

Franciszek GRAMATYKA
Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych
Politechnika Śląska, Gliwice

OGRANICZENIE EMISJI TLENKÓW SIARKI Z KOTŁÓW RUSZTOWYCH PŁOMIENICOWO- -PŁOMIENIÓWKOWYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono możliwości ograniczenia emisji tlenków siarki z kotłów rusztowych płomienicowo-płomieniówkowych. Opisano przykładowo zaprojektowaną i uruchomioną instalację odsiarczania metodą suchą w kotle ERm-2,4 oraz wielkość ograniczenia emisji SO₂ przy dozowaniu różnych sorbentów. Uzyskane wyniki umożliwiają eksploatację kotła przy spełnieniu wymogów dopuszczalnej emisji dla jednostek nowych.

REDUCTION OF SULPHUR OXIDES EMISSION FROM FIRE-TUBE BOILERS

Summary. The possibilities of removal of sulphur oxides from fire-tube boilers have been presented. As an example the installation 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.

VERMINDERUNG DER SCHWEFELOXIDEN – EMISSION BEI FLAMMROHRKESSELN

Zusammenfassung. Die Möglichkeiten zur Verminderung der Schwefeloxiden-Emission aus den Flammrohrkesseln wurden beschreiben. Als Beispiel eine arbeitende Rauchgasentschwefelungsanlage bei dem Kessel ERm-2,4 als auch die Resultate (für verschiedene Additive) der Entschwefelung wurden gezeigt. Beschriebene Entschwefelungsmethode weist die Emissionen auf, die unter den Grenzwerten für Neuanlagen liegen.

1. WSTĘP

Głównym składnikiem przemysłowych zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego są związki siarki. Około 90% emisji tlenków siarki jest rezultatem działalności człowieka. Głównymi emitorami dwutlenku siarki do atmosfery są instalacje energetyczne, w których zachodzi proces spalania paliw ograniczonych zawierających siarkę (węgiel kamienny, brunatny, oleje itd.). Prognozowana wielkość emisji tlenków siarki w roku 1995 wg [9] wskazuje, że ok. 45% SO₂ pochodzić będzie ze źródeł energetyki komunalnej, komunalno-mieszkaniowej, rolnictwa i technologii przemysłowych, w których zainstalowanych jest kilka tysięcy kotłów rusztowych opalanych węglem kamiennym. Wśród tych kotłów pokaźną grupę stanowią kotły płomienicowo-płomieniówkowe z rusztem mechanicznym.

Wielkość emisji związków siarki z palenisk kotłowych jest ściśle związana z zawartością siarki w paliwie. Wymagania o dopuszczalnej emisji SO₂ dla kotłów z rusztem mechanicznym [1], spalających węgiel kamienny o wartości opałowej 20 – 22 MJ/kg, mogą być spełnione, jak wynika to z obliczeń [3], jeżeli graniczna zawartość siarki w węglu nie przekracza 0,84% dla kotłów istniejących po 1977 r. oraz 0,26% dla kotłów nowych.

Spełnienie tych warunków, szczególnie dla jednostek nowych, wymaga odsiarczania spalin wylotowych. Ograniczenie emisji tlenków siarki z tego typu kotłów podyktowane jest zarówno względami ekologicznymi, jak i ekonomicznymi (zróżnicowanie cen paliw). Zalecaną metodą odsiarczania spalin [10] dla kotłów małych jest metoda FSI (Furnace Sorbent Injection) tzw. sucha.

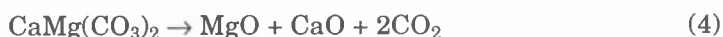
2. PODSTAWY TEORETYCZNE METODY

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 dehydratyzacja (7) występuje w temperaturze powyżej 400°C. Końcowymi produktami reakcji wiązania tlenków siarki (2), (3), (5) i (8) są siarczyny i siarczany wapnia i magnezu, które odprowadzane są razem z popiołem i pyłami.

