

Marek PRONOBIS

WPLYW SZCZELNOŚCI KOMORY PALENISKOWEJ KOTŁA NA SKUTECZNOŚĆ PIERWOTNYCH METOD DENITRACJI SPALIN

Streszczenie. Przedstawiono wpływ szczelności komory paleniskowej kotła na możliwości zastosowania pierwotnych metod denitracji spalin kotłowych. Stwierdzono, że nieszczelność komory znacznie ogranicza możliwości redukcji tlenków azotu, natomiast zastosowanie suszenia węgla powietrzem zmieszany z spalinami możliwości te zwiększa.

THE INFLUENCE OF COMBUSTION CHAMBER TIGHTNESS ON THE EFFICIENCY OF PRIMARY METHODS OF NO_x REDUCTION

Summary. The paper discusses the influence of the furnace tightness on the efficiency of NO_x reduction by means of primary methods. Uncontrolled air-flows caused by the lack of tightness in the furnace can bring about an increase of NO_x production. The application of flue gas and air mixture as a drying medium in the pulverizers can decrease the production of NO_x.

EINFLUß DER BRENNKAMMERDICHTHEIT AUF DIE EFFEKTIVITÄT VON PRIMÄREN METHODEN DER STICKOXIDMINDERUNG

Zusammenfassung. Der Zusammenhang zwischen der Kesselbrennkammerdichtheit und der Wirksamkeit von primären Maßnahmen der Stickoxidminderung wurde gezeigt. Die Falschlufftströmung kann das NO_x – Entstehen verstärken, während die Einführung des Rauchgas – Luft Gemisches als Trocknungsmittel in den Mühlen kann die Emission vermindern.

1. WSTĘP

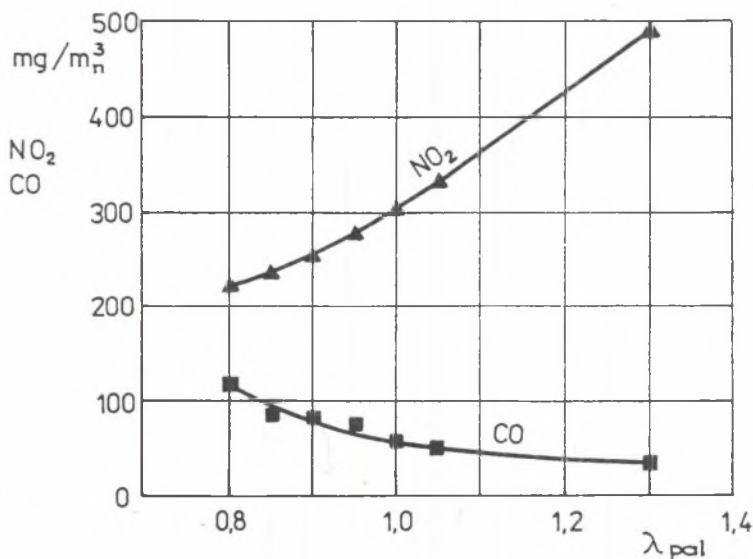
Ilość tlenków azotu emitowanych przez kocioł zależy głównie od charakterystyki paliwa, typu paleniska, determinującego poziom temperatur w komorze oraz koncentracji tlenu w początkowym odcinku płomienia.

Obniżenie emisji NO_x uzyskać można albo poprzez metody pierwotne, polegające na ograniczeniu powstawania tlenków azotu w palenisku, albo też stosując metody wtórne, czyli oczyszczanie spalin opuszczających kocioł. Znacznie niższe koszty powodują, że w pierwszym rzędzie stosuje się metody pierwotne, polegające na utworzeniu w komorze strefy podstechiometrycznego spalania, w której zachodzi odgazowanie i częściowe wypalenie paliwa. Paliwo to jest następnie dopalane w górnej części komory za pomocą dodatkowego powietrza doprowadzanego powyżej poziomu palników.

Zasada ta może być realizowana na kilka sposobów, z których najczęściej spotykany jest system OFA (Over Fire Air) [1].

Zasadnicze wymagania dla takiego sposobu spalania są następujące:

- odgazowanie węgla musi następować przy niskim ciśnieniu składnikowym O_2 – rys. 1 i w wysokiej temperaturze [2],
- płomień bogatej w paliwo mieszanki pierwotnej musi zajmować możliwie dużą objętość, zaś powietrze dopalające nie może być doprowadzone zbyt wcześnie.



