

February 1, 1998

Piece cementowe - konkurencja dla spalarni odpadów

Robert Oleniacz



SELECTEDWORKS™

Available at: http://works.bepress.com/robert_oleniacz/131/

PIECE CEMENTOWE

— konkurencja dla spalarni odpadów

ROBERT OLENIACZ

Piece cementowe do wypalania klinkieru już od ponad 20 lat stanowią istotne ogniwo w gospodarce odpadami w wielu krajach świata. W procesie produkcji cementu wykorzystywane są m.in. odpady palne częściowo zastępujące paliwa zasadnicze, przez co uzyskuje się istotną oszczędność w zużyciu energii. Największe osiągnięcia w tym zakresie zanotowały Stany Zjednoczone, gdzie obecnie ponad dwie trzecie niebezpiecznych odpadów przemysłowych zużywanych jest jako paliwa w cementowniach, co przynosi rocznie oszczędność rzędu 1 miliona ton podstawowych paliw technologicznych. Paliwa odpadowe do opalania pieców cementowych stosuje się także powszechnie m.in. w Japonii, Kanadzie, Niemczech, Francji, Wielkiej Brytanii, Belgii, Szwecji czy Norwegii.

Zalety pieców cementowych

Proces produkcji cementu portlandzkiego składa się z trzech etapów, obejmujących: przygotowanie surowców, wypalanie klinkieru cementowego i mielenie klinkieru wraz z dodatkami na cement. Termiczna utylizacja odpadów w tym procesie odbywa się najczęściej podczas wypalania klinkieru w piecach cementowych. Klinkier wypala się zwykle w długich piecach obrotowych pracujących metodą moką lub nieco krótszych piecach na metodę suchą. Piece te stwarzają wręcz idealne warunki do termicznej destrukcji odpadów, gdyż:

- panują w nich bardzo wysokie temperatury, wynikające z potrzeby podgrzania materiałów wsadowych do ok. 1450°C (temperatura płomienia zwykle przekracza 2000°C),
- zapewniają one długi czas przebywania spalin w tych wysokich temperaturach, wynoszący co najmniej 6 — 10 s w zależności od długości i rodzaju pieca,
- zachodzące w tego typu piecach procesy cechują się dużą powierzchnią wymiany masy i ciepła, a przepływ strumienia gazów wysoką turbulencją,
- stosowana mieszanka surowcowa jest silnie alkaliczna, co wynika z faktu, że dominującym jej składnikiem jest tlenek wapnia.

Powoduje to prawie całkowity rozkład oraz spalenie części palnych wprowadzanych do pieca, w tym najbardziej trwałych niebezpiecznych związków organicznych, zawartych w odpadach. Stopień destrukcji tych związków zwykle znacznie przekracza poziom 99,99 procent (lub nawet 99,999 %). Powstające w procesie spalania kwaśne zanieczyszczenia gazowe (np. HCl, HF, SO₂) w dużym stopniu są adsorbowane na powierzchni silnie rozproszony fazy

stałej (w alkalicznej zawieszce mieszanek surowcowej).

Części niepalne zawarte w paliwach odpadowych (w tym metale ciężkie) trwale i prawie w całości wbudowują się w klinkier, przez co nie stanowią odpadu wtórnego (popiołu, żużla lub szlaku), charakterystycznego dla typowych spalarni odpadów. Metale ciężkie wprowadzane są do pieca praktycznie przez wszystkie surowce oraz paliwa konwencjonalne i to w ilościach zwykle przewyższających strumień metali pochodzący z ewentualnych produktów

spalania produktów odpadowych (w tym niebezpiecznych) są znacznie niższe i zwykle zwracają się w 12—18 miesięcy [1]. Pewne obawy może budzić fakt, że spaliny unoszone z pieców do wypalania klinkieru przed odprowadzeniem do powietrza zwykle są jedynie odpylane, a więc system oczyszczania gazów odlotowych jest tutaj znacznie uboższy w porównaniu z profesjonalnymi spalarniami odpadów. Należy jednak pamiętać, że usuwanie kwaśnych zanieczyszczeń gazowych odbywa się już na dużą skalę w samym pie-

Tabela 1. Średnia emisja metali ciężkich z pieców cementowych w odniesieniu do ilości metali wprowadzanych do procesu [3, 4]

