż 15% alkaliów i SO_3 . Bocznikowanie gazów jest źródłem dodatkowych strat cieplnych (ok. 6–12 MJ/t klinkieru) na każdy procent usuwanych gazów bypassa. Z tego względu maksymalnie bocznikuje się do 20% gazów.

3. Wpływ stosowania paliw z odpadów na zużycie ciepła

Współspalanie paliw alternatywnych z paliwem konwencjonalnym w piecu do wypalania klinkieru skutkuje zwiększonym jednostkowym zużyciem ciepła. Według danych zawartych w dokumencie BREF [2], w optymalnych warunkach testów bilansowych pieców zużycie ciepła w europejskich piecach z 4–6-stopniowymi wymiennikami cyklonowymi metody suchej i precalcynatorami wynosi 296–3255 MJ/t klinkieru. W przypadkach współspalania paliw z odpadów, zużycie energii cieplnej rośnie wraz ze wzrostem udziału tych paliw, co związane jest z innymi właściwościami fizykochemicznymi. Przy częściowej substytucji ciepła przez spalanie paliw z odpadów trzeba liczyć się z dodatkowym zapotrzebowaniem ciepła w procesie wypalania klinkieru [5]:

- przy substytucji do 40% ciepła z paliw z odpadów – do 100 MJ/t klinkieru,
- przy substytucji od 40 do 70% ciepła z paliw z odpadów – do 210 MJ/t klinkieru,
- przy substytucji od 70 do 100% ciepła z paliw z odpadów – do 330 MJ/t klinkieru.

4. Wpływ stosowania paliw z odpadów na emisje zanieczyszczeń z układu wypalania klinkieru

Produkcja klinkieru jest procesem wysokotemperaturowym. Warunki termiczne panujące w piecu obrotowym stwarzają odpowiednie warunki do destrukcji materii organicznej. Dlatego też paliwa z odpadów pochodzące ze źródeł ko-

munalnych i przemysłowych od początku 1970 r. są powszechnie stosowane w przemyśle cementowym na świecie jako substytut paliwa. Od tego czasu przeprowadzono wiele badań dotyczących wpływu wykorzystania zarówno paliw, jak i surowców z odpadów na wielkość emisji zanieczyszczeń gazowych. Na ogół współspalanie odpadów w piecach do wypalania klinkieru nie skutkuje podwyższeniem mikrozanieczyszczeń organicznych oraz polichlorowanych dibenzo-*p*-dioksyn i polichlorowanych dibenzofuranów, zaś stopień destrukcji materii organicznej sięga 99,999% [10–14]. Proces powstawania dioksyn jest z powodu wielofunkcyjnego wpływu różnych czynników zarówno trudny do przewidzenia, jak i do kontrolowania. Jednakże wyniki obszernych kampanii pomiarowych wykazują emisje PCDD/F znacznie poniżej wyznaczonego limitu 0,1 ng I-TEQ/ Nm^3 , niezależnie od ilości stosowanych odpadów. Przykładowe wyniki pomiarów na instalacjach wypalania klinkieru przedstawiono w tabeli 2.

T a b e l a 2

Pomiary emisyjne PCDD/PCDF [ng I-TEQ/m³] [10]

Koncern cementowy	Ilość pomiarów	Średnia koncentracja
Cemex 1999–2003	16	0,00049–0,024
Heidelberg 2001–2004	> 170	0,0003–0,44 (0,020)
Holcim 2001	71	0,0001–0,2395 (0,041)
Holcim 2002	82	0,0001–0,292 (0,030)
Holcim 2003	91	0,0003–0,169 (0,025)
Lafarge 1996–2003	64	0,003–0,231 (0,0207)
RMC 2000–2004	13	0,0014–0,0688

Przeprowadzone badania wykazały również, że warunki temperaturowe, stężenie chloru, stężenie materii organicznej, obecność, rodzaj i stężenie katalizatorów (metali) i inhibitorów (SO_2) wpływają na warunki tworzenia się dioksyn. Konsekwencją tego jest indywidualizacja profili kongenerów PCDD/F. Pod pojęciem profili rozumiany jest udział 17 kongenerów polichlorowanych dibenzo-*p*-dioksyn i polichlorowanych dibenzofuranów lub też udział grup kongenerów o jednakowej ilości atomów chloru w sumarycznej ilości tych związków. Profil ten jest silnie uzależniony od rodzaju spalanych paliw, jak również od warunków prowadzenia procesu wypalania klinkieru.

