

Ryszard MAJCHRZAK**Marian MADAJ****Wojciech KLIMAS**Instytut Geomechaniki, Budownictwa Podziemnego
i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej, Gliwice

ODPADY Z KOTŁÓW FLUIDALNYCH, WŁASNOŚCI I MOŻLIWOŚCI ICH WYKORZYSTANIA

Streszczenie. Artykuł zawiera analizę wybranej literatury zagranicznej i krajowej, dotyczącej badań nad popiołami lotnymi powstającymi w wyniku odsiarczania spalin węglowych w kotłach z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym. Przedstawiono wyniki analiz chemicznych oraz własności, jakie wykazują popioły lotne z krajowych i zagranicznych kotłów fluidalnych, a także opisano rozwiązania dotyczące ich utylizacji i zagospodarowania.

WASTES FROM FLUIDIZED BED BOILERS, THEIR PROPERTIES AND UTYLIZATION PROSPECTS

Summary. The paper contains an analysis of selected local and foreign literature concerning research on fly-ash created as a result of desulfurization of coal waste gas in circulating fluidized bed boiler. The paper presents results of chemical analyses and properties of fly-ash from local and foreign fluidized bed boilers, as well as solutions concerning their utilization and disposal.

ОТХОДЫ ИЗ ФЛЮИДНЫХ КОТЛОВ, СВОЙСТВА И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Резюме. Статья содержит анализ избранной польской и зарубежной литературы, связанной с исследованием летучей золы, образующейся в результате обессеривания топочных газов сгорания в котлах с циркулирующим флюидным слоем. Представляются результаты химических анализов и свойства какне обнаруживает летучей золы из польских и зарубежных этого типа. Описываются также решения вопроса по их утилизации и использованию.

1. WPROWADZENIE

Wytworzenie ciepła i energii elektrycznej ze spalania paliw organicznych w tym głównie węgla kamiennego jest przyczyną silnego zanieczyszczenia środowiska. Szczególnie niebezpieczne okazały się zanieczyszczenia gazowe, gdyż ich stężenie w wielu rejonach znacznie przekroczyło dopuszczalne granice, są one również łatwo przemieszczane w strugach powietrza na duże odległości. Wzrost ilości SO_2 i NO_x w powietrzu jest główną przyczyną kwaśnych deszczów, powodujących wyniszczenie lasów, gleb, jezior itp. Wymogi ochrony środowiska zmuszają elektrownie opalane węglem do stosowania przedsięwzięć prowadzących do zmniejszenia emisji SO_2 do atmosfery. Jednym ze sposobów osiągnięcia tego celu są technologie odsiarczania spalin. Badania wykazały, że najbardziej efektywnym i wszechstronnym sposobem odsiarczania spalin węglowych, a co za tym idzie zmniejszenia szkodliwości i uciążliwości zakładów energetycznych dla środowiska naturalnego jest zastosowanie kotłów z cyrkulacyjnym paleniskiem fluidalnym [1, 4]. Ilość popiołów lotnych wytwarzanych przez kotły z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym w procesie odsiarczania spalin węglowych jest o 50 % do 100 % większa od wytwarzanych popiołów lotnych przez kotły bez zespołu odsiarczania spalin.

Innym niemniej ważnym problemem energetyki zawodowej jest zagospodarowywanie coraz większych ilości odpadów elektrownianych, których składowanie jest utrudnione nie tylko ze względów ekologicznych, ale również ze względu na brak miejsca ich składowania, dlatego też badania nad wykorzystaniem odpadów z palenisk fluidalnych w górotworze, budownictwie, drogownictwie są tak ważnym problemem.

2. KOTŁY FLUIDALNE I ICH PRODUKTY ODPADOWE

Kotły fluidalne umożliwiają spalanie paliw w sposób najmniej szkodliwy dla otoczenia poprzez równoczesne ograniczenie emisji tlenków azotu, tlenków siarki, chlorowodoru, fluorowodoru, metali ciężkich oraz tlenków węgla. Równocześnie kotły te umożliwiają spalanie węgla odpadowych o niskiej wartości opałowej i dużym zapozieleniu, przy zwiększonej sprawności paleniska [4]. Podstawową ekologiczną zaletą kotłów z cyrkulacyjnymi paleniskami fluidalnymi jest kompleksowa ochrona środowiska zapewniona przez wydzielanie bardzo małych ilości tlenków azotu, tj. około 70g/GJ tlenków siarki o 90% - 97%, chlorowodoru od 70g/GJ, a fluorowodoru od 5,5g/GJ, oraz obniżenie emisji tlenków siarki o 90% - 97% [1].

Właściwości popiołów lotnych, określające ich optymalne użycie lub składowanie zależą od:

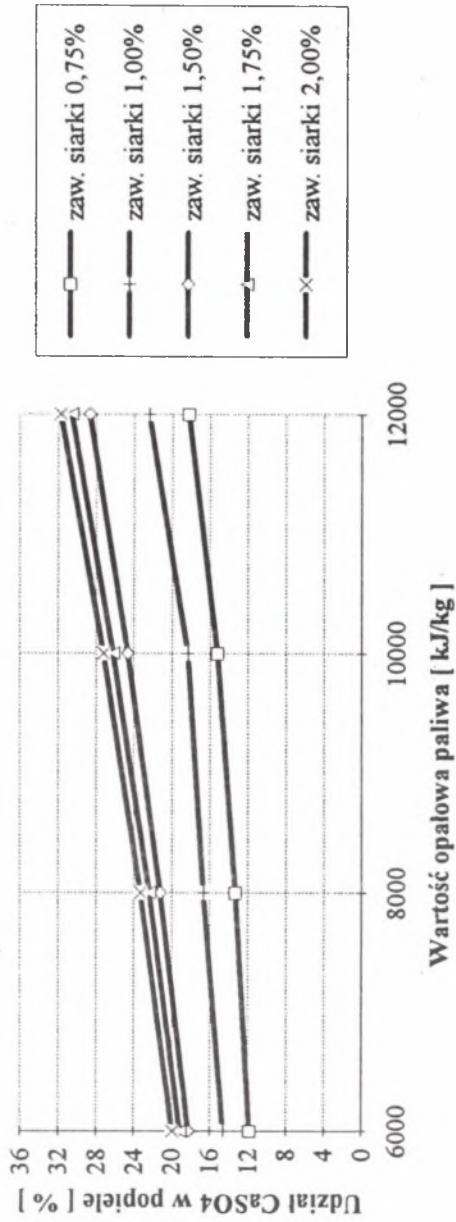
- fizycznych i chemicznych własności węgla,
- fizycznych i chemicznych własności sorbentu,
- warunków pracy pieca,
- konstrukcji pieca.

