

Damian HOMA

Kooperacja POLKO, Mikołów

Franciszek GRAMATYKA

Politechnika Śląska, Gliwice

EFEKTY ODSIARCZANIA SPALIN W KOTŁACH MAŁEJ MOCY PRZY ZASTOSOWANIU UKŁADU PNEUMATYCZNEGO DOZOWANIA SORBENTU

Streszczenie. W pracy przedstawiono możliwości ograniczenia emisji tlenków siarki z kotłów rusztowych małej mocy. Opisano przykładowo zaprojektowaną i uruchomioną przez Kooperację POLKO instalację odsiarczania metodą suchą w kotle ERm-2,4 oraz wielkość ograniczenia emisji SO_2 przy dozowaniu różnych sorbentów. Uzyskane wyniki umożliwiają eksploatację kotła przy spełnieniu wymogów dopuszczalnej emisji dla jednostek nowych.

EFFECTIVENESS REDUCTION OF SULPHUR OXIDES EMISSION FROM FIRE-TUBE BOILERS USING PNEUMATIC INJECTION THE SORBENT

Summary. The possibilities of removal of sulphur oxides from fire-tube boilers have been presented. As an example the installation Kooperacja „POLKO” operated by the boiler Erm-2,4 has been described. The sulphur dioxide emission level after modernization makes it possible to meet the emission requirements for new boilers.

1. Wprowadzenie

Prognozowana wielkość emisji tlenków siarki do atmosfery w najbliższych latach wskazuje, że ok. 40% SO_2 pochodzić będzie ze źródeł energetyki komunalnej i technologii przemysłowych, w których zainstalowanych jest kilka tysięcy kotłów rusztowych, opalanych węglem kamiennym.

Ograniczenie emisji tlenków siarki z tego typu kotłów stanowi wymóg formalny dla ich użytkowników, jak również podyktowane jest względami ekonomicznymi (zróżnicowanie cen paliw) i ekologicznymi.

Zakład Transportu Pneumatycznego Kooperacji POLKO w Mikołowie zaproponował dla tego typu kotłów suchą metodę odsiarczania spalin z zastosowaniem układu podawania sorbentu w oparciu o pneumatyczne urządzenia dozujące. W tym celu została zaprojektowana, wykonana i wdrożona do eksploatacji instalacja dozowania sorbentu, której efekty odsiarczania spalin zostały zmienione i przeliczone dla warunków eksploatacji kotła ERm-2,4.

Wyniki badań zarówno parametrów instalacji, jak i efektów odsiarczania spalin zamieszczono w niniejszym artykule jako przykład możliwości odsiarczania spalin przy niskich nakładach inwestycyjnych i niewielkich kosztach eksploatacji.

Jako sorbent do prób eksploatacyjnych stosowano wapno hydratyzowane i mączkę dolomitową.

2. Teoretyczne podstawy metody

Metoda suchego odsiarczania polega na dozowaniu suchego sorbentu, który w obszarze gorących spalin ulega rozkładowi na związki wchodzące w reakcje z tlenkami siarki zawartymi w spalinach. Najczęściej jako sorbent stosowany jest kamień wapienny, dolomit, wapno gaszone lub wapno palone. Proces odsiarczania w zależności od stosowanego sorbentu przebiega w uproszczeniu wg następujących reakcji:

- przy użyciu wapienia



- przy użyciu dolomitu



- przy użyciu wapna gaszonego



Rozkładowe reakcje dekarbonizacji (1) i (4) zachodzą w temperaturze powyżej 750°C. Natomiast endotermiczna dehydratacja (7) występuje w temperaturze powyżej 400°C. Końcowymi produktami reakcji wiązania tlenków siarki (2), (3), (5) i (8) są siarczyny i siarczany wapnia oraz magnezu, które odprowadzane są razem z popiołem i pyłami.