Według aktualnego stanu wiedzy, wykorzystanie odpowiednich odpadów ma również niewielki wpływ na emisje metali [13] ze względu na wysoką zdolność ich zatrzymywania na pyłach w cyklonowym wymienniku ciepła i odpylaczach. Czynniki decydującymi o emisji metali z procesu produkcji klinkieru są zachowania poszczególnych metali w systemie pieca obrotowego, ilość wprowadzanych metali z paliwami i surowcami, jak również sprawność odpylaczy.

Nielotne metale, w dużej mierze, zostają zamknięte w strukturze klinkieru i opuszczają układ pieca z klinkierem. Metale, takie jak Pb i Cd tworzą stabilne

cykle w układzie pieca i w większości są przechwycone przez strumień klinkieru lub pyłu. Skuteczność usuwania metali nielotnych wynosi ponad 99,9%, a półlotnych powyżej 99,5% [18–19]. Szczególny przypadek stanowią Hg i Tl, które są bardzo lotnymi związkami i wbudowują się w klinkier tylko w małej części. Natomiast rtęć jest jedynym metalem, który w gazach może występować w postaci gazowej. Prowadzone pomiary emisji rtęci z układów wypalania klinkieru wykazują, że jej emisja w UE kształtuje się na poziomie 0,01–0,05 mg/Nm³ [2]. Średnia emisja wynosi 0,02 mg/Nm³ [2]. W gazach odlotowych znajduje się przede wszystkim rtęć elementarna HgO, jony rtęci Hg²⁺ oraz rtęć adsorbowana na cząstkach popiołu Hg(p).

Według aktualnego stanu wiedzy, wykorzystanie paliw z odpadów nie ma większego wpływu na emisje SO₂ [2] z układu wypalania klinkieru ze względu na niewielki udział siarki oraz korzystne warunki procesu do jej wiązania i wbudowywania w matrycę klinkieru. Siarka (w postaci siarczanów i siarczków) do układu wypalania klinkieru wprowadzana jest zarówno z surowcem, jak i z paliwem. Paliwa z odpadów z reguły zawierają mniejszy udział siarki od paliw kopalnych, wyjątkiem mogą być zużyte opony. Emisja SO₂ z cementowni zależy natomiast przede wszystkim od obecności siarki pirytowej w surowcach, co prowadzi do zwiększonego udziału siarki z procesu rozkładu siarczków (a także organicznych związków siarki) [21]. Siarczki ulegają rozkładowi i utlenianiu do SO₂ w temperaturach od 400 do 600°C. W tych temperaturach tylko niewielka ilość SO₂ zostaje związana chemicznie ze względu na krótki czas kontaktu z materiałem wsadowym. Natomiast siarka wprowadzana do układu w postaci siarczanów ulega rozkładowi w strefie spiekania pieca obrotowego, gdzie utlenia się do SO₂, którego część łączy się z alkaliami, wbudowując się w strukturę klinkieru. Pozostała część SO₂ wraz z gazami jest wprowadzana do zimnych stref układu, gdzie wchodzi w reakcję z aktywnym CaO lub CaCO₃ i wraca do pieca. Utworzone w ten sposób obiegi siarki wiążą chemicznie SO₂ wewnątrz układu wypalania, a usuwana z klinkierem i pyłami bypassa nie zwiększa emisji do powietrza.

Przeprowadzone badania [13, 15–17, 20] wskazują, że współspalanie paliw z odpadów wpływa na redukcję emisji NO_x. mimo że ze względu na wysokie temperatury procesu wypalania, istnieją korzystne warunki do tworzenia się tlenków azotu. Dominującym mechanizmem decydującym o ilości powstających tlenków azotu w piecach obrotowych są tzw. tlenki termiczne, powstające w reakcjach chemicznych azotu atmosferycznego i tlenu szczególnie w temperaturach powyżej 1400°C. Zasadniczy wpływ na ilość powstawania tlenków termicznych ma temperatura, stopień nadmiaru tlenu określany wartością współczynnika nadmiaru powietrza oraz czas przebywania spalin w strefie wysokich temperatur. Dlatego też strategia redukcji tego zanieczyszczenia oparta jest na ograniczeniu tych czynników. Paliwa z odpadów w porównaniu do węgla mają

niższą kaloryczność oraz większy udział wilgoci, co wpływa na niższą temperaturę płomienia i redukcję NO_x .