Związek tych parametrów określających jakość popiołu lotnego z kotłów z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym jest tak złożony i niezbyt zrozumiały, że trudno jest przewidzieć własności popiołu, który będzie wytworzony. Według autorów pracy [2] szacunkowo można przyjąć, że całkowita zawartość siarki, która ma być wychwycona z węgla, przechodzi w CaSO_4 . Jednak skład chemiczny nie w pełni opisuje charakterystykę odpadów. Popioły lotne wytwarzane w procesie odsiarczania spalin w kotłach z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym stwarzają problemy, kiedy: [2]

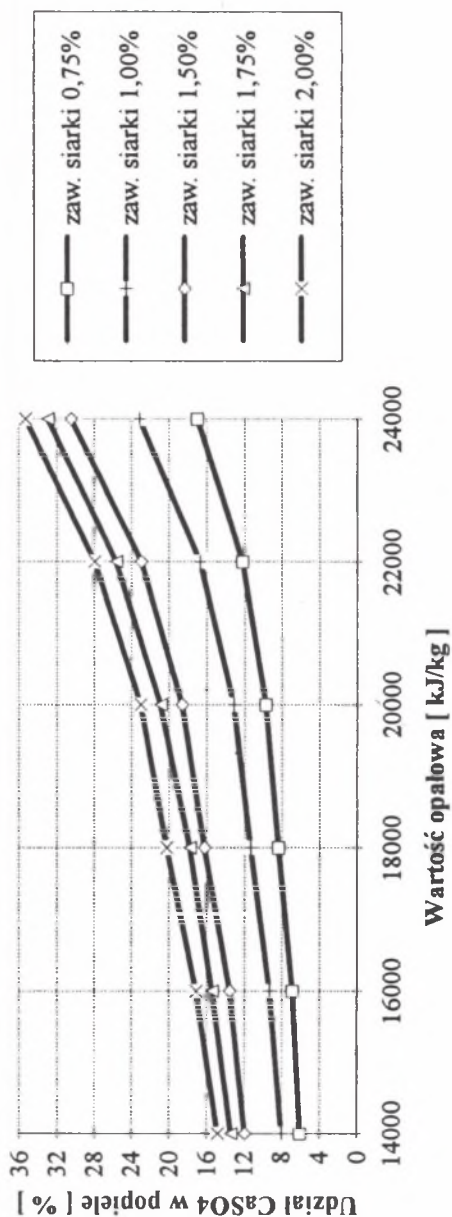
- dochodzi do kontaktu popiołów lotnych z wodą, wskutek czego tworzą się wysokoalkaliczne (pH ok. 12) solanki (lugi), które spływają do wód gruntowych alkalizując je,
- wydzielają cząstki nierozpuszczalne przedostające się do wód,
- woda reaguje egzotermicznie z CaO zawartym w popiele i powoduje jego pęcznienie,
- siarczan wapnia przedostaje się do wód gruntowych i zanieczyszcza je.

Raciborska Fabryka Kotłów RAFAKO jako pierwsza w kraju zaprojektowała i wprowadziła do produkcji kotły fluidalne. W 1987 r. rozpoczęto prace przygotowawcze do produkcji i wdrożenia do eksploatacji kotłów z cyrkulacyjną warstwą fluidalną [1].

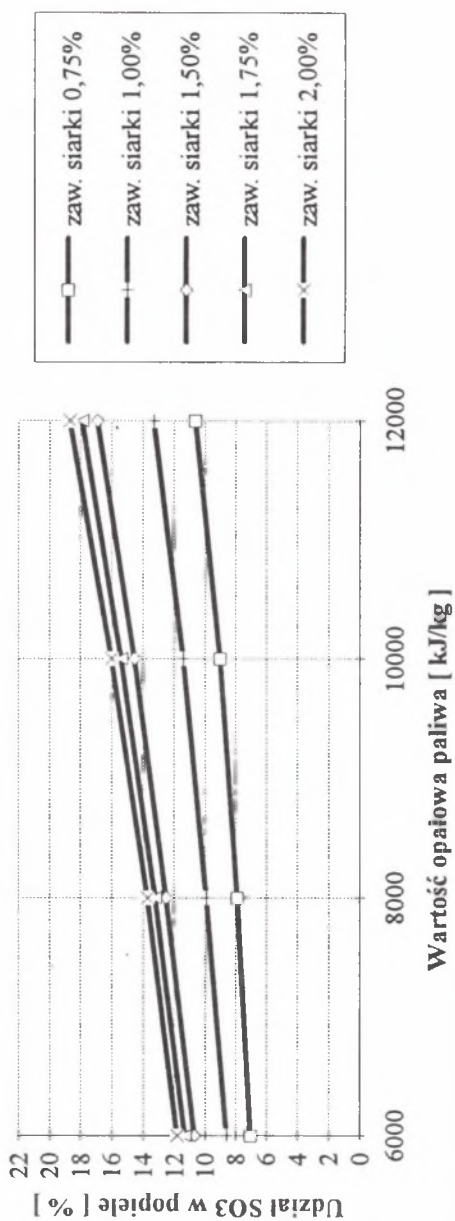
Kocioł typu OPF-230 z cyrkulacyjnym paleniskiem fluidalnym został zainstalowany w Elektrociepłowni Wrotków w Lublinie [1]. Jako addytywu niezbędnego do wiązania tlenków siarki w procesie spalania węgla używany był kamień wapienny o uziarnieniu poniżej 0,7 mm, czystości (zawartość czystego CaCO_3) 80 %.