Rodzaj metalu	Cementownia Southwestern Portland Cement Co. w Houston (USA) [3]		Cementownia Ash Grove Cement Co. w Chanute (USA) [4]	
	Ilość wprowadzanego metalu [kg/h]	Emisja [%]*	Ilość wprowadzanego metalu [kg/h]	Emisja [%]*
Antymon	0,1602 — 0,3012	0,266	0,281	0,052
Arsen	0,0068 — 2,9896	0,022	8,210	0,027
Bar	15,0219 — 34,4567	0,03	11,340	0,293
Beryl	0,00014 — 0,3253	0,114	0,034	0,108
Chrom	0,2559 — 4,6255	0,128	10,886	0,035
Cynk	4,1618 — 16,2401	0,22	—	—
Kadm	0,0392 — 0,1789	0,44	1,034	2,252
Nikiel	0,8841 — 2,2798	0,048	—	—
Ołów	0,7149 — 19,1798	0,167	20,911	3,449
Rtęć	0,0021 — 0,0425	10 — 90	—	—
Srebro	0,0199 — 0,2257	0,163	0,222	0,065
Tal	0,0082 — 0,3337	10 — 20	< 0,036	< 0,823
Wanad	2,2495 — 14,2033	0,004	—	—

* — procent w stosunku do ładunku metalu wprowadzonego do pieca

odpadowych. Stopień ich retencji (zatrzymania) w omawianym procesie zależy jedynie od rodzaju metalu i utrzymuje się z reguły w zakresie 99,70 — 99,99 %. Pewne odstępstwa obserwuje się tutaj w przypadku rtęci i innych bardziej lotnych metali (ołowiu, kadmu, talu). Pyły unoszone wraz ze spalinami po odpyleniu są przeważnie zawracane z powrotem do procesu.

Stosowanie w cementowniach paliwa zastępczego w postaci palnych produktów odpadowych przynosi również korzyści ekonomiczne, wynikające ze zmniejszenia zużycia znacznie droższych konwencjonalnych paliw technologicznych. W porównaniu z budową nowej spalarni odpadów nakłady związane z przystosowaniem istniejących pieców cementowych do bezpiecznego

cu cementowym (przykładowo HCl jest absorbowany w tym procesie w ponad 99 %), a wszelkie niebezpieczne związki organiczne ulegają rozkładowi i prawie całkowitemu spalaniu.

Rodzaj spalanych odpadów

W piecach cementowych w charakterze paliw zastępczych spala się obecnie najczęściej:

- odpady z przemysłu rafineryjnego i produkty odpadowe pochodzenia naftowego lub pozyskane z nich paliwa,
- różnego rodzaju zużyte lub przeterminowane chemikalia, rozpuszczalniki organiczne oraz odpady z produkcji farb i lakierów,

- zużyte opony samochodowe,
- odpady z tworzyw sztucznych,
- odpady komunalne i pozyskane z nich paliwo,
- koks naftowy i odpady węglowe.

Stopień zastąpienia paliw tradycyjnych paliwami odpadowymi zależy m.in. od wartości opałowej i składu stosowanych odpadów. Powinien on zapewniać prawidłowy przebieg całego procesu wypalania klinkieru, w tym nie zagrażać stosowanym urządzeniom oraz nie wpływać negatywnie na jakość produkowanego cementu. Szczególnie ważne jest ograniczenie ilości wprowadzanych do procesu związków chloru, gdyż powstające w piecu chlorki mogą tworzyć narosty na ściankach wymienników ciepła (podgrzewających surowiec) oraz chłodniejszych elementach wymurowki pieca.

karbonizatorze itp.). Palne odpady ciekłe i gazowe podaje się natomiast do palnika pieca obrotowego lub palnika wstępnego dekarbonizatora [2].