Efektywność stosowania suchych sorbentów do odsiarczania spalin zależy od podstawowych grup czynników:

1. Materiałowych (paliwo - sorbent) do których zaliczamy:

- stopień rozdrobnienia (wielkość ziaren) addytywu,
- procentową zawartość siarki w paliwie,
- czas kontaktu spalin z cząstkami sorbentu,
- zakres temperatur w obszarze wprowadzania sorbentu,
- stosunek molowy Ca/S,
- zawartość tlenu w spalinach,
- udział metali alkalicznych w sorbencie.

2. Technicznych możliwości instalacji, charakteryzujących się:

- uzyskiwanymi parametrami strugi gaz - sorbent na wylocie dyszy,
- podatnością eksploatacyjną instalacji (zakres zmian parametrów),
- możliwością bezpyłowego załadunku,
- możliwością automatyzacji procesu,
- dużą niezawodnością eksploatacyjną,
- prostotą obsługi.

3. Organizacyjnych

- sposób prowadzenia procesu spalania,
- zakresy transportu wprowadzania sorbentu

Dotychczasowe doświadczenia [6] wskazują, że wprowadzenie sorbentów wapienych do komory paleniskowej kotła powinno odbywać się w temperaturze 780 ÷ 1100°C, a dla związków magnezu 380 ÷ 860°C. W temperaturach powyżej 1250°C następuje spiekanie cząstek wapnia, wskutek czego zmniejsza się powierzchnia reaktywna, co powoduje obniżenie

skuteczności wiązania tlenków siarki lub konieczność doprowadzenia większej ilości sorbentu. Ponadto w wyższych temperaturach następuje przesunięcie równowagi absorpcji SO_2 , zmniejszenie prędkości tworzenia siarczynu, co może w konsekwencji powodować jego rozkład.

Przy stosunku molowym $\text{Ca/S} = 2-3$ wiązanie tlenków siarki przy wprowadzaniu suchego addytywu w obszarze temperatur $850 \div 900^\circ\text{C}$ odbywa się ze skutecznością ponad 60% [3]. Sorbent wprowadzany do komory paleniskowej kotła zwiększa zapylenie spalin i powoduje wzrost zanieczyszczenia konwekcyjnych powierzchni ogrzewalnych, co w konsekwencji prowadzi do podniesienia temperatury spalin na wylocie z kotła rzędu 10 30 K.

3. Krótki opis techniczny instalacji

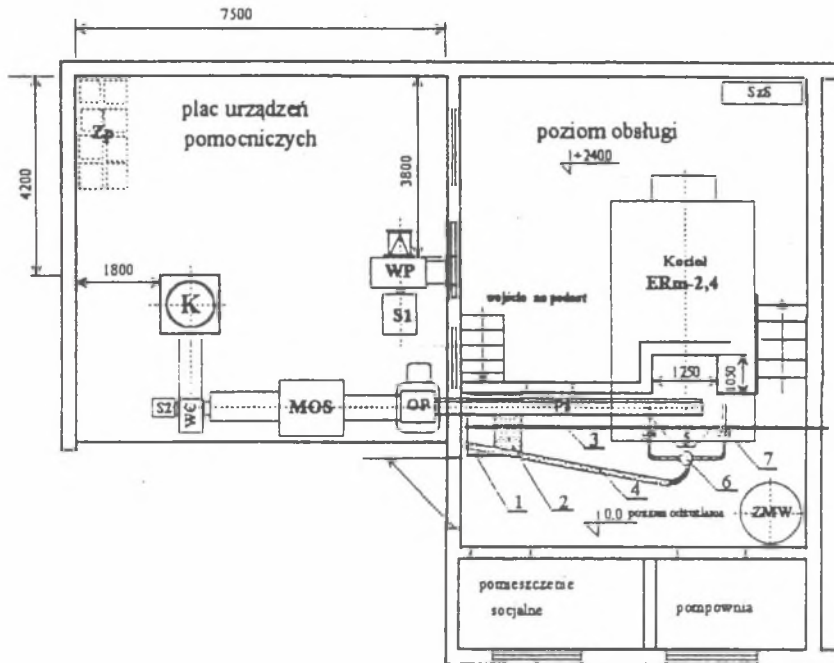
Na bazie opracowań teoretycznych [1] i doświadczeń eksploatacyjnych [3] w transporcie pneumatycznym wapna, posiadanych przez Kooperację POLKO, opracowano instalację do wdmuchiwania sorbentu w przestrzeń spalania małych kotłów. Instalacja do odsiarczania spalin kotłowych metodą suchą [4] składa się z następujących układów: magazynowania, dozowania i transportu pneumatycznego sorbentu do komory paleniskowej. Przykładowe rozwiązanie dla kotła ERm-2,4, wykonane i uruchomione w Kooperacji POLKO w Mikołowie przedstawiono na rys. 1 i 2.