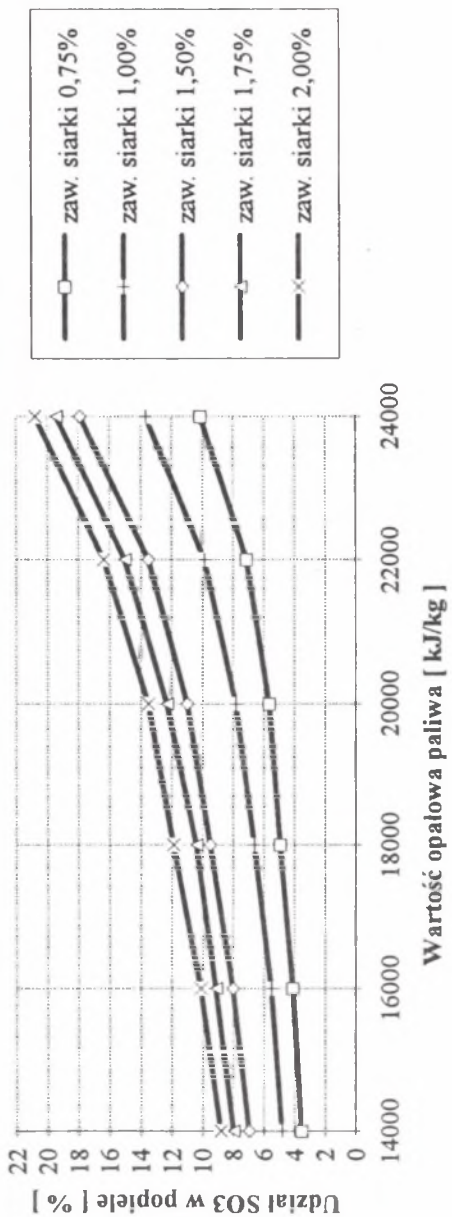
Rys. 2.1a. Udział CaSO_4 w popiele z cyrkulacyjnego paleniska fluidalnego, węgla kamiennego [3]
 Fig. 2.1a. CaSO_4 fraction in ash from circulating fluidized bed, brown coal [3]



Rys. 2.1b. Udział CaSO₄ w popiele z cyrkulacyjnego paleniska fluidalnego, węgiel kamienny [3]
 Fig. 2.1b. CaSO₄ fraction in ash from circulating fluidized bed, coal [3]

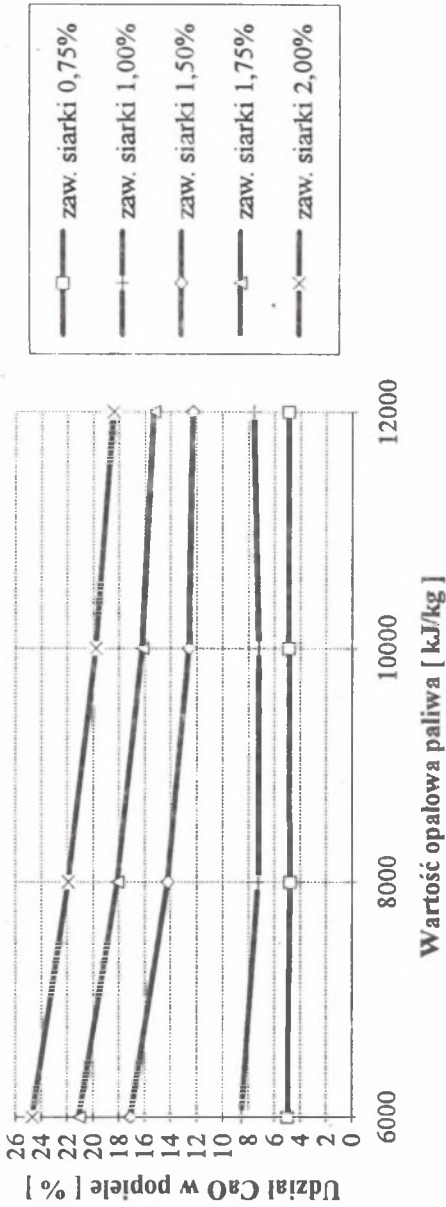


Rys.2.2a. Udział SO_3 w popiele z cyrkulacyjnego paleniska fluidalnego, węgiel brunatny [3]
 Fig. 2.2a. SO_3 fraction in ash from circulating fluidized bed, brown coal [3]