W przypadku współspalania paliw z odpadów w kalcynatorze lub komorze wzniosu, gdzie temperatura gazów waha się w granicach 850–1100°C dominują tzw. tlenki azotu paliwowe, które powstają z azotu zawartego w paliwie. Stopień przemiany azotu zawartego w paliwie w NO_x zależy głównie od współczynnika nadmiaru powietrza i temperatury spalania, jak również od udziału składników lotnych w paliwie [22]. Wzrost udziału składników lotnych przy jednoczesnym wzroście temperatury mogą zmniejszyć tworzenie się NO_x [22].

Istotną cechą nowoczesnych technik wypalania klinkieru jest istnienie dwóch palenisk – w piecu oraz kalcynatorze. O ile intensyfikacja procesu wymaga wysokich temperatur w strefie spiekania i wiąże się ze zwiększoną koncentracją NO_x w spalinach, to istnienie drugiego, niskotemperaturowego, paleniska pozwala na wytwarzanie kontrolowanych stref podstechiometrycznego spalania i redukcji NO_x w gazach emitowanych.

5. Podsumowanie

Stosowanie paliw z odpadów (paliw alternatywnych) w piecach cementowych jest korzystne zarówno dla środowiska (zachowanie naturalnych zasobów paliw, brak popiołu i żużla do usunięcia), społeczeństwa (mniejsze potrzeby inwestowania w budowę nowych spalarni, mniej odpadów na składowiska), jak i dla przemysłu (niższe koszty produkcji, większa konkurencyjność). Wykorzystanie paliw z odpadów w instalacji wywołuje również efekt ekologiczny związany z redukcją emisji dwutlenku węgla. W paliwach z odpadów występuje bowiem frakcja biomasy, której udział może osiągać wartość ponad 30%. Zgodnie z obowiązującym prawem biomasę uznaje się za neutralną pod względem CO_2 .

Według aktualnego stanu wiedzy współspalanie paliw z odpadów w piecach do wypalania klinkieru nie skutkuje podwyższeniem emisji zanieczyszczeń gazowych i pyłowych. Potwierdzają to liczne badania, jak również wyniki pomiarów rejestrowanych przez centralny system ewidencji danych cementowni. Zakłady cementowe współspalające paliwa alternatywne są zobowiązane do ciągłego monitoringu emisji zanieczyszczeń i przestrzegania limitów emisyjnych.

Literatura

- [1] Cement CO_2 and energy database, <http://www.wbcdcement.org> (20.09.2014).
- [2] Best Available Techniques (BAT), Reference Document for the Production of Cement, Lime and Magnesium Oxide 2013, http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/CLM_30042013_DEF.pdf (20.09.2014).
- [3] J a n e c k a L., K a l i n o w s k i W., *Wpływ stosowania paliw alternatywnych na obieg składników lotnych w procesie wypalania klinkieru*; [w:] *IV Międzynarodowa Konferencja*

Naukowa Energia i środowisko w technologiach materiałów budowlanych, ceramicznych, szklarskich i ogniotrwałych, red. nauk. J. Duda, B. Weryński, Instytut Szkła, Ceramiki, Materiałów Ogniotrwałych i Budowlanych w Warszawie, Warszawa–Opole 2008, s. 228–242.

[4] Sł ad e c z e k F., *Wymagania najlepszych dostępnych technik (BAT) dla współpalania odpadów w przemyśle cementowym*, „Prace Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych” 2012, nr 11, s. 125–135.

[5] K l e i n H., K o e n i g V., *Model calculations of the fuel energy requirement for the clinker burning process*, „Cement International” 2006, Vol. 4, No. 3, s. 44–63.

[6] K a l i n o w s k i W., J a n e c k a L., *Zakłócenia procesu wypalania klinkieru przy zwiększonym udziale paliw alternatywnych*, „Prace Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych” 2013, nr 15, s. 30–44.

[7] G ł o d e k E., S ł a d e c z e k F., *Rtęć w układzie pieca cementowego*, „Prace Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych” 2012, nr 11, s. 30–38.

[8] SPC, <http://www.polskicement.pl/> (10.09.2014).

[9] Opinia Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego w sprawie: „Przemiany w przemyśle na rzecz zrównoważonego rozwoju energochłonnych gałęzi przemysłu w obliczu celów efektywnego gospodarowania zasobami określonych w strategii «Europa 2020»” (opinia z inicjatywy własnej), Dz.U. UE C 43/1, <http://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCIQFjAA&url=http%3A%2F%2Feur-lex.europa.eu%2FJOhtml.do%3Furi%3DOJ%3AC%3A2012%3A043%3ASOM%3APL%3AHTML&ei=Dv1EVOmAMOU8ygOSi4HQBW&usq=AFQjCNHe3LwSWSd7bXCMr2c-XSR5L5da4A&bvm=bv.77648437,d.bGQ> (20.09.2014).