Przy lokalizacji urządzeń (rys. 1) wzięto pod uwagę następujące kryteria:

- pojemność zasobnika sorbentu powinna pokrywać dobowe zapotrzebowanie,
- zasobnik powinien być umieszczony w pomieszczeniu zamkniętym, suchym,
- rurociągi oraz pozostałe urządzenia instalacji odsiarczania nie powinny utrudniać dostępu do kotła i jego urządzeń pomocniczych,
- ilość dozowanego sorbentu powinna posiadać zakres regulacji dostosowany do zmieniającego się zapotrzebowania, wynikającego ze zmiany obciążenia kotła i zawartości siarki w paliwie.

Układ dozowania i transportu sorbentu składa się z dozownika mechanicznego o wydajności 0,2 - 1,0 kg/min oraz iniekcyjnego aparatu wydmuchowego do transportu pneumatycznego sorbentu do komory paleniskowej kotła. Z przyjętej lokalizacji układu wynika postać geometryczna zasobnika sorbentu, pod którym umieszczono dozownik i aparat wydmuchowy (rys.2). Ponadto zasobnik musi posiadać kształt ostrosłupa o ściankach dolnych

pochylonych pod kątem odpowiadającym kątowi zsypu zastosowanego sorbentu (ok. 45°, rys. 2). Nad zasobnikiem umiejscowiono podstawę układu napędowego dozownika sorbentu.



Rys. 1. Schemat urządzeń instalacji odsiarczania spalin w kotle Erm-2,4: ZMW - zmiękcacz wody zasijającej, WP - wentylator powietrza podmuchowego, WC - wentylator wyciągowy spalin, S1 - silnik wentylatora WP, S2 - silnik napędu wentylatora spalin, SzS - szafa sterownicza, Pż - przenośnik żuźla, MOS - multicyklonowy odpylacz spalin, OP - pośredni odpylacz spalin, K - komin metalowy, Zp - zasobniki popiołu, 1 - zbiornik sorbentu, 2 - otwór zasypowy sorbentu, 3 - rurociąg spręż. powietrza, 4 - rurociąg transportowy sorbentu, 5 - dysze wlotowe do komory pal., 6 - rozdzielacz dwudrogowy, 7 - złącza kotłerniowe

Fig. 1. Process diagram of the flue gas desulfurization in Erm-2,4 boiler

Ilość sorbentu wprowadzana pneumatycznie do komory paleniskowej kotła, wynikająca z obliczeń stechiometrycznych procesu redukcji tlenków siarki w spalinach, dozowana jest przez dozownik mechaniczny, którego zasadniczym elementem jest wirnik wykonany z brązu i łożyskowany w obudowie z żeliwa szarego.

Łopatki w czasie ruchu obrotowego wirnika wgarniają określoną ilość sorbentu, zsypującego się grawitacyjnie z zasobnika poprzez szczelinę w obudowie dozownika do komory iniekcyjnego aparatu wydmuchowego. Ilość dozowanego sorbentu regulowana jest przez zmianę prędkości obrotowej wirnika dozownika.

Wirnik dozownika napędzany jest przez zespół napędowy, w skład którego wchodzi:

- silnik prądu stałego o zmiennej prędkości obrotowej,
- zasilacz prądu stałego o regulowanym napięciu,
- sprzęgło przeciążeniowe,
- wał napędowy połączony przegubowo z wałkiem wirnika dozownika.