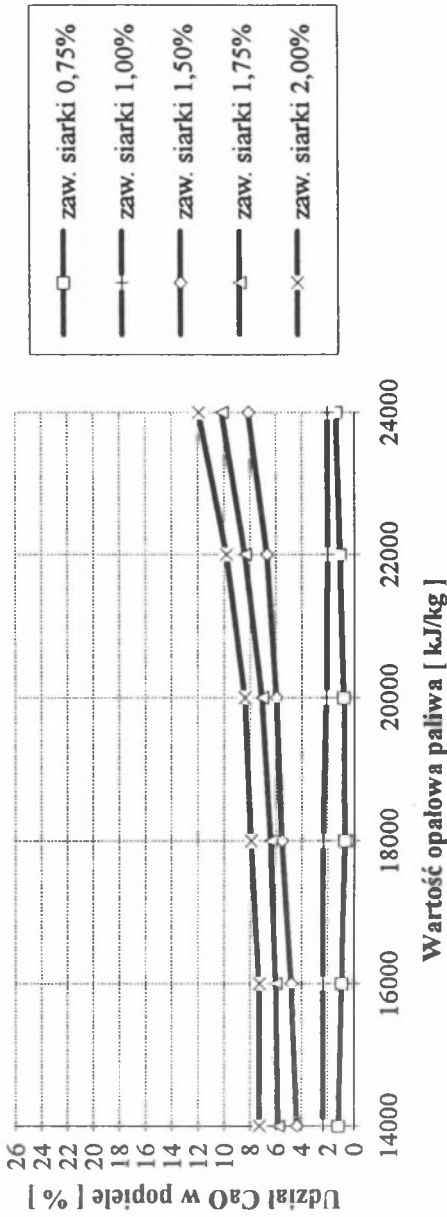
Rys. 2.2b. Udział SO₃ w popiele z cyrkulacyjnego paleniska fluidalnego, węgiel kamienny [3]

Fig. 2.2b. SO₃ fraction in ash from circulating fluidized bed, coal [3]



Rys. 2.3a. Udział wolnego CaO w popiele z cyrkulacyjnego paleniska fluidalnego, węgiel brunatny [3]

Fig. 2.3a. CaO fraction in ash from circulating fluidized bed, brown coal [3]



Rys. 2.3b. Udział wolnego CaO w popiele z cyrkulacyjnego paleniska fluidalnego, węgiel kamienny [3]

Fig. 2.3b. CaO fraction in ash from circulating fluidized bed, coal [3]

W wyniku spalania węgla z addytywem wiążącym tlenki siarki w kotle z cyrkulacyjnym paleniskiem fluidalnym powstają znaczne ilości popiołu, którego skład chemiczny według [1] przedstawiono w tabl.2.1. Wyniki tej analizy chemicznej nie wskazują na prawidłowy przebieg procesu odsiarczania spalin węglowych przez dodanie addytywu, co potwierdzają niewielkie ilości CaO i SO₃, nieporównywalne z zawartością takich składników przedstawionych na rysunkach 2.1 do 2.3 w pracy [3].

Tablica 2.1

Skład chemiczny popiołu z kotła z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym OPF-230 [1]

Lp.	Związek chemiczny	Zawartość [%]
1	krzemionka SiO ₂	53,1 - 57,7
2	glin Al ₂ O ₃	20,3 - 32,6
3	magnez MgO	0,8 - 0,92
4	siarka SO ₃	0,43 - 1,43
5	sód Na ₂	0,52 - 0,72
6	potas K ₂ O	1,86 - 2,68
7	wapń CaO	0,84 - 2,38
8	żelazo Fe ₂ O ₅	4,0 - 7,79

Temperatura spiekania popiołu powyżej 870°C. Głębokość odsiarczania spalin (zwłaszcza dla wysoko zasiarzonych paliw) poniżej dopuszczalnej górnej granicy powinna być przeanalizowana z punktu widzenia ekologii, ekonomii i sposobu zagospodarowania popiołu [3]. Konstrukcje palenisk fluidalnych umożliwiają różne stopnie odsiarczania, a jego głębokość reguluje się ilością addytywów. Tak więc w eksploatacji można stosować różne stopnie odsiarczania, w różnych okresach czasu, w zależności od chwilowych potrzeb i uwarunkowań [4]. Zwiększenie stopnia odsiarczania będzie powodować zwiększenie zawartości gipsu, co potwierdzają zawartości SO₃ oraz wolnego CaO w popiele - rys. 2.1 do 2.3 [3]. Efekty ekologiczne odsiarczania spalin węglowych na przykładzie kotła fluidalnego typu OPF-230 są następujące [1]:

- emisja tlenków siarki wynosić będzie 115 g na GJ doprowadzonego ciepła, czyli 75 kg/h tlenków siarki, a przy zastosowaniu konwencjonalnego kotła 1700 - 2500 g na GJ, czyli 1,1 - 1,65 Mg/h tlenków siarki (eksploatacja kotła prowadzone będzie ze średnim zasiarzeniem spalin 300 mg/m³), a więc kocioł fluidalny zwiąże 1600 - 2400 g tlenków siarki na GJ doprowadzonego ciepła, co w przeliczeniu na jeden kocioł daje 1,02 - 1,58 Mg/h, a ograniczenie emisji tlenków siarki wynosić będzie 90 - 97%,
- emisja tlenków azotu wynosić będzie 130 - 170 mg/m³, co w przeliczeniu wynosi 50 - 70 g/GJ, ograniczenie emisji tlenków azotu wynosić będzie 70 - 80%,