Rys. 1. Emisja NO_x i CO w funkcji stosunku nadmiaru powietrza w palniku

Fig. 1. NO_x and CO emission as a function of the excess of air in the burner

Spełnienie powyższych warunków ma zapewnić możliwość redukcji tlenków azotu powstałych w początkowej fazie spalania. Dodatkowo wymagany jest warunek, aby powietrze po odgazowaniu paliwa doprowadzane było do obszaru spalania możliwie równomiernie, tak aby nie wystąpiły lokalne nadmiary tlenu.

Konieczność precyzyjnego dostarczania określonych ilości powietrza do konkretnych miejsc komory paleniskowej powoduje, że zasadniczego znaczenia nabiera ograniczenie niekontrolowanych przyssań fałszywego powietrza w komorze.

2. ZASADY DOPROWADZANIA POWIETRZA DO KOMORY PALENISKOWEJ

Systemy spalania pozwalające na obniżenie emisji NO_x wymagają znacznego rozbudowania instalacji doprowadzenia powietrza w stosunku do spotykanej w klasycznym kotle pyłowym, gdzie w zasadzie występuje tylko powietrze pierwotne i wtórne.

Spalanie niskoemisyjne wymaga dodatkowo rozdzielenia powietrza II na dwie lub trzy strugi (dochodzi tzw powietrze rdzeniowe dopływające do wiru recyrkulacji wewnętrznej w palniku i płaszczowe, doprowadzane poza początkowym odcinkiem płomienia). Ponadto pojawiają się co najmniej dwa rodzaje powietrza dopalającego: powietrze górne (OFA) i dolne wprowadzane od strony leja żuźlowego. Wszystkie wymienione rodzaje powietrza muszą być doprowadzane do komory paleniskowej w ściśle określonej proporcji.

Bilans powietrza doprowadzonego do komory paleniskowej kotła pyłowego przedstawia się następująco:

$$V_{kpw} = V_{pI} + V_{pII} + V_{pd} + V_{pz} \quad (1)$$

lub

$$\lambda_{kpw} = \lambda_{pI} + \lambda_{pII} + \lambda_{pd} + \lambda_{pz} \quad (2)$$

gdzie przez V oznaczono ilości powietrza doprowadzanego w różny sposób do komory paleniskowej, natomiast jako λ stosunki nadmiaru powietrza (stosunki lokalnie doprowadzanej ilości powietrza do jego ilości teoretycznie potrzebnej do spalania). Użyte indeksy oznaczają:

- kpw – na końcu komory paleniskowej,
- pI – powietrze pierwotne,
- pII – powietrze wtórne,
- pd – powietrze dodatkowe,
- pz – przyssane zimne powietrze.

Zastosowanie spalania niskoemisyjnego w kotle z szczelnymi ścianami membranowymi jest ułatwione, ponieważ przyssania fałszywego powietrza są niewielkie ($\lambda_{pz} \equiv 0,03$) i nie zakłócają przebiegu spalania. Znaczne problemy powstają natomiast w przypadku zastosowania pierwotnych metod redukcji NO_x w starszych kotłach, w których niedopuszczenie do niekontrolowanych przyssań powietrza jest praktycznie niemożliwe.

3. OCENA WPŁYWU PRZYSSAŃ ZIMNEGO POWIETRZA NA MOŻLIWOŚCI OGRANICZENIA EMISJI NO

Z badań [1], [3] wynika, że stosunek nadmiaru powietrza w palniku $\lambda_{pal} = \lambda_{pI} + \lambda_{pII}$ nie powinien przekraczać wartości stechiometrycznej. Jeżeli konstrukcja kotła umożliwia zapewnienie atmosfery utleniającej w pobliżu ścian komory, co zabezpiecza przed korozją rur ekranu, korzystne (ze względu na ograniczenie emisji NO_x) jest obniżenie λ_{pal} poniżej 1. Resztę, w stosunku do wartości λ_{kpw} , powinno stanowić powietrze dopalające oraz zamykające bilans powietrze przyssane, którego ilość powinna być możliwie najmniejsza.

Ilość powietrza pierwotnego jest zdeterminowana przez wymaganą wentylację młynów i zależy od tego, czy czynnikiem suszącym jest tylko powietrze, czy też dosysane są dodatkowo spaliny. W tym drugim przypadku wartość λ może być znacznie mniejsza, co zwiększa zakres regulacji proporcji poszczególnych składników λ_{kpw} .

Problem nie szczelności komory paleniskowej ulega dalszemu zaostreniu przy spadku obciążenia kotła i jednoczesnym stosowaniu stałej lub niewiele zmieniającej się ilości powietrza doprowadzanego do młynów (wentylacji młynów). Przy zachowaniu w przybliżeniu stałego stosunku nadmiaru powietrza na wylocie z komory paleniskowej silnie wówczas wzrasta udział powietrza pierwotnego, co prowadzi do pogorszenia pracy palników. W celu zachowania właściwego stopnia wypalenia paliwa i uniknięcia zwiększonej emisji CO konieczne jest wtedy prowadzenie kotła przy większym nadmiarze powietrza w komorze, czego konsekwencją jest wzrost emisji tlenków azotu.