Efektywność stosowania suchych sorbentów do odsiarczania spalin kotłowych zależy od następujących czynników:

- stopnia rozdrobnienia (wielkości ziaren) addytywu,
- czasu kontaktu spalin z cząstkami sorbentu,
- zakresu temperatur w obszarze wprowadzania sorbentu,
- stosunku molowego Ca/S,
- zawartości tlenu w spalinach,
- udziału metali alkalicznych w sorbencie.

Dotychczasowe doświadczenia [10] wskazują, że wprowadzenie sorbentów wapniowych do komory paleniskowej kotła powinno odbywać się w obszarach temperatur 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 SO₂, zmniejszenie prędkości tworzenia siarczanu, co może w konsekwencji powodować jego rozkład.

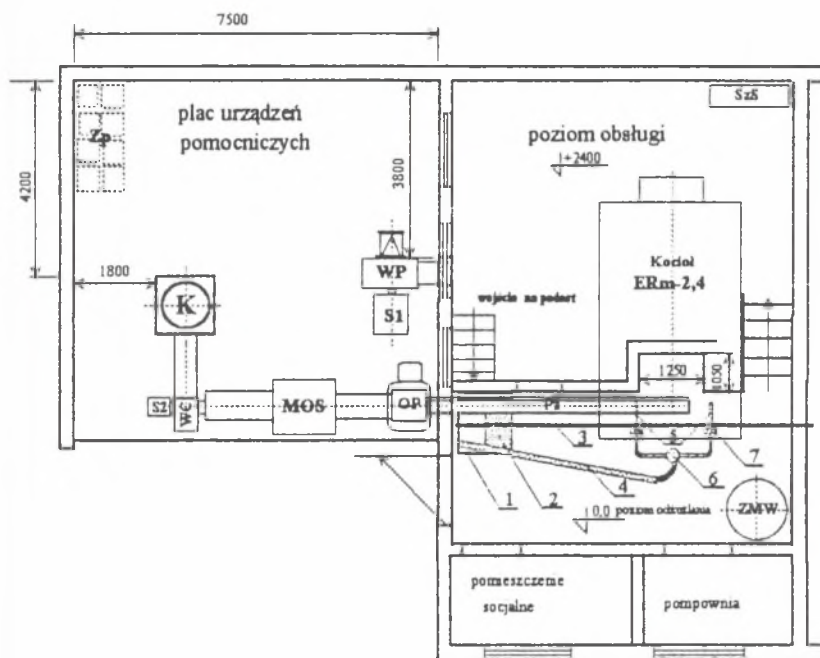
Przy stosunku molowym Ca/S = 2–3 wiązanie tlenków siarki przy wprowadzaniu suchego addytywu w obszarze temperatur 850 – 900°C odbywa się ze skutecznością ponad 60% [3]. Sorbent wprowadzany do komory paleniskowej kotła zwiększa zapylenie spalin i powoduje wzrost zanieczyszczenia konwekcyjnych powierzchni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

3. KRÓTKI OPIS TECHNICZNY INSTALACJI

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 przez Kooperację „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;



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

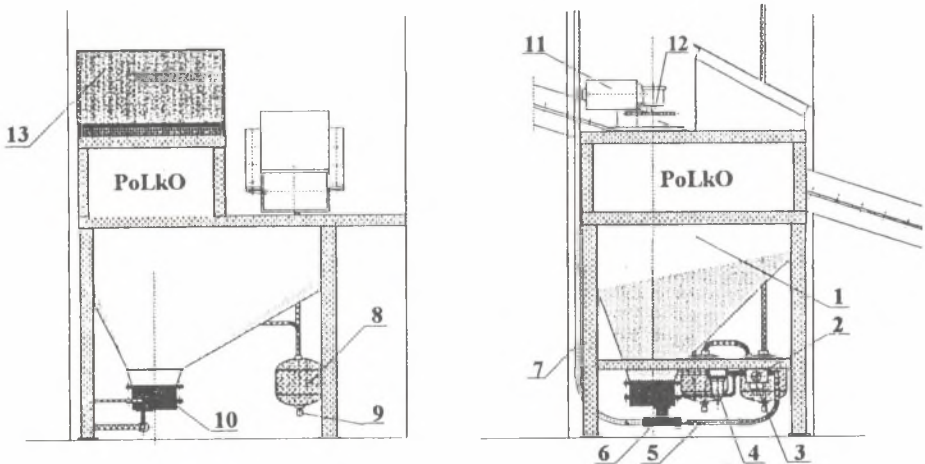
Fig. 1. Process diagram of the flue gas desulphurization in ERM-2,4 boiler

- 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.