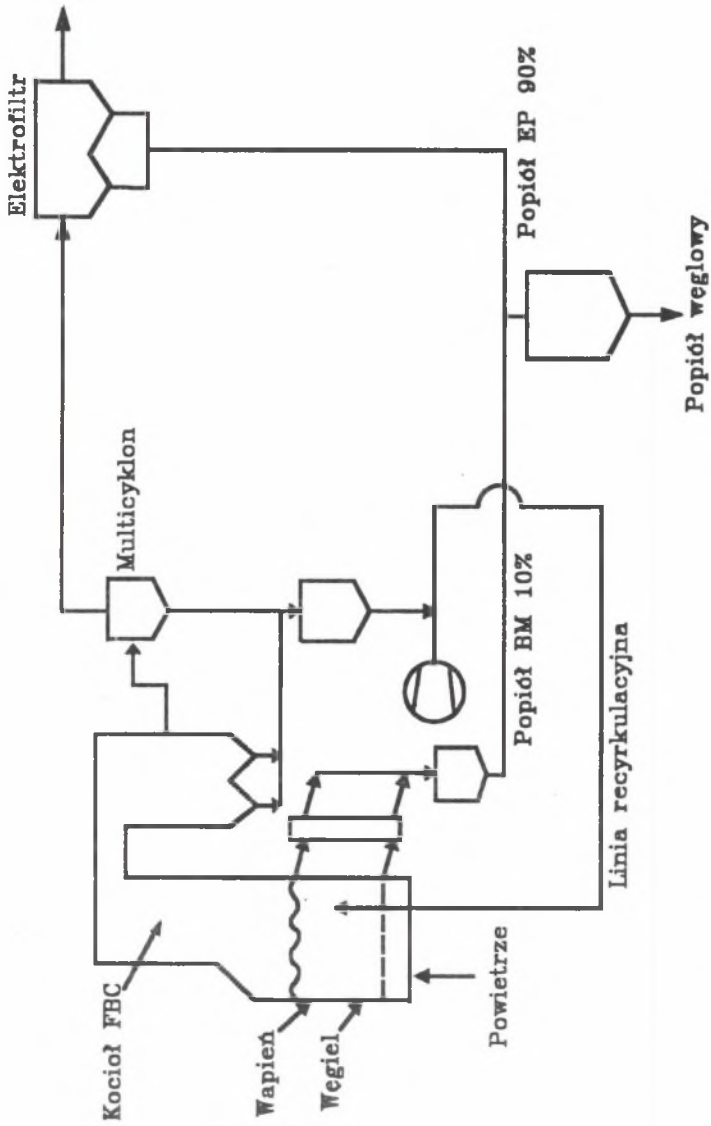
- emisja chlorowodoru wynosić będzie 7 - 10 g/GJ, stopień wiązania chloru 55 - 60%.
- stopień związania fluoru wynosić będzie 85%.
- emisja CO wynosić będzie 50 - 100 g/GJ.

Autorzy w swojej pracy [3] opisali własności odpadów powstałych w trakcie spalania węgla kamiennego w kotłach z cyrkulacyjnym paleniskiem fluidalnym. Popioły lotne z kotłów fluidalnych w porównaniu z popiołami z kotłów pyłowych wykazują zasadnicze inne cechy ze względu na panującą temperaturę w komorze paleniskowej (810-870°C), a więc niższą od temperatur przemian popiołu (spiekanie, mięknięcie). Dlatego też popiół z kotła fluidalnego nie ma spieków, przetopionej krzemionki (szkła) i np. takich mineralów, jak mullit ($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$), który powoduje ścieranie wewnętrznej powierzchni instalacji. Poza tym - a w szczególności - dodawanie addytywu (najczęściej $CaCO_3$) z odpowiednim nadmiarem powoduje powstanie związków wapnia z siarką, chlorem i fluorem oraz wolnego CaO. Mineralogicznie popiół lotny składa się z : gipsu, wolnego wapna CaO, illitu około 50% (skrytokrystaliczny mineral zawierający związki krzemu i glinu) oraz składników bezpostaciowych. W kotłach fluidalnych zasadniczo istnieją trzy miejsca odbioru popiołu:

- z komory paleniskowej poprzez schładzacz - oddzielnac popiołu,
- spod ciągów konwekcyjnych (popiół ten w większości przypadków nawracany jest do komory paleniskowej),
- spod odpylacza spalin.

Popioły te różnią się od siebie uziarnieniem oraz w pewnym stopniu też i składem mineralogicznym. Popiół z komory paleniskowej charakteryzuje się większym ziarnem $d_{50} = 1$ mm, ziarno maksymalne 4 - 10 mm. Popiół ten zawiera nieco mniej wolnego tlenku wapnia i mniej gipsu, a ich ilość w popiele wynosi 1 - 2%. Popiół spod ciągów konwekcyjnych ma średnie ziarno około $d_{50} = 150$ mikronów i z powodu większej zawartości części palnych najczęściej jest zawracany do paleniska. Popiół spod odpylacza spalin ma średnie ziarno $d_{50} = 15$ mikronów, a ziarno maksymalne nie przekracza 200 mikronów. Ziarno mniejszego od 40 mikronów jest w granicach 70 - 85%, a ziarna poniżej 20 mikronów jest około 50 - 70%. Ilość części palnych zależy od rodzaju spalonego paliwa i może dochodzić do 3%. Popioły z palenisk fluidalnych charakteryzują się specyficzną budową krystalograficzną - tzw. budową blaszkową. Mają dużą zdolność wiązania wapnia przez wolną krzemionkę (70-80 mg CaO/g popiołu). Popioły z palenisk pyłowych mają tę zdolność niższą (20-65 mg CaO/g popiołu). Świadczy to o tzw. pucolanowym charakterze popiołów z kotłów fluidalnych [3]. Popioły z palenisk fluidalnych [3], mimo korzystnych wyników badań wytrzymałościowych, raczej nie nadają się jako domieszka do betonu ze względu na:

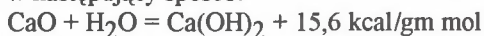
- wysoką zawartość SO_3 powyżej 4%, co odpowiada zawartości gipsu powyżej 7%.
- wysoką stratę prażenia powyżej 5% wyznaczoną w temperaturze 1000°C wg niemieckich przepisów badań,
- pogorszoną rozlewność masy tak uzyskanego betonu wynikającą z innej struktury ziarnowej.