Zjawisko to ujawnia się ze szczególną ostrością, kiedy kocioł wyposażony jest w małą liczbę młynów, co ogranicza możliwość kolejnego ich wyłączenia w miarę spadku obciążenia kotła. Sytuację pogarsza fakt, że ilość powietrza przyssanego do komory w zasadzie nie zmienia się z obciążeniem, a tym samym udział tego powietrza w miarę spadku obciążenia kotła wzrasta.

Jeżeli przyssanie występuje w obszarze palników, to wzrasta emisja NO_x . Jeżeli przyssanie następuje powyżej pasa palników i częściowo poprzez lej żuźlowy, to można uważać, że powietrze przyssane zastępuje powietrze dodatkowe, tym bardziej że skuteczność denitracji i jakość spalania w zasadzie nie zależą od temperatury tego powietrza [1].

Tablica 1

Porównanie proporcji składników bilansu powietrza doprowadzonego do komory paleniskowej w różnych sytuacjach

$\Delta\lambda_i$	1	2	3	4	5
λ_{kpw}	1,15	1,15	1,15	1,15	1,35
$\Delta\lambda_{pz}$	0,03	0,03	0,3	0,3	0,4
$\Delta\lambda_{pI}$	0,3	0,2	0,3	0,2	0,4
$\Delta\lambda_{pII}$	0,6	0,6	0,55	0,6	0,55
$\Delta\lambda_{pd}$	0,22	0,32	0	0,05	0

- 1 – kocioł z ścianami szczelnymi, suszenie węgla powietrzem,
 2 – kocioł z ścianami szczelnymi, suszenie węgla powietrzem i spalinami,
 3 – kocioł rozszczelniony, suszenie węgla powietrzem,
 4 – kocioł rozszczelniony, suszenie węgla powietrzem i spalinami,
 5 – kocioł rozszczelniony, suszenie węgla powietrzem, niskie obciążenie.

4. WNIOSKI

1. Nieszczelności komory paleniskowej występujące często w kotłach nie posiadających ścian membranowych, prowadzą do wzrostu ilości przyssanego zimnego powietrza, co poważnie utrudnia wprowadzenie w kotle pierwotnych metod denitracji spalin.
2. Warunkiem koniecznym powodzenia modernizacji polegającej na zabudowaniu palników niskoemisyjnych jest właściwe uszczelnienie komory paleniskowej kotła. Najkorzystniejszym, choć kosztownym rozwiązaniem jest w tym przypadku zastosowanie ścian membranowych.
3. Suszenie węgla mieszaniną spalin i powietrza poprawia proporcje poszczególnych składników powietrza doprowadzonego do komory spalania kotła.
4. Negatywny wpływ nieszczelności komory paleniskowej na emisję tlenków azotu wzrasta w miarę spadku obciążenia kotła, szczególnie gdy młyny prowadzone są przy stałej wentylacji.

LITERATURA

- [1] Petzel H. K., Scholl G., Tigges K. D.: Modernste Verbrennungstechnologie zur Primärreduzierung von NO_x . VGB Kraftwerkstechnik 73 (1993), H. 3, s. 231–237.
- [2] Dobrozemski J., Noskiewicz P.: Spalanie paliw a powstawanie substancji szkodliwych. Materiały VI Konferencji Kotłowej Szczyrk 1990, Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Energetyka, z. 113, Gliwice 1990, ss. 519–527.

- [3] Bos H. G.: Primary measures for NO_x reduction. Euro Courses–Ispra „Sulfur dioxide and Nitrogen oxides in industrial waste gases”. 3–7 Sept. 1990.

Abstract

To achieve appropriate flame characteristics by low NO_x combustion, in coal fired boilers, the combustion air must be divided into a few streams. Commonly, it is the primary and secondary air in the burners and the over fire air which is necessary for a completion of the combustion. There are other air– injection points (boundary and underfire air), which minimize the products of incomplete combustion and corrosion. All the kinds of air should be introduced to the boiler in strictly controlled amounts.

Uncontrolled air–flows caused by the lack of tightness in the furnace can bring about an increase of NO_x production. This situation is especially prevalent when the load of the boiler is low and the air flow of pulverizers is constant. Even after replacement of the current burners with the low– NO_x burners, the emissions can be high. The application of flue gas and air mixture as a drying medium in the pulverizers can decrease the production of NO_x . This along with the tightening of the peripheral walls will make it possible to meet the emission norms.