[10] K a r s t e n s e n K.H., *Formation, release and control of dioxins in cement kilns*, „Chemosphere” 2008, Vol. 70, s. 543–560.

[11] F a t e h a A r s h e d, A m t u l B a r i T a b i n d a, S y e d A l i R a z a, A l e e m B u t t, *Comparative Analysis of Air Emission from Cement Plant Using TDF as Partial Substitute for Coal*, „Environmental Research, Engineering and Management” 2014, Vol. 68, No. 2, s. 61–68.

[12] D e e p a k P u d a s a i n e e, J e o n g - H u n K i m, S a n g - H y e o b L e e, S u n g - J i n C h o, G e u m - J u S o n g, Y o n g - C h i l S e o, *Hazardous Air Pollutants Emission Characteristics from Cement Kilns Co-burning Wastes*, „Environmental Engineering Research” 2009, Vol. 14, No. 4, s. 212–219.

[13] G e n o n a G., B r i z i o E., *Perspectives and limits for cement kilns as a destination for RDF*, „Waste Management” 2008, Vol. 28, s. 2375–2385.

[14] C o n e s a J.A., G a l v e z A., M a t e o s F., M a r t i n - G u l l o n I., F o n t R., *Organic and inorganic pollutants from cement kiln stack feeding alternative fuels*, „Journal of Hazardous Materials” 2008, Vol. 158, s. 585–592.

[15] G u l y u r t l u I., B o a v i d a D., A b e l h a P., L o p e s M.H., C a b r i t a I., *Combustion of coal and meat and bone meal*, „Fuel” 2005, Vol. 84, s. 2137–2148.

[16] P r i s c i a n d a r o M., M a z z i o t t i G., V e g l i ó F., *Effect of burning supplementary waste fuels on the pollutant emissions by cement plants: a statistical analysis of process data Resources*, „Conservation and Recycling” 2003, Vol. 39, Issue 2, s. 161–184.

[17] R i c h a r d s J., G o s h a w D., S p e e r D., H o l d e r T., *Air Emissions Data Summary for Portland Cement Pyroprocessing Operations Firing Tire-Derived Fuels PCA R&D Serial No. 3050*, <http://www.epa.gov/epawaste/conservation/materials/tires/pubs/tdf-report08.pdf> (10.09.2014).

- [18] Woodford J., Gossmann D.G., Jameson R., Gossmann S.E., The Effect of Process Differences on System Removal Efficiencies (SREs) and the Fate of Metals in Cement Kilns. Presented at AWMA Annual BIF Conference, March 1995, http://gcisolutions.com/Mtl_Fate.pdf (10.09.2014).
- [19] Science Advisory Board on Cement Kiln Recycling, Evaluation of the Origin, Emissions and Control of Organic and Metal Compounds from Cement Kilns Burning Hazardous Wastes, Draft, May 1993. Performed at the request of the Cement Kiln Recycling Coalition.
- [20] Walaszek J., Paliwa alternatywne a współistnienie przemysłu cementowego ze środowiskiem, http://polskicement.pl/files/Pages/133/uploaded/36_43.pdf (10.09.2014).
- [21] Oleniacz R., Współspalanie w suchym piecu cementowym a emisja dwutlenku siarki i chlorowodoru, http://www.pzits.not.pl/docs/ksiazki/Pol_2010/Oleniacz%20283-292.pdf (10.09.2014).
- [22] Battye R., Walsh S., Lee-Greco J., NO_x Control Technologies for the Cement Industry EPA Contract No. 68-D98-026 2000, <http://www.epa.gov/ttn/naaqs/ozone/rto/fip/data/cement.pdf> (10.09.2014).

*EWA GŁODEK-BUCYK
WOJCIECH KALINOWSKI*

FUEL FROM WASTE ENVIRONMENTAL CHALLENGE FOR THE CLINKER BURNING TECHNOLOGY

Keywords: fuel from waste, co-cumbustion, clinker burning process, emissions.

Utilization of waste as an alternative energy sources is very varied in different regions and countries of the world. In the European Union and in Poland substitution of fossil fuels by combustible waste in rotary kilns is significant and in individual cases reaches value above 80%. The use of alternative fuels offers benefits not only for businesses (reduction of fuel costs), but also for the environment (alternative to landfilling of waste). However, it can occur negative phenomena and difficulties during carrying out of the clinker burning process. In the paper was show the influence of the use of waste fuels of the clinker burning process, the increase of heat demand as well as the impact on the emission of pollutants to the air.