Rys. 2.4. Kocioł fluidalny FBC i jego produkty odpadowe [5]

Fig. 2.4. FBC ash locations of production [5]

Natomiast działanie i budowa kotła z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym produkcji zachodniej, którego schemat instalacji przedstawiony jest na rys. 2.4, niewiele różni się od kotła produkcji krajowej. W tabeli 2.2 [2] przedstawiono porównanie typowych chemicznych własności i wymiarów cząstek popiołów lotnych z kotłów z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym jest różna i zależy od reakcyjności skały wapiennej, wielkości, hydrodynamiki i warunków spalania. CaO w popiele FBC jest często pokrywana warstwą CaSO_4 i tlenku żelaza, co zwalnia reakcyjność tego składnika. Po dodaniu wody do odpadów tlenek wapnia i siarczan reagują w następujący sposób:



Stężenie jonów wodorowych w popiele z kotłów FBC wykazują generalnie wysokie wartości (pH = 12), tzn. są silnie alkaliczne i zawierają duże ilości części nierozpuszczalnych. Odpady te są bardziej rozpuszczalne niż odpady z kotła pyłowego PC na skutek obecności tlenku wapnia i siarczanu wapnia.

Głównymi składnikami popiołów lotnych z kotła FBC są siarczan wapniowy i tlenek wapniowy - tabl. 2.2

Tablica 2.2

Porównanie własności różnych rodzajów popiołów lotnych [2]

Skład	Kocioł z cyrk.		Kocioł ze		Kocioł konwencj. PC Popiół lotny [%]
	zł. fluid. Popiół dolny [%]	FBC Popiół lotny [%]	zł. bąbelkowym Popiół dolny [%]	Popiół lotny [%]	
1	2	3	4	5	6
Wilgotność	0,3	0,12	0,01	0,24	0,09
Popiół	99,29	93,22	97,59	81,13	97,80
Węgiel					
(suma)	0,16	2,78	0,44	0,44	1,39
Węgiel					
(minerał)	0,13	0,52	0,30	0,60	nb.
Siarka	12,2	6,35	14,45	8,24	0,36
Tlenki					
SiO_2	10,36	18,40	4,25	15,48	39,40
Al_2O_3	3,13	5,64	1,4	6,67	13,50
CaO	48,15	40,51	52,90	45,77	3,46
MgO	2,48	0,65	1,24	1,35	0,61
Na_2O	0,20	0,53	0,07	0,54	0,31
K_2O	0,45	0,84	0,18	0,84	1,82

cd. tabl. 2.2

1	2	3	4	5	6
Fe ₂ O ₃	3,78	14,88	2,68	8,13	38,10
TiO ₂	0,16	0,28	0,11	0,30	0,71
P ₂ O ₅	0,28	0,51	0,09	0,09	1,39
SO ₃	30,50	15,88	36,10	20,60	0,46
CO ₃	0,48	1,91	1,10	32,20	nb.
Formy wapnia [wagowo %]					
CaO	51,85	26,97	26,10	22,50	nb.
CaSO ₄	26,20	26,99	26,10	28,30	nb.
CaCO ₃	1,08	4,33	2,54	5,02	nb.
Wkład w sumę odpadów [%]					
	5	95	30	70	100
Wielkość cząstek [mm]					
D50%	850	25	850	nb.	19,4

nb. - nie badano.

W pracy [5] przedstawiono własności popiołów lotnych z kotła FBC (rys. 2.4.) otrzymanych w procesie spalania węgla tabl. 2.3. Popiół ten, podobnie jak popiół z kotłów konwencjonalnych (PCB), składa się z materiału bazowego o średnicy 1 mm (BC), który wytwarzany jest w ilości 10% i pozostaje przy dnie kotła oraz bardzo drobnego popiołu o średnicy 10 μm (EP), wytwarzanego w ilości 90%.

Ponieważ popiół FBC zawiera wapń i gips, twardnieje on w kontakcie z wodą: na przykład, kiedy jest on poddany działaniu pary o temp. ok. 60°C, zamienia się w bardzo twardy materiał. Własności popiołu lotnego mają wpływ na hydratację: szczególnie CaO i zawartość części smolistych mają znaczny wpływ na proces twardnienia - rys. 2.5 i rys. 2.6 [5]. Z rysunków wynika, że przy mniejszej ilości CaO niż 5% i wyższej niż 30%, wytrzymałość na ścislenie powyżej 10 MPa nie może być osiągnięta. Dodatkowo przy zawartości CaO powyżej 30% wytwarza się w czasie reakcji duża ilość ciepła, co powoduje pęknięcia w produktach finalnych (można tego uniknąć dodając wcześniej trochę wody).

Zawartość części smolistych poniżej 20% umożliwia właściwy przyrost wytrzymałości, przy większej niż 20% wytrzymałość nie może być osiągnięta - rys. 2.6. Utrzymanie zawartości CaO i części smolistych w określonym zakresie powoduje również utrzymanie CaSO₄ w optymalnych zakresach.