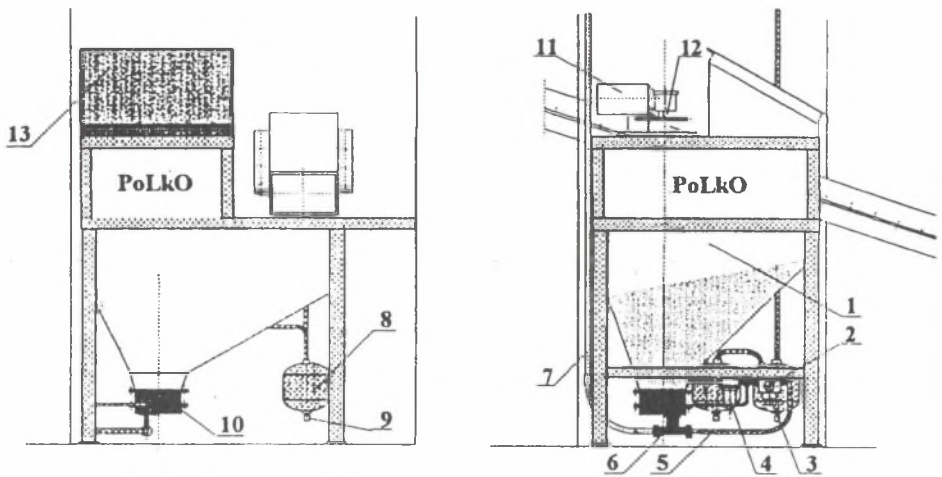
Transport pneumatyczny sorbentu podawanego przez dozownik realizowany jest przez specjalnie skonstruowany iniekcyjny aparat wydmuchowy. W celu zapewnienia odpowiednich parametrów transportu pneumatycznego sorbentu w układzie zasilania sprężonym powietrzem zainstalowany jest reduktor ciśnienia z manometrem o zakresie pomiarowym 0 - 1,6 Mpa. Ponadto istnieje możliwość wymiany dyszy powietrznej w zależności od średnicy otworu wylotowego.

Sprężone powietrze do transportu pneumatycznego materiałów sypkich, szczególnie przy tak małych wydajnościach jak w projektowanej instalacji odsiarczania spalin, musi spełniać określone wymagania, tj.: ciśnienie - min 0,35 Mpa i zawartość wilgoci - max 1kg/Mg. W układzie zasilania instalacji zastosowano w tym celu układ uzdatniania sprężonego powietrza, składający się z odwadniacza, filtru powietrza i reduktora ciśnienia. Na reduktorze zainstalowano manometr o zakresie pomiarowym 0 - 1,6 Mpa.

Połączenie układu uzdatniania z rurociągiem sieci zakładowej sprężonego powietrza wykonane zostało poprzez trójnik z manometrem i zawór odcinający za pomocą zbrojonych, elastycznych przewodów ciśnieniowych na ciśnienia do 1,6 Mpa.

Rurociągi transportowe sorbentu do komory paleniskowej kotła wykonano z rur stalowych, przewodowych 1/2" i 3/4" i poprowadzono pod podestem tylnej komory nawrotnej kotła, a następnie po przejściu przez rozdzielacz dwudrogowy z otworem wyczystkowym wykonano otwory przelotowe w podeście dla dwóch rurociągów doprowadzających sorbent do dysz wylotowych (rys. 1).

Dysze wylotowe sorbentu, wprowadzające sorbent do komory paleniskowej kotła, umiejscowiono w dwóch rurach ściągowych tylnej ściany wodnej kotła. Dysze skierowane pod kątem ok. 10° w kierunku osi płomienicy zamocowano obrotowo, w sposób umożliwiający zmianę kierunku wylotu sorbentu oraz wymianę wskutek zużycia. Wyniki badań transportu pneumatycznego sorbentu uzyskane podczas prowadzenia prób z pneumatycznym dozownikiem zamieszczone są w tabeli 1.