Problem emisji zanieczyszczeń

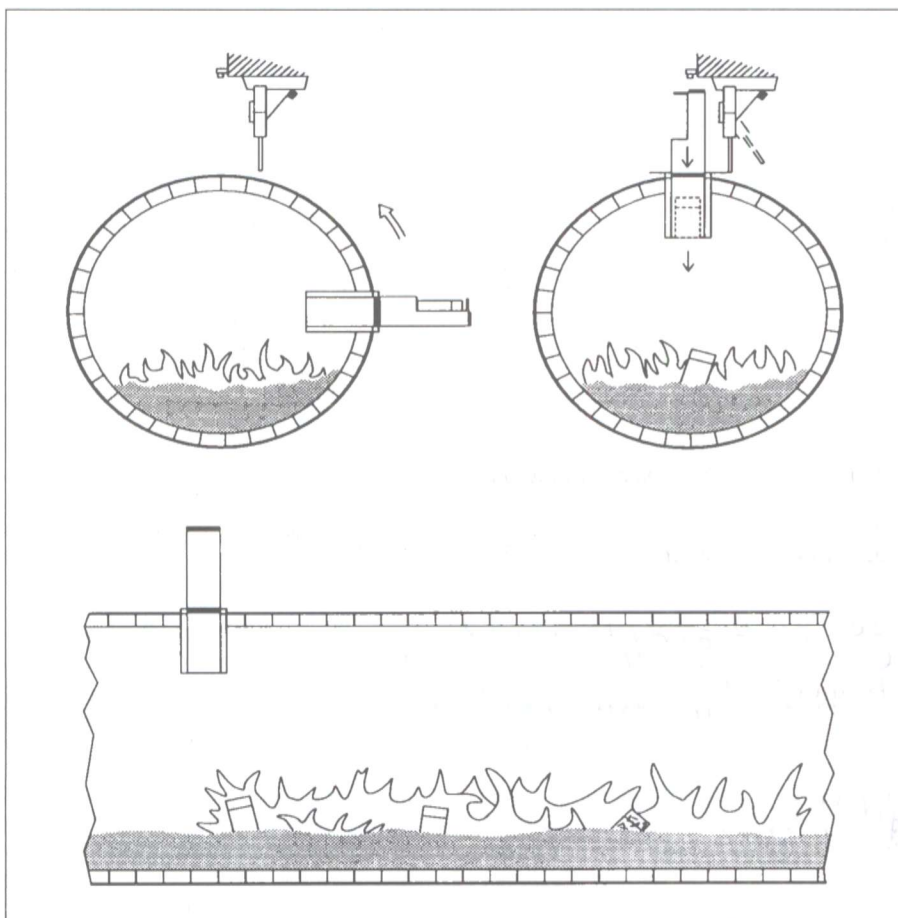
Pieca cementowe same w sobie są istotnym źródłem emisji pyłów oraz takich zanieczyszczeń gazowych, jak: SO_2 , NO_2 i CO . Emitowane pyły są bardziej neutralne dla środowiska, niż emisja zanieczyszczeń pyłowych z wielu innych źródeł (w tym typowych spalarni odpadów), gdyż składają się one w większości z bardzo drobnych cząstek nietoksycznego materiału surowcowego. Jedynie niewielką część tych pyłów stanowią toksyczne metale ciężkie, które występują w śladowych ilościach w stosowanych su-

w ilościach porównywalnych lub mniejszych od zawartości tych metali w powszechnie stosowanych paliwach tradycyjnych i surowcach.

Znajduje to potwierdzenie w wynikach badań przeprowadzonych m.in. w różnych cementowniach amerykańskich, pracujących zarówno metodą suchą, jak i moką. Do powietrza odprowadzanych jest średnio ok. 0,004—0,3 % nietlotnych lub mało lotnych metali ciężkich wprowadzanych do procesu (tabela 1), na co wpływa głównie fakt, że w znacznym stopniu wbudowują się one w klinkier. Spalanie odpadów zawierających duże ilości metali ciężkich nie powoduje zwykle istotnej zmiany w wielkości ich emisji. Zaleca się jedynie ograniczenie stosowania paliw odpadowych o bardzo wysokiej zawartości najbardziej lotnych metali, takich jak: rtęć, kadm, tal czy ołów. Podczas spalania w cementowniach niemieckich paliwa pozyskanego na bazie odpadów komunalnych (BRAM) również nie zaobserwowano podwyższonych koncentracji metali ciężkich w emitowanych gazach (tabela 2). Stwierdzono nawet obniżenie się poziomów stężeń kadmu (Cd) i talu (Tl) w porównaniu z emisją zachodzącą podczas stosowania wyłącznie paliwa tradycyjnego oraz niewielki wzrost koncentracji pozostałych metali ciężkich. Uzyskane stężenia były jednak dużo niższe od wartości normatywnych obowiązujących obecnie w Niemczech podczas spalania odpadów (17.BImSchV).