Tablica 2.3

Własności popiołów z kotłów FBC (drobny EP) [5]

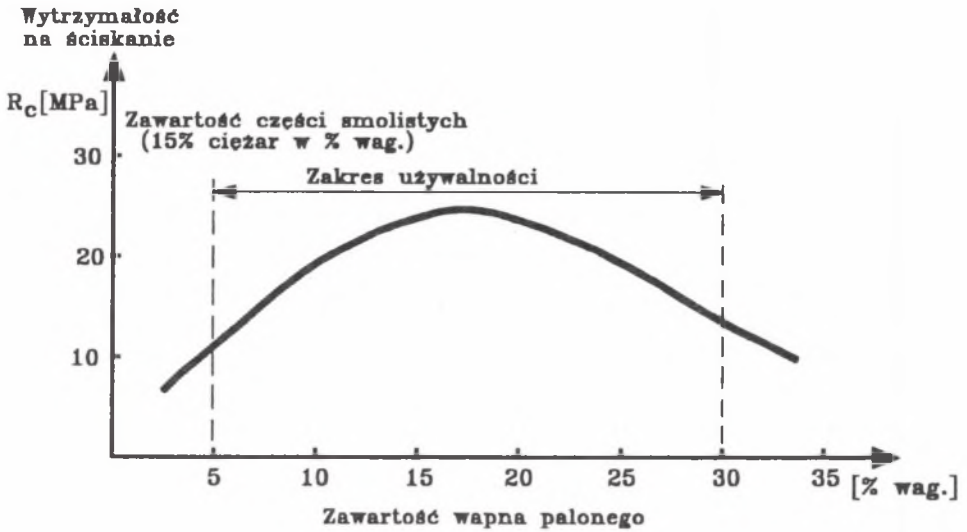
[%]		ciężar wag.	
Straty		Popiół lotny	47,50
praż.	14,80	Zawartość niespal.	13,40
SiO ₂	27,40	Sorbent (formy wapnia):	
Al ₂ O ₃	12,20	CaO	21,20
Fe ₂ O ₃	3,84	CaSO ₄	14,30
MgO	0,64	CaCO ₃	3,60
Na ₂ O	0,35		
K ₂ O	0,65		
SO ₃	8,42		
CO ₃	2,17		
Konfiguracja	perforowany		
(kształt)	nieregularny		
Gęstość Mg/m ⁻³ (pozorna)	0,50		
Gęstość Mg/m ⁻³	2,45		
Pow. właśc. (cm ³ /g)	5400,00		

W rozwiązaniach dotyczących utylizacji i zagospodarowywania popiołów lotnych powstałych w wyniku odsiarczania spalin węglowych w kotłach z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym FBC istotnymi czynnikami są właściwości, jakimi będą się charakteryzowały te popioły lotne. Decydują one o możliwości potencjalnych zastosowań samych odpadów, ewentualnie jako dodatków w charakterze wypełniacza lub składnika bazowego dla spoiw mineralnych. W przypadku tylko likwidacji (usuwania, lokowania) popiołów lotnych możliwe jest:

- transportowanie do nieczynnych wyrobisk górniczych (np. kopalnie odkrywkowe),
- składowanie na zwalowiskach i wysypiskach.

Ze składowaniem popiołów lotnych z kotłów z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym związanych jest kilka problemów:

- unoszenie popiołu pod wpływem wiatrów,
- wysoka alkaliczność roztworów z popiołami lotnymi (pH ok. 12),
- pęcznienie zawilgoconych popiołów, co wpływa na fizyczną integralność zwalowisk.



Rys. 2.5. Wpływ wapna palonego na wytrzymałość na ściskanie [5]

Fig. 2.5. Effect of quicklime content on compressive strength [5]

Utylizacja popiołów lotnych z kotłów z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym zależy będzie od tego, czy popiół lotny jest otrzymany z procesu odsiarczania spalin węglowych, czy też bez wykorzystania procesu odsiarczania spalin węglowych. W przypadku utylizacji popiołów lotnych z kotłów z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym nie stosujących procesu odsiarczania spalin węglowych możliwe jest: [2]

- wykorzystanie popiołów lotnych przy wyrobie cegieł, ze względu na dużą zawartość niespalonego węgla,
- wykorzystanie popiołów lotnych jako wypełniacza w polimerach.

W przypadku utylizacji popiołów lotnych z procesu odsiarczania spalin węglowych z kotłów z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym możliwe jest: [2]

- wykorzystanie w rolnictwie,
- wykorzystanie przy produkcji bloków betonowych,
- odzysk aluminium z popiołu,
- produkcja betonu,
- wykorzystanie przy produkcji cementu.

Wykorzystanie w rolnictwie

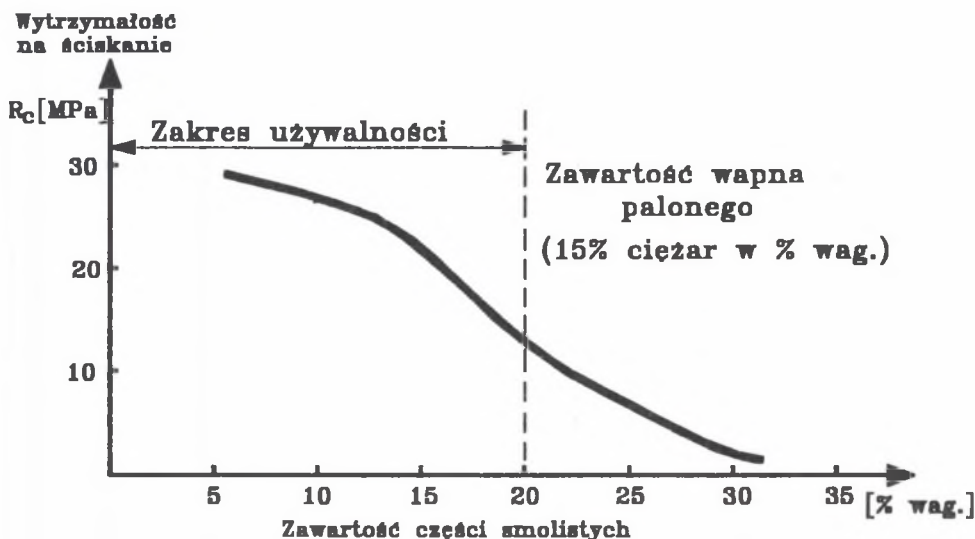
Występujący w popiele tlenek wapnia reagując z wodą tworzy wodorotlenek wapnia, a ten używany jest do neutralizacji materiałów kwasowych, co umożliwia stosowanie tych popiołów do wapnowania gruntów rolniczych, neutralizacji kwaśnych odpadów przemysłowych [2].