Rys.2. Układ nadawczy sorbentu: 1 - zasobnik sorbentu, 2 - manometr 0-1,6 Mpa sprężonego pow., 3 - reduktor ciśnienia AK9 137.05.148, 4 - filtr powietrza 135.02.027, 5 - wąż elastyczny, ciśnieniowy pow. zasilającego, 6 - inżekcyjny aparat wydmuchowy, 7 - rurociąg transportowy 3/4", 8 - układ osuszania sprężonego powietrza, 9 - korek spustowy kroplini, 10 - dozownik sorbentu - typu POLKO, 11 - silnik prądu stałego - napędu dozownika, 12 - wał napędowy ze sprzęgłem przeciążeniowym, 13 - pokrywa otworu zasypowego sorbentu

Fig.2. Feeding system

Tabela 1

Charakterystyka wydajności dozownika

Nr poz.	Masa porcji [kg]	Czas tranportu [min]	Obroty wirnika [obr/min]	Wydajność [kg/min]	Uwagi
1	5	23,0	12	0,217	
2	5	17,0	15	0,294	
3	5	14,0	19	0,357	
4	5	12,0	23	0,416	
5	5	9,0	28	0,555	

Jak wynika z badań zamieszczonych w tabeli 1, zakres regulacji dozownika (13,02 - 33,34 kg/h) w pełni obejmuje zapotrzebowanie kotła na sorbent wyliczone w granicach 22 - 25 kg/h.

4. Wyniki badań i pomiarów odsiarczania spalin

Pomiaru stężenia zanieczyszczeń gazowych i składu spalin [5] dokonano za pomocą komputerowego analizatora spalin typu ECOMS-Plus nr 5117 produkcji TTI Hagen (Niemcy). Analizator wyznacza dany składnik w spalinach suchych w odniesieniu do normalnych warunków fizycznych (273,15K,101,325 kPa). Udział wilgoci w zassanej próbce spalin, powstający po schłodzeniu w przewodzie między sondą a analizatorem oraz w analizatorze jest pomijalny, gdyż analizator wyposażono w oddzielacz pary wodnej (bez jej kondensacji), co zapewnia jednoznaczne określenie zawartości składników NO_x i SO_2 w spalinach suchych. Wyniki pomiarów w ppm uzyskuje się w formie wydruku komputerowego, z dokładnością 1% wartości końcowej.

Stężenia zanieczyszczeń gazowych w spalinach podaje się powszechnie w mg/m^3 lub g/m^3 . W czasie pomiarów automatycznymi analizatorami spalin uzyskuje się wyniki w ppm, które wymagają przeliczeń, np. na mg/m^3 . Wymaga to znajomości gęstości tlenków siarki i azotu, a te w dostępnych tablicach własności fizycznych pierwiastków i ich związków podawane są z pewnymi odchyleniami (dotyczy mas i objętości molowych).

W celu ujednoczenia przeliczeń przyjęto stałe wartości dla normalnych warunków fizycznych - takie jak podają niektórzy producenci analizatorów produkcji zachodniej ($\rho_{\text{SO}_2} = 2,85816 \text{ kg/m}^3$, $\rho_{\text{N}_2} = 1,33872 \text{ kg/m}^3$, $\rho_{\text{NO}_2} = 2,052534 \text{ kg/m}^3$).

W celach porównawczych [6], według zaleceń krajów zachodnich, wyniki stężeń gazowych zanieczyszczeń odnosi się do umownej wartości O_2 [%] w spalinach suchych, np. dla palenisk rusztowych i fluidalnych $\text{O}_2 = 7\%$, dla palenisk pyłowych $\text{O}_2 = 6\%$.