Stosowanie paliw odpadowych do opalania pieców cementowych przeważnie nie powoduje także zwiększonej emisji podstawowych zanieczyszczeń gazowych oraz związków organicznych. W przypadku niektórych odpadów ciekłych, zużytych opon czy odpadów komunalnych często występuje nawet redukcja wielkości emisji niektórych z tych substancji od kilku do kilkudziesięciu procent. Jak wynika z tabeli 2, podczas częściowego zastąpienia paliwa zasadniczego paliwem pozyskanym z odpadów komunalnych w gazach odlotowych obniżyły się stężenia SO_2 (o ponad 60 %), HCl (o ok. 27 %), CO (o ok. 19 %) i sumy węgla organicznego (o ok. 16 %). Koncentracja NO_2 praktycznie nie uległa zmianie, natomiast HF trzykrotnie wzrosła, ale i tak była na poziomie nie przekraczającym wartości dopuszczalnych. W spalarniach nie wykryto ponadto polichlorowanych dibenzodioskyn i dibenzofuranów (PCDDs/PCDFs).

Wzrost ilości spalanych odpadów (w tym odpadów niebezpiecznych o wysokiej zawartości związków organicznych) przeważnie nie powoduje zwiększenia ilości emitowanych produktów niezupełnego spalania. O ile czasami wzrastają np. koncentracje CO w spalarniach, to stężenia su-



Sposób wprowadzania do pieca cementowego skontenerowanych odpadów niebezpiecznych

Paliwa odpadowe mogą być wprowadzone do układu w różny sposób. Odpady stałe lub półstałe najczęściej podawane są bezpośrednio do centralnej części pieca (przy pomocy specjalnego urządzenia zasypowego), razem z paliwem zasadniczym (po zmieszaniu np. w młynach węglowych) lub z mieszkanką surowcową (poprzez zsypy umiejscowione przy wlocie do pieca, pomiędzy podgrzewaczem cyklonowym a piecem, przy wstępnym de-

rowcach i paliwach tradycyjnych. Stosowanie paliw odpadowych nie powinno więc wpływać w istotny sposób na wielkość emisji pyłu z danego pieca cementowego ani też na ilość emitowanych metali, ponieważ całkowita wielkość emisji zanieczyszczeń pyłowych w małym stopniu zależy od rodzaju wykorzystywanego paliwa. Ponadto większość paliw zastępczych wykorzystywanych w cementowniach zawiera toksyczne metale ciężkie

Tabela 2. Koncentracje zanieczyszczeń w spalinach emitowanych z pieca cementowego podczas spalania paliwa tradycyjnego i paliwa z odpadów komunalnych (BRAM) [5]

Rodzaj zanieczyszczenia	Koncentracje zanieczyszczeń w spalinach [mg/m³]*				
	Emisja z pieca cementowego opalanego		Wartości dopuszczalne dla procesu spalania		
	wyłącznie węglem	węglem i paliwem odpadowym**	paliw mieszanych	TA-Luft '86	17.BImSchV '90
Pył całkowity	50	50	38	50	10
CO	203	164	85	100	50
Suma C _{org}	51,5	43,5	17	20	10
SO ₂	131	50	295	400	50
NO _x	837	841	970	1300	200
HCl	5,5	4,0	24	30	10
HF	0,3	0,9	3,8	5	1
Cd, Ti	0,0038	0,0014	0,155	0,2	0,05
Hg	0,022	0,024	0,155	0,2	0,05
Pozostałe metale ciężkie	0,01	0,021	3,65	5	0,5
PCDDs/PCDFs [ngTEQ/m³]	n.w.	n.w.	0,031	—	0,1

* — stężenia zanieczyszczeń odnoszą się do warunków: t = 0°C, p = 101,3 kPa, 11 % O₂, gaz suchy