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



Rys. 2. Układ nadawczy sorbentu: 1 – Zasobnik sorbentu, 2 – Manometr 0–1,6 MPa sprężonego pow., 3 – Reduktor ciśnienia AK9 137.05.148, 4 – Filtrowanie powietrza 135.02.027, 5 – Wąż elastyczny, ciśnieniowy pow. zasilającego, 6 – Iniekcyjny aparat wydmuchowy, 7 – Rurociąg transportowy 3/4", 8 – Układ osuszania sprężonego powietrza, 9 – Korek spustowy skroplin, 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

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 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. 1 kg/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 ciśnienie do 16 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, umieszczono 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.

4. WYNIKI BADAŃ I POMIARÓW

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 (273,15 K, 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. Rezultaty pomiarów zestawiono w tabl. 1.

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_n^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 ($\rho_{\text{SO}_2} = 2,85816 \text{ kg}/\text{m}^3$, $\rho_{\text{NO}} = 1,33872 \text{ kg}/\text{m}^3$, $\rho_{\text{NO}_2} = 2,052534 \text{ kg}/\text{m}^3$).

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

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

gdzie:

x – zmierzona wartość O_2 w spalinach, %,

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

Tablica 1

Zestawienie rezultatów pomiarów składu spalin z kotła ERm-2,4

Charakterystyka pomiaru				t_{ot}	t_{sp}	CO ₂	CO	NO	SO ₂	O ₂
Data/godz.	Nr serii	Nr pomiaru	Opis	°C	°C	%	ppm	ppm	ppm	%
21.03/9.42	I	I/1	bez odsiarczania	29	240	13,2	78	128	281	7,2
21.03/9.48	I	I/2	dozowanie wapna hydr.	29	241	12,9	79	133	180	7,5
21.03/9.51	I	I/3	dozowanie wapna hydr.	29	248	12,7	79	131	140	7,7
21.03/11.18	II	II/1	bez odsiarczania	33	233	12,2	231	131	306	8,2
21.03/11.25	II	II/2	dozowanie dolomitu	32	234	12,1	229	148	102	8,3
21.03/11.27	II	II/3	dozowanie dolomitu	33	237	11,9	216	159	71	8,4
21.03/11.29	II	II/4	dozowanie dolomitu	33	238	11,5	189	169	70	8,8
21.03/11.39	II	II/5	bez odsiarczania	33	246	10,4	117	193	251	9,8
21.03/11.49	II	II/6	dozowanie dolomitu	33	252	9,1	36	181	99	11,0
21.03/12.20	III	III/1	bez odsiarczania	35	245	11,3	68	116	268	9,0
21.03/12.36	III	III/2	dozowanie wapna hydr.	34	232	14,2	190	96	99	6,3
21.03/12.38	III	III/3	dozowanie wapna hydr.	34	233	13,9	175	100	94	6,6
21.03/12.48	III	III/4	dozowanie wapna hydr.	35	231	14,2	178	106	90	6,3
21.03/13.01	III	III/5	dozowanie wapna hydr.	35	231	14,2	178	106	90	6,3

Wartości spotykanych stężeń SO_2 z palenisk starszej generacji opalanych węglem kamiennym kształtują się na poziomie 2,0 – 3,0 g/m³ (dla umownych wartości O_2 i normalnych warunków fizycznych) [6].

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

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

gdzie:

Q_i^f – wartość opałowa paliwa, MJ/kg,

V_{ss} – objętość spalin suchych przy danym λ , m³/kg.

Wartość emisji E^c porównuje się z wartością emisji dopuszczalnej E_{dop} , określonej przez rozporządzenie, MOSZNiL [1] 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 roku.