Przeliczeń na ww. wartości umowne dokonuje się, np. dla $\text{O}_2 = 7\%$, według następujących zależności:

$$\left| \text{SO}_2 \right|_{\text{O}_2 = 7\%} = \left| \text{SO}_2 \right|_{\text{O}_2 = x} \cdot \frac{13,9}{20,9 - x} \text{ mg/m}^3, \quad (9)$$

gdzie:

x - zmierzona wartość O_2 w spalinach, %,

$\left| \text{SO}_2 \right|_{\text{O}_2 = x}$ - stężenie SO_2 przy $\text{O}_2 = x$ w spalinach, mg/m^3 .

Wartości spotykanych stężeń SO_2 z palenisk starszej generacji opalanych węglem kamiennym kształtują się na poziomie 2,0 - 3,0 g/m^3 (dla umownych wartości O_2 i normalnych warunków fizycznych) [6].

Emisję E^c określającą liczbę gramów tlenu wydzielanego z danego obiektu w odniesieniu do wprowadzanego strumienia energii chemicznej, w GJ, określa zależność:

$$E_{(\text{SO}_2)}^c = \frac{|\text{SO}_2| \cdot V_{ss}}{Q_f'} , \text{g/GJ}, \quad (10)$$

gdzie:

Q_f' - wartość opałowa paliwa, MJ/kg,

V_{ss} - objętość spalin suchych przy danym λ , m^3/kg .

Wartość emisji E^c porównuje się z wartością emisji dopuszczalnej E_{dop} , określonej przez rozporządzenie Ministerstwa Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa (Dz. U nr 15 poz. 92) lub wyznaczonej przez WOŚ.

Wysokie wymagania dotyczące wartości bazowych wskaźników emisji powodują konieczność wyposażenia większości kotłów energetycznych, przemysłowych, a także częściowo grzewczych w instalacje służące do ograniczenia emisji SO_2 , szczególnie po 1997 r.

Wymaganą skuteczność (sprawność) odsiarczania, jaką instalacja powinna zagwarantować w celu osiągnięcia dopuszczalnej emisji SO_2 , określa zależność:

$$h_{ios} = \frac{E_{(\text{SO}_2)}^c - E_{C_{dop}}}{E_{(\text{SO}_2)}} \cdot 100, \% \quad (11)$$

Rezultaty przeprowadzonych pomiarów w celu określenia zanieczyszczeń emisji gazowych oraz wyniki przeprowadzonych obliczeń numerycznych zestawiono w tabl. nr 2.

Przebieg zmian emisji tlenków siarki oraz skuteczności odsiarczania przedstawiono na rys. 3 i 4.