** — paliwo zastępcze pozyskane z odpadów komunalnych (BRAM)

my węglowodorów utrzymują się zwykle na stałym, niewysokim poziomie [4]. Występowanie w spalanych odpadach związków zawierających chlor niesie ze sobą natomiast niebezpieczeństwo powstawania dioksyn i furanów, zaliczanych do jednych z najbardziej toksycznych związków. Jak wynika z przeprowadzonych w USA szczegółowych analiz danych pomiarowych, zebranych z całego sektora cementowego, wielkość emisji PCDDs/PCDFs z pieców cementowych nie zależy jednak ani od tego czy były w nich spalane odpady, ani od ilości wprowadzanych do pieca związków chloru [4]. Nie znaleziono również żadnych korelacji pomiędzy emisją CO i PCDDs/PCDFs oraz pomiędzy całkowitą emisją węglowodorów i PCDDs/PCDFs. Badania przeprowadzone przez Agencję Ochrony Środowiska USA wykazały ponadto, że dioksyny i furany emitowane z pieców cementowych cechują się znacznie mniejszym współczynnikiem toksyczności, niż emitowane z typowych spalarni odpadów.

Rodzaj i skład spalanych odpadów ma również niewielki wpływ na koncentracje innych niebezpiecznych związków organicznych w spalinach odprowadzanych z pieców cementowych. Wynika to z faktu, że unoszone są one zwykle w śladowych ilościach, gdyż ulegają całkowitej lub prawie całkowitej destrukcji w wysokich temperaturach, panujących w tych piecach. Odnosi się to także do najbardziej trwałych i toksycznych związków organicznych, występujących w niektórych bardzo uciążliwych odpadach niebezpiecznych. Dlatego też w piecach cementowych w wielu krajach utylizuje się z powodzeniem freony oraz odpady zawierające polichlorowane bifenyle i inne chlorowane związki organiczne.

Podsumowanie

Termiczna utylizacja odpadów w procesie skojarzonym z produkcją cementu stanowi atrakcyjną alternatywę dla typowych instalacji do bezpośredniego spalania odpadów. Przystosowanie istniejących pieców cementowych do tego celu jest znacznie tańsze i bardziej opłacalne niż budowa nowej spalarni, a uciążliwość dla środowiska tak prowadzonej utylizacji odpadów zwykle jest mniejsza. W rezultacie zastępowania części paliw tradycyjnych paliwami odpadowymi przeważnie nie obserwuje się zwiększonej emisji zanieczyszczeń i nie powstają odpady wtórne (analogiczne do żużla i popiołu paleniskowego). Ponadto uzyskuje się zmniejszenie zuży-

cia energii (paliwa odpadowe są znacznie tańsze niż paliwa tradycyjne), przy zachowaniu wymaganej jakości produkowanego cementu.

Biorąc także pod uwagę możliwości przerobowe, które gwarantuje przemysł cementowy, utylizacja odpadów w procesie wypalania klinkieru jest jak najbardziej godna polecenia, również w warunkach krajowych, zwłaszcza że polskie cementownie w bardzo niewielkim jeszcze stopniu stosują w charakterze paliw zastępczych produkty odpadowe. Jak wynika z dotychczasowych doświadczeń w tym zakresie, najczęściej aprobowanymi w naszym kraju paliwami odpadowymi są lub będą w niedalekiej przyszłości: odpady komunalne, zużyte opony samochodowe oraz odpady z przemysłu rafineryjnego lub pozyskane z nich paliwa. □

Literatura

- [1] R. L. Campbell: What You Should Know about Sourcing Waste Fuels. Rock Products 1993, No. 4.
- [2] H. Syrek, E. Nowak: Ekologicznie czyste spalanie w cementowniach jako alternatywna metoda utylizacji produktów odpadowych. Część I-II. Cement-Wapno-Gips 1993, nr 5-6.
- [3] M. Seebach, J. B. Tompkins: Metal Emissions are Predictable. Rock Products 1991, Nr. 4.
- [4] M. R. Benoit: Wykorzystanie odpadów jako paliwa w piecach cementowych. Materiały posympozjalne pt. „Zintegrowane systemy ochrony środowiska. Termiczna utylizacja odpadów”. Wyd. OPW „Ekochem”, Szczecin 1996.
- [5] W. Kreft: Thermal Residue Disposal in Cement Works — Comparison with Other Methods of Waste Treatment. ZKG International 1995, Nr. 7.

Mgr inż. Robert Oleniacz — Katedra Kształtowania i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