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

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

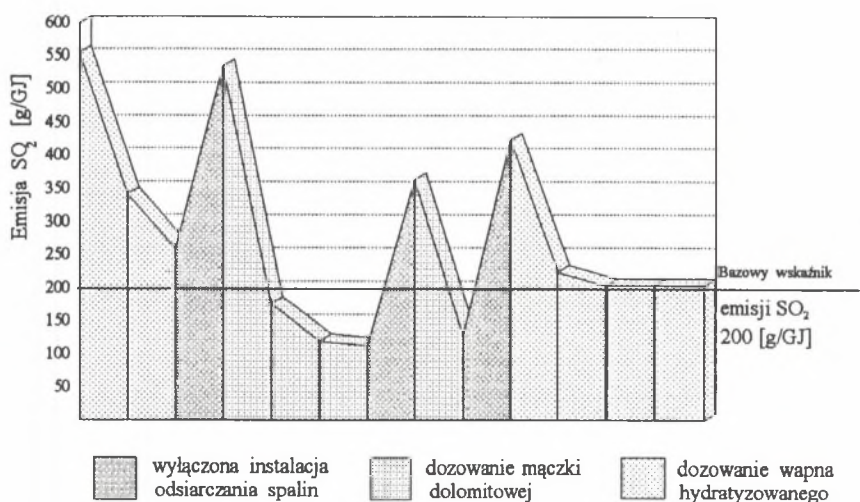
Rezultaty przeprowadzonych pomiarów w celu określenia emisji zanieczyszczeń gazowych oraz wyniki przeprowadzonych obliczeń numerycznych zestawiono w tabl. 1 i 2.

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

Zakładając średni roczny czas 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. 165 mln zł. Po wprowadzeniu odsiarczania spalin i obniżeniu emisji SO_2 do poziomu 140 g/GJ opłaty za emisję tlenków siarki wynoszą ok. 6,5 mln zł, nie uwzględniając nieprzeliczalnych korzyści dla środowiska.

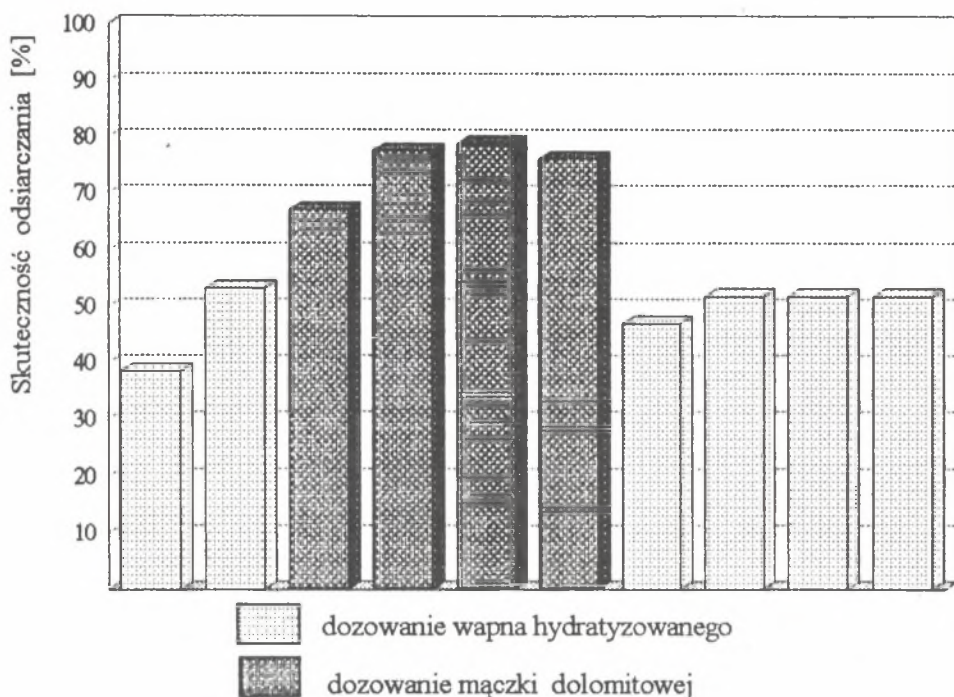
Tablica 2
Wyniki obliczeń emisji SO₂ i sprawności instalacji odsiarczania w kotle ERm-2,4