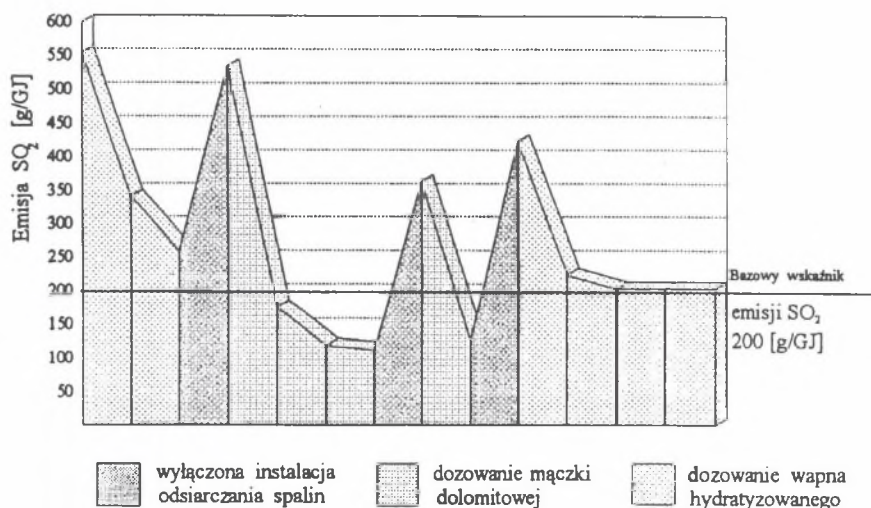
Tabela 2

Wyniki obliczeń emisji SO_2 i sprawności instalacji odsiarczania w kotle Erm-2,4

Pomiar		Stężenie SO_2	Stężenie SO_2 dla $\text{O}_2 = 7\%$	Emisja SO_2	Sprawność odsiarczania
Nr serii	Nr pomiaru	$ \text{SO}_2 $ [mg/m^3]	$ \text{SO}_2 _{\text{O}_2=7\%}$ [mg/m^3]	[g/GJ]	η_{ios} [%]
I	I/1	803,1	1,449	554	-
I	I/2	514,5	893	341	38,5
I	I/3	400,1	678	259	53,2
II	II/1	874,6	1,396	535	-
II	II/2	291,5	459	176	67,1
II	II/3	202,9	313	120	77,6

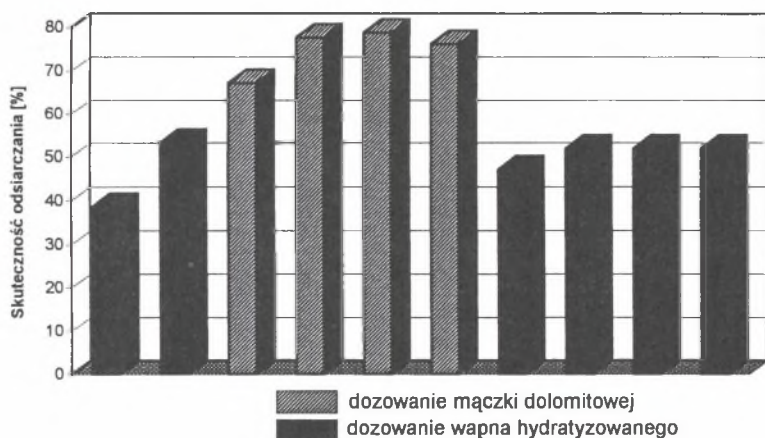
cd. tabeli 2

II	II/4	200,1	296	113	78,8
II	II/5	717,4	949	363	-
II	II/6	282,9	335	128	76,1
III	III/1	766,0	1,109	423	-
III	III/2	283,0	587	224	47,0
III	III/3	268,7	534	204	51,8
III	III/4	257,2	533	204	51,8
III	III/5	257,2	533	204	51,8



Rys. 3. Charakterystyka zmiany emisji SO_2 po zastosowaniu odsiarczania spalin
 Fig.3. Influence of desulphurization on the SO_2 emission

Zakładając średni roczny cykl pracy kotła na poziomie ok. 5 tys. godzin ze średnim zużyciem węgla kamiennego o wartości opałowej 23,9 MJ/kg i zawartości siarki ok. 0,6 - 0,7 % na poziomie 250 kg/h, opłata roczna za emisję tylko dwutlenku siarki bez odsiarczania spalin wyniosłaby ok. 20 tys. zł. Po wprowadzeniu odsiarczania spalin i obniżeniu emisji SO_2 do poziomu 140 g/GJ opłaty za emisje tlenków siarki wynoszą ok. 600 zł, nie uwzględniając nie przeliczalnych korzyści dla środowiska.



Rys. 4. Zmiana skuteczności odsiarczania spalin z kotła ERm-2,4 przy dozowaniu różnych sorbentów
Fig. 4. Effectiveness of the desulphurization for boiler ERm-2,4 by various sorbents

5. Podsumowanie i wnioski końcowe

Przeprowadzone pomiary i badania emisji zanieczyszczeń gazowych z kotła parowego ERm-2,4 bez stosowania odsiarczania spalin oraz po zabudowaniu i uruchomieniu instalacji do odsiarczania metodą suchą pozwalają określić nie tylko wielkość emisji zanieczyszczeń w stosunku do wartości wymaganych przepisami prawnymi z zakresu ochrony środowiska naturalnego, lecz także skuteczność zastosowanej instalacji odsiarczania spalin kotłowych.