Wykorzystanie przy produkcji bloków betonowych

Popiół lotny z kotła FBC może być wykorzystany do produkcji bloków budowlanych o charakterze izolującym, nie narażonych na zbyt duże obciążenia, a bloków takich użyto z powodzeniem w wentylacji górniczej do budowy tam [2].

Odzysk aluminium z popiołu

Popiół lotny z kotła FBC zawiera tlenek wapnia i tlenek aluminium, stwarza możliwości jego odzyskanie poprzez lugowanie go kwasem siarkowym w pokojowej temperaturze. Jednakże ekonomiczność tego procesu zależy od zawartości tlenku glinowego w popiele [2].



Rys. 2.6. Wpływ zawartości substancji smolistych na wytrzymałość na ściskanie [5]

Fig. 2.6. Effect of char content on compressive strength [5]

Produkcja betonu

Produkcja betonu z wykorzystaniem popiołów z kotła FBC wymaga dodawania wody w dwóch etapach w czasie krótkiego przedziału czasowego wynoszącego około 3 min. W fazie przedhydratacyjnej CaO i siarczan wapnia są uwadniane poprzez dodanie wody, z wydzieleniem ciepła (ok. 65 kJ/gmol CaO) i przyrostem objętości. W odróżnieniu od betonu z cementu portlandzkiego beton na bazie popiołów lotnych z kotła FBC rozwija swoją wytrzymałość bardzo wolno [2].

Wykorzystanie przy produkcji cementu

Popioły lotne z kotłów FBC zawierające siarczan wapnia mogą stanowić substytut dla cementu, gdyż siarczan wapnia w procesie tężenia cementów odgrywa dość istotną rolę, biorąc udział w reakcji z glinianami wapniowymi, zapobiegając tym samym tzw. "wiązaniu błyskawicznemu" cementu.

3. WNIOSKI KOŃCOWE

1. W kotłach z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym emisja tlenków siarki i azotu jest znacznie niższa od obowiązujących w Polsce przepisów MOŚZNiL.
2. Zakres wykorzystania kotłów z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym w polskiej energetyce będzie wykazywał tendencje rosnącą.
3. Jednym z istotnych problemów do rozwiązania będzie opracowanie kompleksowego zagospodarowania odpadów z kotłów fluidalnych, których ilość wzrasta od 50 do 100% w stosunku do tradycyjnych palenisk.
4. Według autorów prac [2,5] popiół lotny z kotłów fluidalnych zawiera między innymi: siarczan wapnia, tlenek wapnia, związki wapna z chlorem, fluorem i fosforem oraz illitu, co umożliwia procesy jego tężenia
5. Na podstawie prac autorów zagranicznych [2, 5] można przewidywać szerokie możliwości wykorzystania odpadów z kotłów fluidalnych jako spoiwa lub komponentów spoiw w warunkach górnictwa podziemnego.

LITERATURA

- [1] Mazurkiewicz A, Żyła J., Burek K.: Pierwszy polski kocioł z cyrkulacyjnym paleniskiem fluidalnym dla zakładów energetycznych w Lublinie OPF-230 RAFAKO - EVT systemu "AHLSTROMA". Kotły fluidalne. z.3 Racibórz maj 1991.
- [2] Prabir Basu, Scott A Fraser: Management of solid residues. Circulating fluidized bed boilers. Design and operations. Chapter 9.
- [3] Mazurkiewicz A, Burek K.: Kotły z cyrkulacyjnym paleniskiem fluidalnym RAFAKO - EVT systemu "AHLSTROMA" popioły i ich zagospodarowanie. Kotły fluidalne. z.2 Racibórz luty 1991.

- [4] Mazurkiewicz A.: Zmniejszenie emisji gazów szkodliwych dzięki wprowadzeniu kotłów z cyrkulacyjnym paleniskiem fluidalnym RAFAKO - EVT systemu "AHLSTROMA". Kotły fluidalne. z.1. Racibórz styczeń 1991.
- [5] Hai Soo Chun, Sang Done Kim: Fluidized-bed and tree-phase reactors Kyongju, Korea, 1992.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Stanisław Janiczek

Wpłynęło do Redakcji w kwietniu 1994 r

Abstract

The authors tried to analyze available literature, both: coal and overseas, concerning the properties and utilization methods of fly-ash wastes from fluidized bed boilers, which may be widely applied in the state economy. The paper presents properties of fly-ash generated in the proces of coal waste gas desulfurization in fluidized be boiler OPF-230 made by RAFAKO, installed in the Heat and Power Generating Plant Wrotków in Lublin. Figures 2.1 to 2.3 oresents the content of the follwing important elements (which can have influence on its binding properties) of the ash: CaSO_4 , SO_3 and CaO .

Also the functioning scheme of fluidized bed boiler produced in the West has been presented; the properties of fly-ash from different power boilers have been compared. The paper demonstrated possible influence of burned lime and tar substances on compressive strength.

Various utilization methods and disposal techniques of ly ash generated in process of waste gas desulfurization have been presented, for examplle: storing in the excavated minig syes or on damp sites, using as artificial fertilizers in agriculture, using in the production of concrete blocks, concrete and cement.

Flying ashes from fluidized bed boilers include among others: calcium sulfate and calcium oxide, which may initiate their hardening processes. Thanks to these fly-ash elements they can be used as additives to binders, or after siutable modification, as binders. It opens perspectives for their utilization both in Construction Industry and underground conditions in mining. The range of utilization of fluidized bed boilers in Polish Power Industry will have growing tendency, which in turn will be connected with bigger and bigger quantity of fly-ash to manage.