Pomiar		Stężenie SO ₂	Stężenie SO ₂ dla O ₂ = 7%	Emisja SO ₂	Sprawność odsiarczania
Nr serii	Nr pomiaru	SO ₂ [mg/m ³]	SO ₂ _{O₂ = 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
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 SO₂ po zastosowaniu odsiarczania spalin

Fig. 3. Influence of desulphurization on the SO₂ emission



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

4. 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 odsiarczania spalin metodą suchą 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% zawartości 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 instalacja oczyszczania spalin do zastosowania w kotłach płomienicowo-płomieniówkowych typu ERm, KRm, PCO, WCO itp., oparta na metodzie suchego odsiarczania, charakteryzuje się niskimi nakładami inwestycyjnymi, małymi kosztami eksploatacji, prostą budową i stosunkowo wysoką (ok. 70%) skutecznością odsiarczania [11].

LITERATURA

- [1] Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 12 lutego 1990 r. w sprawie ochrony powietrza przed zanieczyszczeniami (Dz. U. nr 15 poz. 92) oraz wyjaśnienie MOSZNiL z 1990.08.14 do rozporządzenia.
- [2] Gramatyka F.: Analiza zjawiska unosu z kotła rusztowego. Opracowanie IMiUE Politechniki Śląskiej w ramach CPBP nr 0218, Gliwice 1989.
- [3] Gramatyka F. i in.: Analiza techniczna możliwości ograniczenia emisji związków siarki i tlenków azotu w kotłach rusztowych. Opracowanie IMiUE Politechniki Śląskiej, Gliwice 1991.
- [4] Gramatyka F., Pilarz A.: Instalacja odsiarczania spalin z kotła parowego ERm-2,4 – projekt techniczny. Opracowanie nr IOS-007/KP/94 Koope-racji „POLKO”, Mikołów 1994.
- [5] Gramatyka F., Sygała R.: Pomiary i badania skuteczności instalacji odsiarczania spalin z kotła ERm-2,4. Opracowanie PW „TERMEKO”, Sędziszów 1994.
- [6] Kapitaniak A.: Wykorzystanie pomiarów stężeń tlenków siarki i azotu do obliczeń ich emisji w aplikacji praktycznej. GPiE nr 7/1991.
- [7] Łukwiński L. i in.: Badania nad zastosowaniem dolomitu do odsiarczania spalin. Opracowanie IMO nr 2495/300290/BS/BU/87, Gliwice 1987.
- [8] Machura K., Wasylów J.: Obniżenie emisji zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego z kotłów rusztowych przez dodawanie sorbentów do paleniska. GPiE nr 3/1990.
- [9] Michejda J.: Gospodarka Paliwami i Energią 1989, nr 8, s. 1–6.

- [10] Solich B.: Odsiarczanie spalin z urządzeń kotłowych – przegląd podstawowych metod – kryteria doboru metod. Opracowanie RAFAKO nr KK3/003, Racibórz 1993.
- [11] 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 hab. inż. Władysław GAJEWSKI

Wpłynęło do Redakcji 03. 09. 1994 r.

Abstract

The paper presents the method for reducing sulphur oxides emission from fire-tube stoker fired boilers. The process is a dry boiler flue gas desulphurization technology which has been conducted to operate in boiler ERm-2,4. The tests results for various sorbents showed that by dolomite with the ratio $Ca/S = 2,7$ the effectiveness of the process in removing SO_2 was 67-78%. By using of lime with the same molar ratio the effectiveness was between 38 and 53%.

Retrofitting of the method to a boiler by introducing of dry dolomite to the combustion chamber reduced significantly the SO_2 emission from 554 g/GJ to 113 g/GJ, what corresponds with the decrease of the SO_2 concentration from 1449 to 296 mg/m^3 by 7% O_2 in the flue gas. The results meet the requirements of emission for new boilers. Presented method of flue gas dry desulphurization can be used in fire tube boilers type ERm, KRm, PCO, WCO and others. This process is characterized with low capital investment as well as low operation and maintenance costs by high efficiency what shows it to be competitive economically.