Analizując przeprowadzone pomiary i badania emisji zanieczyszczeń gazowych z kotła ERm-2,4 oraz efekty ekonomiczne wynikające ze zmniejszenia emisji SO_2 po wprowadzeniu odsiarczania spalin (zgodnie z Dz. U. nr 133 poz. 638 z dnia 30.12.1993 r.), można przedstawić następujące wnioski:

1. Przy odsiarczaniu spalin metodą suchą bardziej skutecznym sorbentem jest mączka dolomitowa niż wapno hydratyzowane. Przy dozowaniu dolomitu w ilości $\text{Ca/S} = \text{ok. } 2,7$ sprawność instalacji wynosiła 67 - 78% (rys. 4), natomiast przy stosowaniu wapna w tym samym stosunku molowym sprawność wynosiła 38 - 53%.

2. Zastosowanie do odsiarczania spalin metody suchej poprzez dozowanie dolomitu do komory paleniskowej kotła wydatnie zmniejszyło emisję SO_2 z 554 g/GJ do 113 g/GJ (rys. 3) i odpowiadające temu stężenie SO_2 (Tabl. 2) z 1449 do 296 mg/m^3 w przeliczeniu na 7% zawartość tlenu w spalinach.
3. Emisja tlenków po zastosowaniu instalacji odsiarczania jest znacznie poniżej dopuszczalnej dla jednostek nowych (wykres na rys. 3) przy dozowaniu mączki dolomitowej jako sorbentu i na granicy dopuszczalnej przy stosowaniu wapna hydratyzowanego.
4. Przedstawiona instalacji oczyszczania spalin do zastosowania w kotłach płomienicowo - płomieniówkowych typu ERm, KRm, PCO, ECO itp., oparta na metodzie suchego odsiarczania, charakteryzuje się niskimi nakładami inwestycyjnymi, małymi kosztami eksploatacji, prostą budową i stosunkowo wysoką (ok. 70%) skutecznością odsiarczania [7].

LITERATURA

1. Piątkiewicz Z., Homa D.: Teoria transportu pneumatycznego w rurociągach oraz opis urządzeń transportowych. OSSOLINEUM, cz. II. Spoiwa anhydrytowe oraz urządzenia do ich transportu pneumatycznego systemu POLKO w górnictwie podziemnym. PAN, Wrocław 1987
2. Gramatyka F. i in.: Analiza techniczna możliwości ograniczenia emisji związków siarki i tlenków azotu w kotłach rusztowych. Opracowanie IMiUE Politechniki Śląskiej, Gliwice 1991
3. Gramatyka F., Homa D.: Szacunkowa ocena zmniejszenia zużycia sprężonego powietrza w instalacjach transportu pneumatycznego. Opracowanie Kooperacji POLKO. Mikołów 1995
4. Gramatyka F., Pilarz A.: Instalacja odsiarczania spalin z kotła parowego ERm-2,4 - projekt techniczny. Opracowanie nr IOS-007/KP/94 Kooperacji POLKO, Mikołów 1994
5. Gramatyka F., Sygala R.: Pomiary i badania skuteczności instalacji odsiarczania spalin z kotła ERm-2,4. Opracowania PW TERMEKO, Sędziszów 1994
6. Solich B.: Odsiarczania spalin z urządzeń kotłowych - przegląd podstawowych metod - kryteria doboru metod. Opracowanie RAFAKO nr KK3/003, Racibórz 1993

7. Sprawozdanie z pomiarów emisji zanieczyszczeń do atmosfery z kotła ERm-2,4 w ZPMPiO w dniu 12 kwietnia 1994 r. Państwowa inspekcja Ochrony Środowiska, Inspektorat w Częstochowie, Częstochowa 1994

Recenzent: Prof. dr inż. Zbigniew Piątkiewicz

Wpłynęło do Redakcji 20.10.1997 r.

Abstract

The possibilities of removal of sulphur oxides from fire-tube boilers have been presented. As an example the installation Kooperacja „POLKO” operated by the boiler Erm-2,4 has been described. The sulphur dioxide emission level after modernization makes it possible to meet the emission requirements for new boilers.